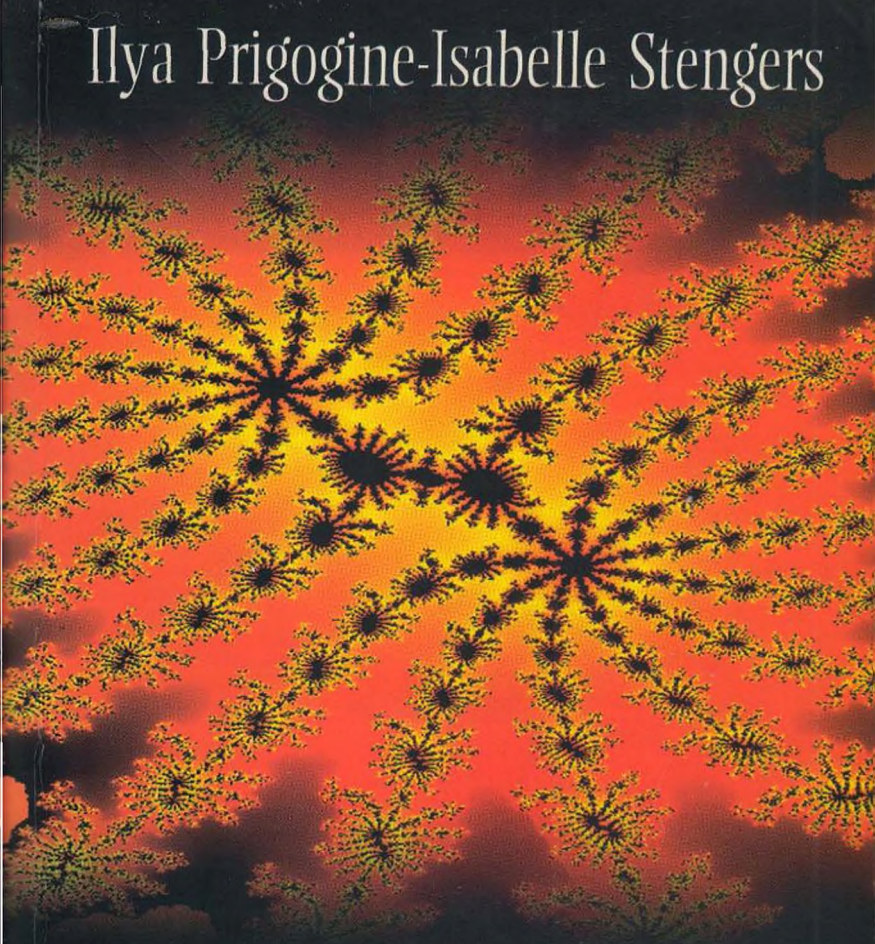
Ilya Prigogine-Isabelle Stengers



KAOSTAN DÜZENE

ILYA PRIGOGINE *dağılıcı yapılar üzerindeki çalışmasıyla 1977'de Nobel Kimya ödülünün yanısıra birçok ödül ve onursal ünvanlar da aldı. Birleşik Devletler Ulusal Bilim Akademisi de dahil değişik ulusal akademilerin üyesidir. Brussels Üniversitesi ve Austin Texas Üniversitesi'nde öğretim üyesidir.*
ISABELLE STENGERS, *kimya ve felsefe alanlarında çeşitli derecelere sahiptir.*
Kaostan Düzene, *20 dile çevrilmiş ve özellikle Avrupa ve Amerika'da bilim ve kültür çevrelerinde geniş yankı uyandırmıştır.*

İZ YAYINCILIK: 145
Düşünce dizisi: 27
İstanbul, 1996

Özgün adı: ORDER OUT OF CHAOS
Man's New Dialogue with Nature
London 1985

ISBN 975-355-103-7

dizgi, içdüzen:
İz Yayıncılık
kapak:
İzReklam
baskı, kapak baskısı, cilt:
Eramat, 506 71 25

ILYA PRIGOGINE ve
ISABELLE STENGERS

KAOSTAN DÜZENE

İnsanın tabiatla yeni diyaloğu

Türkçesi:
Senai Demirci

İZ YAYINCILIK
büyükdere cad. raşit rıza sk. 10/5
80310 mecidiyeköy-istanbul
tel: (0212) 211 26 22 - 211 32 88
faks: 211 30 11

İÇİNDEKİLER

TAKDİM : BİLİM VE DEĞİŞME 9
ÖNSÖZ : İNSANIN TABİATLA YENİ DİYALOĞU 27
GİRİŞ : BİLİME KARŞI KOYMAK 33

BİRİNCİ KİTAP
EVRENSELLİĞİN YANILGISI

1. BÖLÜM : AKLIN ZAFERİ 59

Yeni Musa 59
İnsansızlaştırılmış Bir Dünya 62
Newtoncu Sentez 69
Deneysel Diyalog 73
Bilimin Kökenindeki Efsane 77
Klasik Bilimin Sınırları 84

2. BÖLÜM : GERÇEĞİN TANINMASI 91

Newton Kanunları 91
Hareket ve Değişim 96
Dinamiğin Dili 104
Laplace'ın Cini 111

3. BÖLÜM : İKİ KÜLTÜR 115

Diderot ve Canlılık Tartışması 115
Kant'ın Eleştirel Onayı 123
Bir Tabiat Felsefesi? Hegel ve Bergson 125
Süreç ve Gerçeklik: Whitehead 130
"Ignoramus, Ignorabimus": Pozitivistin Baskısı 133
Yeni Bir Çıkış 135

İKİNCİ KİTAP

KARMAŞIKLIK BİLİMİ

4. BÖLÜM : ENERJİ VE ENDÜSTRİ ÇAĞI 139

Gravitasyonun Rakibi: Isı 139
Enerjinin Korunumu İlkesi 144
Isı Motorları ve Zamanın Oku 148
Teknolojiden Kozmolojiye 152
Entropinin Doğuşu 154
Boltzmann'ın Düzenlilik İlkesi 160
Carnot ve Darwin 165

5. BÖLÜM : TERMODİNAMİĞİN ÜÇ EVRESİ 169

Akış ve Kuvvet 169
Doğrusal Termodinamik 176
Dengeden Uzak Durum 178
Kimyasal Kararsızlık Eşiğinin Ötesi 184
Moleküler Biyolojiyle Buluşma 192
Çatallaşmalar ve Simetri Kırınımı 199
Şelâle Çatallaşmaları ve Kaosa Geçiş 207
Öklid'den Aristo'ya 211

6. BÖLÜM : DALGALANMALI DÜZEN 219

Dalgalanmalar ve Kimya 219
Dalgalanmalar ve Korelasyonlar 221
Dalgalanmaların Büyümesi 223
Yapısal Kararlılık 231
Lojistik Evrim 235
Evrimsel Geri-besleme 240
Karmaşıklığın Modelizasyonları 247
Açık Bir Dünya 251

ÜÇÜNCÜ KİTAP

VARLIKTAN OLUŞA

7. BÖLÜM . ZAMANIN YENİDEN KEŞFİ 257

Yeni Fırsatların Doğuşu 257
Evrenselliğin Sonu 261
Kuantum Mekaniğinin Doğuşu 263
Heisenberg'in Belirsizlik İlişkisi 267
Kuantum Sistemlerinin Zamansal Evrimi 271
Denge Dışında Bir Kâinat 275

8. BÖLÜM : DOKTRİNLERİN ÇATIŞMASI 279

Olasılık ve Geri-dönüşsüzlük 279
Boltzmann'ın Çıkışı 286
Boltzmann'ın Yorumunun Sorgulanması 290
Dinamik ve Termodinamik: İki Ayrı Dünya 294
Boltzmann ve Zaman Oku 301

9. BÖLÜM : GERİDÖNÜŞSÜZLÜK-ENTROPİ ENGELİ 305

Entropi ve Zaman Oku 305
Bir Simetri Kırıcı Süreç Olarak Geri-dönüşsüzlük 308

Klasik Kavramların Sınırları 309
Dinamiğin Yenilenişi 313
Rastgelelikten Geri-dönüşsüzlüğe 320
Entropi Engeli 326
Korelasyonların Dinamiği 329
Bir Seçilim İlkesi Olarak Entropi 334
Aktif Madde 335

SONUÇ : YERYÜZÜNDEN GÖKYÜZÜNE :
TABİATIN YENİDEN BÜYÜLENİŞİ 341

Açık Bir Bilim 341
Zaman ve Zamanlar 344
Entropi Engeli 345
Evrimci Paradigma 348
Oyuncular ve Seyirciler 349
Çalkantılı Tabiatta Bir Kasırga 352
Totolojinin Ötesi 356
Zamanın Yaratıcı Seyri 358
Beşerî Durum 362
Tabiatın Yenilenişi 363

EK : TABİATIN YENİDEN BÜYÜLEYİŞİ 365

TAKDİM

Bilim ve Değişme

Çağdaş Batı medeniyetinde en çok gelişmiş hünerlerden biri parçalama yani problemleri mümkün olan en küçük parçalarına ayırmadır. Bu konuda becerikliyiz. O kadar becerikliyiz ki, çoğunlukla parçaları tekrar yerine koyup birleştirmeyi dahi unutuyoruz.

Bu hüner belki de en güzel şekilde bilimde bilenir. Burada biz alışkanlık haline gelmiş bir tarzda problemleri belirli ve küçük parçalara böleriz, sonra da —sık sık ve ustaca bir oyunla— her birini kendi çevresinden izole ederiz. Deriz ki: *Ceteris Paridus*-diğer bütün şartlar eşit olmak koşuluyla. Bu yolla elimizdeki problem ile kâinatın bu problem dışında kalan tüm alanları arasındaki karşılıklı ilişkiler ağını gözardı ederiz.

Bununla birlikte 1977'de dengesizlik sistemlerinin termodinamiği üzerine yaptığı çalışmasıyla Nobel ödülü kazanan Ilya Prigogine, yalnızca eşyayı parçalarına ayırma tavrıyla tatmin olmamıştır. Prigogine ömrünün büyük bir kısmını "parçaları tekrar yerine koyup birleştirmek" için çalışarak harcamıştır. Bu sefer parçalar, biyoloji ve fizik, zorunluluk ve tesadüf, bilim ve insanlıktır.

1917'de Rusya'da doğan ve on yaşından beri Belçika'da yetiştirilen Prigogine, kır saçlı, düzgün görünüşlü ve lazer gibi keskin, çok yönlü bir insandır. Arkeoloji, sanat ve tarih ile derinden ilgilenen Prigogine, bilime dikkate değer farklı birçok bilgiye sahip olma anlayışı getirmiştir. Karınca kolonilerinin sosyal davranışlarındaki kadar farklı, kim-

yasal sistemlerdeki yayılma reaksiyonları ve kuantum alan teorisindeki dissipatif süreçlerdeki gibi çalışan, değişik alanlarda ihtisas sahibi bilim adamlarının oluşturduğu bir ekibin, düşüncelerinin uygulanmadaki anlamlarını araştırmakla meşgul olduğu Brüksel'de, Prigogine, mühendis eşi Morina ve oğlu Pascal ile beraber yaşıyor.

Her yılın bir bölümünü Austin'de Texas Üniversitesi'nin Ilya Prigogine Termodinamik ve İstatistiksel Mekanik Merkezinde geçiriyor. Kendisi için açıkça bir zevk ve bir sürpriz olarak, dengesizlik sistemlerinde lineer olmayan süreçlerden çıkan "dissipatif yapılar" üzerine yapmış olduğu çalışmasından dolayı Nobel Ödülü ile mükâfatlandırılmıştır. Bu kitabın diğer yazarı, Isabelle Stengers, Prigogine'in Brüksel ekibinde bir müddet görev yapmış bir filozof, kimyacı ve bilim tarihçisidir. Şimdi kendisi Paris'te yaşamakta ve Musée de la Villette ile ilgilenmektedir.

Kaostan Düzene'de yazarlar bize bir dönüm noktası takdim ederler —mücadeleci ve zihnî harekete sürükleyici bir çalışma, ışıklar saçan kavrayışlarla dolu bir kitap; ki bu kavrayışlar en temel kabullerimizin çoğunu alt üst ediyorlar ve onları tekrar düşünmek için yeni yollar öneriyorlar.

La nouvelle alliance (Yeni İttifak) adıyla 1979'da Fransa'da yayınlanması, alanlarında ün yapmış entellektüeller arasında böcekler bilimi ve edebî eserlere dair tenkit kadar farklılık gösteren, herkese açık harika bir bilimsel yarışma başlattı.

Yirmi ayrı dilde yayınlanmış veya yayınlanmak üzere olan bu kitabın elinizdeki tercümesinin yayınlanmasının bu kadar gecikmesi, İngilizce konuşan dünyanın dar düşünceli oluşlarının bir ölçüsüdür. Fakat bu gecikme talihsizliği beraberinde bir iyiliği de getiriyor. Kitabın bu baskısı Prigogine'in özellikle yepyeni bir perspektif içine yerleştirdiği Termodinamiğin İkinci Kanunu ile ilgili en yeni bulgularını içermektedir.

Bütün bu nedenlerden dolayı *Kaostan Düzene* sıradan bir kitap olmaktan öteye bilimin bizzat kendini değiştirmeye yarayan, onun amaçlarını, metodlarını, epistemolojisini —dünya görüşünü— tekrar gözden geçirmemiz için bizi zorlayan bir manivela koludur. Gerçekten bu ki-

tap, hiçbir aydının habersiz kalamayacağı, günümüzdeki bilimde tarihî değişmenin bir sembolü olarak görev yapabilir.

Bazı bilim adamları, bilimi, kendi iç mantığı tarafından güdülür, çevresindeki dünyadan tamamen soyutlanmış bir şekilde kendine has kanunlara göre gelişir diye gösteriyorlar. Gerçi, birçok bilimsel hipotezler, teoriler, mecazlar ve modeller (bilim adamlarının değişik problemleri çözümlemeye çalışmak ya da gözardı etmek için yapmış oldukları tercihler de ayrıca kayda değer) laboratuar dışında işgören ekonomik, kültürel ve politik güçler tarafından şekillendirilmektedir.

Toplumun tabiatı ile yürürlükte olan bilimsel dünya görüşü veya "kalıbı" arasında çok düzgün bir paralellik teklif etmek niyetinde değilim. Bununla birlikte, Marksistlerin yapmaya alışık oldukları gibi, bilimi, sosyo-ekonomik bir "temel" üzerine oturtulmuş birtakım "üst yapı"lara havale etmek de istemem. Fakat bilim bir "bağımsız değişken" değildir. Oldukça yoğun geri besleyici ilmeklerle topluma gömülmüş ve ona bağlanmış bir açık sistemdir. Bilim, dış çevresinden güçlü bir şekilde etkilenir ve gelişimi genel bir yolla, kendi hâkim düşüncelerine yeni kültürü katabilme kapasitesi ile biçimlenir.

Onyedinci ve onsekizinci yüzyıllarda "klasik bilim" veya "Newtonculuk" adı altında bir araya toplanan düşüncelerin tümünü ele alırsak, bunlar öyle bir dünya tablosu çizdiler ki, her olay, en azından prensipte, hatasız olarak belirlenebilen başlangıç şartları tarafından kararlaştırılmıştı. Öyle bir dünya idi ki, onda rastlantıya hiç yer yoktu; bütün parçalar evrensel bir makinanın çarkları gibi birleşmişlerdi.

Bu mekanik görüşün benimsenmesi bir fabrika medeniyetinin yükselişi ile aynı zamana rastladı. Ve "Tanrının zar atması", Makina Çağı'nın evrenin tümünü bir makinaya benzeten bilimsel teorileri zevkle kucaklaması gerçeğini açıklamakta pek yeterli görünmüyor.

Bu dünya görüşü Laplace'ı meşhur iddiasına götürdü: Yeterli derecede gerçekler bulunduğu takdirde biz yalnızca geleceği önceden bilmekle kalmayız, aynı zamanda geçmişi de bilebiliriz. Ve bu basit, yeknesak, mekanik evren imajı yalnızca bilimin gelişmesini şekillendirmedi, aynı zamanda diğer birçok alana da yayıldı. Amerika Anayasasını ha-

zırlayanları, saatin çarkları gibi tam bir âhenk içinde çalışan hükümetin kontrolünü sağlayacak bir yönetim makinası yapmaya yöneltti. Metternich, Avrupa'da kuvvet dengesini oluşturmaya teşebbüs ettiği zaman Laplace'ın yazılarının bir nüshasını bagajında taşıdı. Ve çok büyük demir takırtılarıyla çalışan makinalarıyla, destanımsı mühendislik hamleleriyle, demiryolunun doğuşuyla ve demir, tekstil, otomobil gibi yeni sanayilerle fabrika medeniyetinin çarpıcı bir şekilde yayılışı, yalnızca bir mühendis Tinkertoy'una benzeyen evren imajını onaylıyor gibi göründü.

Maamafih, bugün, Makina Çağı bu gidişi durdurmak için çığlık atıyor; eğer çağlar çığlık atarsa—fakat bizimki kesinlikle atıyor gibi. Ve sanayi çağının gerilemesi bizi, gerçekliğe dair makina modelinin sıkıntılı sınırlamalarına karşı durmaya zorluyor.

Şüphesiz, bu sınırlamaların çoğu daha yeni farkedilmiş değildir. Dünyanın bir saatin çarkları gibi olduğu, gezegenlerin yörüngelerinde ezelden beri döndükleri, bütün sistemlerin kararlı bir dengede işledikleri, tümünün dışardaki bir gözlemcinin keşfedebileceği evrensel kanunlara tâbi olduğu düşüncesi ilk ortaya çıkışından beri sönmek üzere olan bir ışığın altına girmiştir.

Ondokuzuncu yüzyılın başlarında termodinamik, mekanik evren imajının sunduğu ezeliyet anlayışına meydan okudu. Termodinamikçilere göre eğer dünya büyük bir makina olsaydı o gittikçe yavaşlıyor olmalıydı, onun yararlı enerjisi her gün azalırdı. Evren sonsuza kadar gidemezdi ve zaman da böylece yeni bir anlam kazandı. Darwin'in takipçileri hemen aykırı bir görüş ileri sürdüler: Dünya makinası yavaşlıyor, enerjisini ve düzenini kaybediyor olabilir, fakat en azından biyolojik sistemler hızlanıyor, daha da düzenli hale geliyor.

Yirminci yüzyılın başlarında ise Einstein, gözlemciyi sistemin içine geri koymak üzere ortaya çıkmıştı: İçinde neresinde durduğumuza bağlı olarak makina farklı görünmekteydi —makina gerçekten *farklı* idi. Fakat evren hâlâ kararlı bir makina idi ve Allah zar atmıyordu. Hemen sonra, kuantumcular ve belirsizlik teorisi ile ortaya çıkanlar bu modele, kazmalarla, balyozlarla ve dinamit çubuklarıyla saldırdılar.

Bununla beraber, bütün 'eğer'lere, 've'lere ve 'fakat'lara rağmen,

Prigogine ve Stengers'ın dedikleri gibi, bu makina paradigması, hâlâ fizik için ve genelde bilimin çekirdek modeli için "referans noktası"dır, demek durumundayız. Gerçekten, onun süregelen etkisi öyle güçlüdür ki, sosyal bilimlerin çoğu, özellikle ekonomi bilimi, onun büyüsü altındadır.

Bu kitabın önemi yalnızca Newtoncu modele meydan okumak için orijinal argümanlar kullanmasından değil, aynı zamanda, çok sınırlı da olsa hâlâ geçerli olan Newtonculuğun iddialarının, gerçeğin daha geniş çapta bilimsel imajına nasıl ters düşmeden uyabildiğini göstermesindendir. Kitap, şu eski "evrensel kanunlar"ın hiç de evrensel olmadıklarını, fakat ancak gerçeğin sınırlı bölgelerini ilgilendirdiğini tartışır. Ve bunlar da öyle denk geldi ki, bilimin çabasını en çok hasrettiği bölgeler oldu.

Böylece, kabaca söylemek gerekirse, Prigogine ve Stengers, Makina Çağı'nda geleneksel bilimi, dengeyi, düzeni, tekdüzeliği ve muvazeneyi vurgulama eğiliminde olduğunu tartışırlar. Geleneksel bilim, çoğunlukla, kapalı sistemlerle ve küçük girdilerin daima aynı tarzda küçük sonuçları verdiği doğrusal ilişkilerle ilgilidir.

Ağır enerji, sermaye ve emek girdileri üzerine dayanan bir sanayi toplumundan bilginin ve keşfin kritik kaynaklar olduğu bir yüksek teknoloji toplumuna geçişte yeni bilimsel dünya modellerinin ortaya çıkması şaşırtıcı değildir.

Prigogine'ci paradigmayı özellikle ilginç yapan, onun, günümüzün hızlandırılmış sosyal değişmesini tanımlayan gerçeğin görünüşlerine dikkati çevirmesidir: Düzensizlik, kararsızlık, çeşitlilik, dengesizlik, doğrusal olmayan ilişkiler (ki bu ilişkiler içinde küçük girdiler çok büyük neticeleri başlatabilir) ve geçicilik—zamanın akışına karşı yüksek bir duyarlılık.

Ilya Prigogine ve meslektaşlarının "Brüksel Okulu" diye anılan yerdeki çalışmasının yalnızca tabiatla değil, fakat toplumun kendisi ile de yeni bir diyaloğa girmesiyle, bilimde yakın olan devrimi simgelemesi oldukça muhtemeldir.

Çoklukla Prigogine'in çalışması üzerine dayanan Brüksel Okulu'nun düşünceleri yepyeni, kapsamlı bir değişme teorisi oluşturur.

Özetlenmiş ve basitleştirilmiş olarak ifade edilirse onlar, inanıyorlar ki, evrenin bazı parçaları makinalar gibi işleyebilir, ama bunlar kapalı sistemlerdir ve kapalı sistemler olsa olsa fiziksel evrenin ancak küçük bir parçasını oluştururlar. Bize ilginç gelen olayların çoğu, aslında açık sistemler, kendi çevreleri ile enerji veya madde (ve birisi bunlara bilgiyi de ekleyebilir) mübadele ediyorlar. Biyolojik ve sosyal sistemler elbette açıktırlar; ki bu, şu demektir: Onları makina şartlarında anlamaya çalışmak başarısızlıkla sonuçlanmaya mahkumdur.

Üstelik bu, gerçeğin çoğunun, düzenli, kararlı ve dengeli olmak yerine, değişme, düzensizlik ve süreç ile fıkırdadığını ve kaynadığını ileri sürer.

Prigogine'ci şartlarda bütün sistemler, sürekli "düzensiz bir şekilde değişen" alt-sistemleri içerir. Zaman zaman bir tek düzensiz değişim veya bunların bir bileşimi olumlu geri beslemenin bir sonucu olarak o kadar güçlü hale gelebilir ki, daha önce var olan düzeni paramparça eder. Bu devrimci anda —yazarlar ona bir "yalnız an" veya bir "çatallanma noktası" diyorlar— değişmenin hangi yönde olacağını önceden kararlaştırmak doğal olarak imkânsızdır: Sistem, dağılıp bir "kaos"a mı dönüşecek, yoksa yeni, daha farklılaşmış, daha yüksek seviyede bir "düzen"e veya onların "dissipatif yapı" dedikleri organisazyona mı atlayacak? (Bu gibi fiziksel ve kimyasal yapıların *dissipative* diye adlandırılmalarının nedeni, kendilerinin yerini aldıkları daha basit yapılara oranla bunların o daha basitleri koruyabilmeleri için daha çok enerjiye ihtiyaç duymalarıdır.)

Bu kavramı çevreleyen anahtar tartışmaların bir tanesi, Prigogine'in; düzen ve organizasyon aslında bir "kendi kendine organizasyon" sürecinden geçerek düzensizlik ve kaostan "kendiliğinden" ortaya çıkabilir diye ısrar etmesiyle ilgilidir.

Bu çok güçlü anlayışı kavrayabilmek için önce, "dengede" olan sistemler, "dengeye yakın" sistemler ve "dengeden uzak" sistemler arasındaki farkı belirlememiz gerekir.

İlkel bir kabile düşünün. Eğer onun ölüm ve doğum oranı eşit ise, nüfusu sabit kalır. Yeterli yiyecek ve diğer kaynakların varlığı farzedi-

lerek, bu kabile ekolojik dengede bir lokal sisteminin parçasını teşkil eder.

Şimdi doğum oranını yükseltin. Birazcık fazlalaşan doğumlar (eşit sayıda ölümler olmaksızın) küçük bir etki yapabilir. Sistem yakın denge durumuna doğru kayabilir. Çok şey olmaz. Denge ve yakın denge durumlarındaki sistemlerde büyük sonuçlar doğurabilmek için büyük bir sarsıntı olması gerekir.

Eğer doğum oranı aniden yükselecek olursa, sistem dengeden uzak bir hâle itilir ve burada doğrusal olmayan ilişkiler hüküm sürer. Bu durumda sistemler garip şeyler yaparlar. Dıştan gelen etkilere karşı aşırı hassas olurlar. Küçük girdiler, muazzam, ürkütücü etkiler doğururlar. Sistemin tümü, bizim tuhaf bulacağımız şekillerde kendisini tekrar organize edebilir.

Bunun gibi kendi kendine yeniden organizasyon örnekleri *Kaostan Düzene*'de çoktur. Bir sıvı içerisinde düzgün bir şekilde hareket eden ısı, aniden belli bir eşikte, sıvıyı temelinden yeniden organize eden "ısınan madde"nin hareketiyle sıvının bir bölümünden diğer bölümüne ısıyı taşıyan bir akıma dönüşür ve milyonlarca molekül sırada bekliyormuşcasına aniden kendilerini altıgen hücreler şeklinde düzenlerler.

Daha harikulâde olanı; Prigogine ve Stengers'ın tasvir ettiği "kimyevî saatler"dir. Bir milyon beyaz ping pong topu ile rastgele karıştırılmış bir milyon siyah topu düşünün, üzerinde bir cam pencere olan bir tankın içinde düzensiz bir şekilde zıplayıp duruyorlar. Çoğu zaman pencereden görünen yığın gri olacak, fakat ara sıra düzensiz anlarda camdan görünen numune, pencerenin civarındaki topların o andaki dağılımına bağlı olarak siyah veya beyaz gözükebilir.

Şimdi, düşünün ki, pencere aniden tamamen beyaz, sonra da tamamen siyah, sonra tekrar beyaz ve böylece sabit aralıklarda —bir saat tıklıyor gibi— rengini bütünüyle değiştirmeye devam ediyor.

Neden beyaz topların ve siyah topların tümü birbirleriyle uygun tempoda renk değiştirmek için kendilerini aniden organize ederler?

Geleneksel kuralların gereği bunun hiç olmaması gerekirdi. Eğer ping pongu bir kenara bıraksak ve bazı kimyevî reaksiyonlara baksak

bile yine tam böylesi bir kendi kendine organizasyon veya düzenleme —klasik fiziğin ve Boltzmann'ın olasılık teorilerinin bize anlattıklarına rağmen— meydana gelebilir ve gelir de.

Dengeden uzak durumlarda, zaman ve mekân içinde —görünüşte kendiliğinden— çoğu kez çarpıcı, maddenin diğer yeniden organizasyonları da vâki olur. Ve eğer biz iki veya üç boyutla ilgili olarak düşünmeye başlarsak böylesi muhtemel yapıların sayısı ve çeşitleri çok olur.

Şimdi buna bir ilâve keşif ekleyiniz. Kimyasal veya diğer bir reaksiyonun bir enzimi ürettiği bir durumu düşünün, ki bu enzimin varlığı ayrıca aynı enzimin ilâve üretimini teşvik eder. Bu, bilgisayar bilimiyle ilgilenen bilim adamlarının "olumlu bir geri besleme halkası" dediklerine bir örnektir. Kimyada buna "oto-kataliz" denir. Bu gibi durumlara inorganik kimyada az rastlanır. Fakat yakın onyıllarda moleküler biyologlar böyle halkaların (engelleyici veya "negatif" ve daha karmaşık "karşıt kataliz"le ilgili süreçlerle birlikte) hayatın esası olduğunu buldular. Bu süreçler, DNA'nın küçük parçalarından kompleks canlı organizmalara nasıl gittiğimizi açıklamaya yardım ederler.

Daha genel olarak, bu nedenden dolayı dengeden uzak koşullarda, çok küçük karışıklıkların veya dengesiz değişmelerin kocaman yapı-bozan dalgalar şeklinde büyüyebildiklerini görüyoruz. Ve bu, her çeşit "niteliksel" veya "devrimci" değişim süreçlerini aydınlatır.

Bu karmaşık "geri besleme sistemlerle" beraber dengeden uzak durumların ve doğrusal olmayan süreçlerin çalışılmasından elde edilen yeni anlayışları bir kişi birleştirdiği zaman, sözde mekanik bilimleri daha çok enformasyona dayalı hayatı inceleyen bilimlere —ve belki hatta sosyal süreçlere de— sağlamayı mümkün kılan tamamen yeni bir yaklaşım ortaya çıkar.

(Böylesi bulguların en azından sosyal, ekonomik ve politik gerçekler için analojik önemi vardır; "devrim", "ekonomik çökme," "teknolojik karışıklık", ve "paradigma değişimi" gibi kelimeler, düzensiz değişimler, geri besleme amplifikasyonu, dissipatif yapılar, çatallanmalar ve diğer Prigogine'ci kavramsal kelimelerin koşullarında düşünmeye başladığımızda hepsi yeni anlam nüansları kazanırlar.) *Kaostan Düzene*'nin bize sergilediği panoramik manzaralar işte bunlardır.

Bunun ötesinde, daha çok şaşırtıcı, kapsamlı zaman meselesi vardır.

Bugünün hem bilimde hem de kültürde geniş devriminin bir bölümü zamanın bir tekrar tetkikidir. Prigogine'in zaman konusundaki rolüne geçmeden önce kısa da olsa burada ona yer ayırmak oldukça önemlidir.

Meselâ tarihi ele alalım. Tarih yazımına yapılan önemli katkılardan birisi Braudel'in zamanı üç derecede bölümlemesi olmuştur: uzun zaman aralıkları boyunca içinde hadiselerin vuku bulduğu "coğrafi zaman"; kendisi ile ekonomilerin, devletlerin ve medeniyetlerin ölçüldüğü çok daha kısa olan "sosyal zaman" derecesi; ve hatta daha da kısa olan "bireysel zaman"— beşerî olayların tarihi.

Sosyal bilimlerde zaman geniş, düzensiz bir alandır. Antropoloji bize kültürlerin zamanı kavrayış şekillerine göre nasıl keskin farklılıklar arzettiklerini öğretmiştir. Bazılarına göre zaman devirli, tarih ise sonsuz tekerrürdür. Bizim de dahil olduğumuz diğer bazı kültürlere göre ise zaman geçmişle gelecek arasına serilmiş bir yoldur ve insanlar ya da tüm toplumlar onun üzerinde yürürler. Diğer kültürlerde ise hâlâ insan hayatı zamanın içinde durağan görülür. Biz geleceğe doğru değil gelecek bize doğru ilerler.

Daha önce birçok yerde de yazdığım gibi her toplum, geçmişe, şimdiye ve geleceğe verdiği önem derecesine göre kendi "zaman meyli" özelliklerini ifşa eder. Biri gelecekle meşgul olabilirken diğeri geçmişte yaşar.

Dahası, her kültür ve her insan "zaman ufukları"na dayanarak düşünme eğilimi gösterir. Bazılarımız sadece "halihazır"ı düşünür. Politikacılar meselâ sadece "halihazır"la ve kısa vadeli sonuçlarla meşgul oldukları için sık sık eleştirilirler. Onların zaman ufukları gelecek seçimlerin tarihinin tesiri altındadır denilebilir. Aramızdaki diğer bazıları ise uzun vade için planlar yapar. Bu farklı zaman ufukları —belki herşeyden daha önemlisi— sosyal ve politik anlaşmazlığın genel kaynağıdır.

Fakat zamanın kültürel telakkilerinin farklılık göstereceği yolunda yaygınlaşan kabule rağmen, sosyal bilimler tutarlı bir zaman teorisi yolunda çok az bir gelişme kaydetmiştir. Böyle bir teori, politikadan grup

dinamiklerine ve bireylerarası psikolojiye kadar birçok disipline ulaşabilirdi. Bunu belki, *Future Shock* adlı kitabımda olduğu gibi "süresel bekleyişler" olarak isimlendirebiliriz.

Çabuk öğreniyoruz, meselâ diş fırçalamanın bütün bir sabah değil de sadece birkaç dakikada sona ermesi gerektiğini ya da baba iş için çıktığında yaklaşık sekiz saatliğine çıktığını ya da bir yemek paydosunun birkaç dakika, birkaç saat sonra sona erebileceğini ama asla bir sene sürmeyeceğini (günü otuz ya da altmış dakikalık sabit aralıklara bölmesiyle televizyon, ustaca "süreklilik hissimizi" biçimler. Böylece bir melodramda kahramanın son beş dakika içinde kızı bulmasını ya da parayı ele geçirmesini ya da savaşı kazanmasını bekleriz. ABD'de bizler belirli aralıklarla reklamların girmesini bekleriz) biliriz. Beyinlerimiz böyle sürekli "sanı"larla dolmuştur. Çocuklar, tamamıyla sosyalleşmiş yetişkinlerden çok daha değişiktirler ve burada farklılıklar yine çatışma sebebidir.

Endüstriyel bir toplumda çocuklar "zaman eğitimli"dirler. Saati okumayı öğrenirler ve en küçük zaman parçacıklarını ayırt etmeyi öğrenirler, ebeveynleri onlara "Yatmak için sadece üç dakikanız kaldı" dediğinde olduğu gibi. Bizim zaman eksenli toplumumuzdan daha az dakik günlük planlamalara ihtiyacı olan tarımsal toplumlarda zamana ait keskin bir şekilde bilenmiş bu kabiliyetler mevcut değildir.

Braudel'in sosyal ve bireysel zaman derecelerine uyan kavramlar sosyal bilimlerde hiçbir zaman sistematik bir şekilde gelişmiş değildir. Fiziksel gerçeklikle ilgili çıkarımlarımızla zarurî olarak ilgili olmalarına rağmen zamana ait bilimsel teorilerimizle hiçbir anlamlı şekilde birleştirilebilmiş değildirler. Ve bu, bizi çocukluğundan beri zaman kavramıyla büyülenmiş Prigogin'e geri götürür. Bir keresinde bana genç bir öğrenciyken bilimin zamana bakışındaki büyük çelişki karşısında çarpıldığını söylemişti ve bu çelişki o günden beri içinde olduğu çalışmanın kaynağı olmuştu.

Newton ve onu izleyenler tarafından bina edilen dünya modelinde zaman sonradan akla gelen bir unsurdu. Şimdi de, geçmişte ya da gelecekteki bir an herhangi başka bir "an"la aynı kabul ediliyordu. Gezegenlerin sonsuz devinimleri bir saatin ya da basit bir makinanın fonksi-

yonları prensipte sistemin temellerini değiştirmeden zamanda ileri veya geri gidebilir. Bu sebepten dolayı bilim adamları Newtoncu sistemde zamanı "geri-dönüşlü" olarak kabul ederler.

Maamafih fiziğin temel odağının dinamikten termodinamiğe doğru değiştiği ve termodinamiğin "İkinci Kanun"unun ilan edildiği ondokuzuncu yüzyılda "zaman" birdenbire temel kaygı haline geldi. Zira "İkinci Kanun"a göre kâinatta kaçınılmaz bir enerji kaybı vardır. Ve eğer dünya makinası gittikçe yavaşlıyor ve sıcak ölüme yaklaşıyorsa bunu, bir anın bir önceki kadar uzun olmadığı izler. Kâinatı entropiye uydurmak için geriye doğru hareket ettiremezsiniz. Uzun vadeli olaylar kendi kendilerini tekrarlayamazlar. Ve bu, şu manaya gelmektedir; zamanda bir istikamet vardır, ya da sonraları Eddington'ın isimlendirdiği gibi bir "ok". Aslında tüm kâinat yaşlanıyor ve eğer bu doğruysa sırasıyla, zaman tek yönlü bir yoldur, artık geri-dönüşlü değildir ancak "geri-dönüşsüz"dür.

Kısacası, termodinamiğin yükselişi ile birlikte bilim, zaman konusunda ikiye ayrılmıştır. Daha kötüsü, zamanı "geri-dönüşsüz" olarak görenler de daha sonra iki ayrı kampa ayrılmışlardır. Herşeye rağmen, sistemdeki enerji azaldıkça, mevcut yapıları besleme yeteneği azalacaktır ve bunlar sırasıyla daha küçük yapılara bölünmeye ve bu sebeple daha düzensiz elementlere yol açacaktır. Fakat muhakkak ki organizasyon her sisteme dahilî bir çeşitlilik verir. Dolayısıyla entropi sistemdeki enerjiyi tükettiği gibi aynı zamanda içindeki farklılıkları da azaltır. Böylece "İkinci Kanun" gittikçe homojenleşen —ve insanlar açısından da kötümserleşen— bir geleceğe işaret etmiştir.

Darwin ve izleyenleri tarafından öne sürülen problemleri düşünün! Evrim için indirgenmiş düzenden, çeşitlilikten uzak tam tersi istikamete işaret eder. Evrim basitten komplekse, "aşağıdan" "yukarıya" hayat formlarına doğru ilerler, farksızdan farklılaşmış yapılara doğru. Ve insanlar açısından bütün bunlar oldukça iyimserdir. Kâinat yaşlandıkça daha iyi düzenlenir, zaman ilerledikçe devamlı daha üst seviyeye doğru gelişir.

Bir anlamda, bu konudaki bilimsel görüşleri çelişki içinde çelişki olarak özetleyebiliriz.

Prigogine ve Stengers'ın "Dinamik sistemlerin, onları geçmişle gelecek arasında ayırt etmeye imkân verecek asgari yapısı nedir? İçerdiği minimum güçlük nedir?" sorularını sorarak aydınlatmaya çalıştıkları paradokslar işte bunlardır.

Bunlara verilecek cevap, zamanın "düzensizlik" ile kendini göstereceğidir. Ancak bir sistem düzensiz bir şekilde davranmaya başladığında, geçmiş ve gelecek ve dolayısıyla geri-dönüşsüzlük arasındaki farklılık tanımlanabilir olur.

Klasik ya da mekanistik bilimde olaylar "başlangıç şartları" ile başlar ve atomları ya da parçacıkları "dünya çizgileri"ni ya da yörüngelerini izlerler. Bunlar geçmişin içine veya geleceğe doğru gerçekleşebilir. Bu, belirli bazı kimyasal reaksiyonların tam tersidir, meselâ iki ayrı sıvı aynı kaba boşaltıldığında karışım homojen bir yapıya ulaşana dek yayılırlar. Bu sıvılar kendilerini tamamen yaymazlar. Zamanın her anında karışım farklıdır, tüm süreç "zaman eksenlidir".

Klasik bilim için —en azından ilk devirlerinde— bu tür süreçler, başlangıç şartlarından tahmin edilemeyen bir şekilde ortaya çıkan acayiplikler, anomaliler olarak kabul ediliyordu.

İşte Prigogine ve Stengers'ın tezleri; bu tür zaman-bağımlı tek yönlü süreçlerin sadece "geri-dönüşsüz" zamanlı bir dünyadan hatalar ya da sapmalar olmadığıdır.

Tersi doğru olabilen ve geri-dönüşlü zamanlı herhangi birşey eğer "kapalı sistemler"le ilişkili ise işte bu pekâlâ nadir veya hatalı bir fenomen olabilir.

Dahası geri-dönüşsüz süreçler "düzen"in kaynağıdır. (*Kaostan Düzene* başlığını hatırlayın). Bu, düzensizlik ve açıklıkla ilişkili, dağınık yapılar gibi daha üst seviyeli düzenlere götüren bir süreçtir.

Aslında bu kitabın anahtar temalarından biri, termodinamiğin "İkinci Kanunu"na getirdiği çarpıcı yorumdur. Yazarlara göre entropi sadece dağılmaya doğru götüren bir kayma değildir. Belli şartlar altında "entropi"nin kendisi düzenin atası olabilir.

Yazarların sunduğu geri-dönüşlü geri-dönüşsüz zamanları kucaklayan, onların sadece makro ölçekli fenomenlerde değil aynı zamanda en

küçük ölçeklerde de nasıl birbirleriyle alakalı olduklarını gösteren geniş bir sentezdir.

Bu, "parçaları tekrar eski yerlerine koymak" için girişilmiş heyecan verici bir teşebbüstür. Bu argüman karışıktır ve zaman zaman sıradan okuyucunun kavrayışını aşar. Fakat ferah içeriğiyle parıldar ve görünüşte birbirleriyle alâkasız —hatta çelişkili— felsefi kavramlara ahenkli bir birliktelik sağlar.

İşte burada, bu sayfalarda ortaya konulan muazzam sentezi görmeye başlıyoruz. "Geri-dönüşsüz" zamanın sadece bir hata olmadığında hatta kâinatın bir özelliği olduğunda ısrar etmekle onlar klasik dinamiği alt üst ediyorlar. Prigogine ve Stengers için bu bir "ya o ya bu" vakası değildir. Tabiî ki geri-dönüşlülük (en azından kâfi derecede uzun zamanlar için) sadece kapalı sistemlere mahsustur. Geri-dönüşsüzlük ise kâinatın geri kalanına mahsustur.

Prigogine ve Stengers, dengesiz şartlar altında entropinin düzeni, organizasyonu ve dolayısıyla hayatı azaltmayacağını bilakis üreteceğini göstermekle geleneksel termodinamik görüşlerin ayağını kaydırmışlardır.

Eğer bu böyle ise, o zaman entropi de "ya o ya bu" özelliğini kaybeder. Belirli sistemler çökerken diğerleri aynı zamanda daha ahenkli bir şekilde evrimleşip gelişirler. Bu karşılıklı, istisna olmayan görüş, biyoloji ve fizik için çelişmeden ziyade birarada olma ihtimalini de hazırlamıştır.

Netice olarak olasılık ve zorunluluk arasında yeni bir ilişkiyi ifade eden geniş bir sentezdir.

Şüphesiz, kâinattaki olayların içinde "tesadüf"ün rolü bir taş devri savaşçısının kazayla bir kayayı parçaladığından beri tartışılmaktadır. Eski Ahit'te Tanrı'nın iradesi mutlaktır ve sadece yörüngelerinde dönen gezegenleri değil her bireyin iradesini de uygun gördüğü gibi yönlendirir. Ana Yönlendirici olarak tüm "kaza"lar O'ndandır ve kâinattaki tüm olaylar evvelden takdir edilmiştir. Augustine zamanından Carolinci kavgalara kadar tüm kanlı çatışmalar kader veya hür irade kavramlarının kusursuz manaları etrafında döner. Wycliffe, Huss, Luther, Calvin.... hepsi bu tartışmaya iştirak ettiler.

Determinizmle iradenin bağımsızlığını uzlaştırmaya kalkışan bir sürü yorumcu... Ateşli bir görüşe göre Tanrı aslında, bireylerin kendi istekleri doğrultusunda kâinattaki olayları belirler. O hiçbir zaman kısmi bir harekete icbar etmez. O sadece, karar verici insanoğlunun önüne alternatifleri dizer. Aşağıdaki hür irade yukarıda belirlenmiş bir menünün sınırları ile yönlendirilir.

Makina Çağı'nın seküler kültüründe Heisenberg ve "belirsizlik" kanununu savunanların meydan okumalarına rağmen, sıkı determinizm iyi kötü ayakta kalmayı başarmıştır. Bugün bile René Thom gibi bazı düşünürler "ihtimal" düşüncesini aldatıcı ve doğuştan bilimselliğe aykırı bulup reddediyorlar.

Hür irade, kendiliğinden olma ve aşırı belirsizliği savunanlar, özellikle varoluşçular, bu tür felsefi zorluklarla karşılatıklarında aynı şekilde uzlaşmaz tavırlar aldılar. (Sartre'a göre insanoğlu tamamen ve her zaman hürdür. Bazı yazılarında kendi üzerindeki tahditlere rağmen.)

Çağdaş "determinizm" ve "ihtimal" kavramları üzerinde iki şey gerçekleşiyor gibi görünüyor. Öncelikle daha kompleks hale geliyorlar. Önce epistemolog sonra sosyolog olan, önde gelen bir Fransız düşünür Edgar Morin'in dediği gibi:

"Şunu unutmayalım ki determinizm problemi bir çağın gidişatını değiştirmiştir... Bağımsız, isimsiz ve daimi kuralların tabiattaki herşeyi yönettiği fikri yerine birbirine tesir eden kanunlar fikri yerleşmiştir... Dahası var. "Determinizm problemi" kâinatın düzenine kadar gelmiştir. Düzen, kanunların yanısıra başka unsurlar da var manasına gelir; kâinatımızdaki sınırlamalar, değişmezlikler, sabitlikler ve nizam... Eski determinizmin homojenize eden ve isimsizleştiren görüşü yerini değiştirici ve evrimleştirici görüşlü "tesbitlere" bırakmıştır.

Determinizm kavramı zenginleştikçe "ihtimal" ve "zorunluluk"u birarada kabul etme çabaları oluştu. Birinin diğerine tâbi olmadığı kendi kendini ahenkle organize eden ve parçalayan bir kâinatın iki ortak unsuru olduğunu gösterme çabası.

İşte burada Prigogine ve Stengers meydana çıkarlar. Çünkü konuyu bir adım öteden ele almışlardır. Onlar sadece determinizm ve olası-

lığın birlikte işlediğini açıklamıyor aynı zamanda bu iki unsurun birbirini nasıl tamamladığını (bir matematikçi René Thom gibi eleştiriler yapmasam da ikna edici şekilde bana) gösteriyorlar.

Böylece, dissipatif yapı düşüncesinde ifade edilen değişim teorisine göre, düzensiz değişimler mevcut bir sistemi dengeden uzak bir duruma doğru zorladığında ve yapısını tehdit ettiğinde, sistem kritik bir "an"a ya da bir çatallanma noktasına ulaşır. Bu noktada, yazarlara göre, sitemin bir sonraki durumunu belirlemek doğal olarak imkânsızdır. Olasılık sistemde mevcut herşeyi yeni bir gelişim mecrasına doğru dürter. Ve bir kere (birçokları arasından) bir yol seçildiğinde determinizm tekrar devreye girer ve gelecek çatallanma noktasına kadar işlevini sürdürür.

İşte burada kısaca "olasılık" ve "zorunluluk"un uzlaşmaz karşıtlar değil de bir kader doğrultusunda rollerini icra eden ortaklar olduğunu görüyoruz.

Geri-dönüşlü ve geri-dönüşsüz zamanı, düzensizliği ve düzeni, fiziği ve biyolojiyi, olasılık ve zorunluluğu aynı roman çerçevesine koyduğumuzda ve aralarındaki ilişkileri şartlara bağladığımızda, büyük bir ifade elde ediyoruz —şüphesiz tartışılabilir— fakat güçlü ve muhteşemdir.

Evet bu, *Kaostan Düzene*'nin sebep olduğu heyecanı kısmen izah ediyor. Şöyle ki; (belirttiğim gibi) bu şümullü sentez güçlü sosyal ve politik imalar içeriyor. Tıpkı Newtoncu modelin politika, diplomasi ve bilimden uzak görünen sahalarda mukayeselere sebep olduğu gibi Prigoginci model de kendini mukayeseli genişleme içinde bulmuştur.

Nitel değişim modellemesinde sundukları sıkı metodlarla; devrim kavramına ışık tutuyorlar. Ardışık değişkenlerin nasıl dönüşümsel değişime ulaştığını açıklamakla organizasyon teorisini aydınlatıyorlar. Belirli psikolojik metodlara da yeni açılımlar getiriyorlar, yazarların dengesiz şartlar altında "vasat olmayan" davranış olarak algıladıkları "yenilik"e meselâ.

Daha manidar olan ise, kollektif davranış çalışmalarına olan katkılarıdır; Prigogine ve Stengers'ın, şaşırtıcı sosyal davranış açıklamaları

için genetik ve sosyobiyolojiye tutunmaya karşı uyarıları. Biyolojik oluşumlara isnat edilen birçok şey bencil determinist genler tarafından değil daha çok dengesiz şartlar altındaki sosyal etkileşimler tarafından üretilmiştir.

(Meselâ yeni çalışmalardan birinde, karıncalar iki gruba ayrılıyor; Bir bölümü çalışkan diğeri ise pasif ya da "tembel" karıncalardan oluşmuştur. Bir araştırma, iki grubu birbirinden ayırmak suretiyle sistemin dengesinin bozulması durumunda her iki grubun da çalışkan ve tembellerden oluşan kendi alt gruplarını oluşturduklarını göstermiştir. Tembel karıncaların önemli bir yüzdesi birdenbire "Stakhanovit" çalışkan arılarına dönüşmüştür.)

Dolayısıyla bu dikkate değer kitabın ardındaki fikirlerin ekonomi, şehircilik çalışmaları, insan coğrafyası, ekoloji ve diğer birçok disiplin tarafından araştırılmaya başlanması hiç de şaşırtıcı değildir.

Hiç kimse —yazarları bile— *Kaostan Düzene* gibi fikirlerle dolu bir kitabın tüm içeriğine paha biçemez. Şüphesiz, okurlar (bilimsel bir eğitim almadan anlaşılması zor olduğundan) bazı bölümlerde epey zorlanacaklar. Diğerleri tarafından ürkütülmeleri veya tahrik edilmeleri onları etkileyebilecektir. Ve eğer bir kitabın değer ölçülerinden biri güzel sorular oluşturması ise bu kitap şüphesiz ki çok başarılıdır.

İşte aklımdan çıkmayan bazı sorular:

Laboratuar dışında "düzensizlik" nasıl tanımlanabilir? Prigogine'ci terimlerle "sebep" veya "etki" ne demektir? Ve yazarlardan biri, ahenkli ve senkronize bir değişim meydana getirmek için birbirleriyle etkileşen moleküllerden bahsederken, siz onların insanbiçimcilik yapmadıklarını düşünebilirsiniz. Fakat bende, bir molekülün ya da organizmanın gerekli alıcıların eksikliğinden dolayı hissedemediği sinyallere cevap verebilmesini salık veren, indirekt, ikinci, üçüncü vs. düzen bağlantıları hakkında bazı meraklar uyandırdılar. Tabiat her zaman mı yoksa aralıklarla mı sinyaller gönderiyor? (Aslında A tarafından algılanamayacak bir sinyal daha önce B tarafından algılanıp A'nın algılayabileceği ve tepki vereceği bir sinyale dönüştürülmüş olabilir. Dolayısıyla B bir düzenleyici/dönüştürücü olarak, A ise kendisine ikinci

düzen bağlantısı halinde gönderilen tabiî bir değişime tepki veren olarak rol oynarlar.)

Zamanla bağlantılı olarak, yazarlar bir Harvard astronomu olan David Layzer'in oluşturduğu zamanı üç ayrı "ok" halinde kabul edebileceğimiz şekilde görüşünü pekiştiriyorlar. Bu üç oktan biri; Big Bang'den bu yana devamlı genişleyen kâinat temelli, biri entropi temelli ve diğeri ise biyolojik ve tarihi evrim temelli zamandır.

Bir başka soru: Newtoncu devrim ne kadar devrimciydi? Prigogine ve Stengers bazı tarihçilere itiraz ederek Newton'un görüşlerinin simya ve eski dinî bilgilerin devamı olduğunu gösteriyorlar. Bazı okurlar buradan Newtonculuğun ne birdenbire olan birşey ne de bir devrim olmadığı sonucuna varabilirler. Bense hâlâ Newtoncu hamlenin bu ilkel bilgilerin doğal sonucu olmadığını düşünüyorum. Aslında bana öyle geliyor ki *Kaostan Düzene*'de geliştirilen değişim teorisi sadece "süreklilik" görüşüne karşı çıkıyor.

Newtonculuk önceki fikirlerden türemiş bile olsa bu Newtoncu dünya modelinin iç yapısının onun dış çevresiyle aynı olduğu ya da aynı ilişkiler üzerine oturduğu manasına gelmez.

Newtoncu sistem, Batı Avrupa'da feodalizmin çökmeye başladığı, deyim yerindeyse, sosyal sistemin dengeden çok uzak olduğu bir zamanda yükseldi. Klasik bilimciler tarafından sunulan kâinat modeli (kısmen türetilmiş olsa da) sadece bilimsel gücü ya da doğruluğundan değil, aynı zamanda devrimsel kurallar üzerinde genişleyen endüstriyel bir toplumun sunduğu "kabul eder" ortamdan dolayı yeni alanlara uygulanabilmiş ve başarılı bir şekilde yayılabilmiştir.

Önceden de ileri sürüldüğü gibi; kendisinin eşyanın kozmik düzeni içindeki tanımlanmasını arayan, makina medeniyeti, Newtoncu modele sarılmış ve daha sonra kendisini geliştirenleri ödüllendirmiştir. Oto-katalizörlerin sadece kimya laboratuarlarında tüplerin içinde bulunmadığı da ilk defa bu kitabın yazarları tarafından iddia ediliyor. Bu sebeplerden dolayı Newtoncu bilgi sistemini, sosyal düzensizlikten doğan "kültürel dissipatif yapı" olarak kabul ediyorum.

Daha önce söylediğim gibi, ironik bir şekilde yazarların fikirlerinin

bilimdeki son devrimin merkezinde olduğuna inanıyorum. Ve elimden birşey gelmeyerek görüyorum ki bu fikirler makina çağının ölümü ve daha önce "Üçüncü Dalga" olarak nitelendirdiğim yeni bir medeniyetin yükselişiyle yakından alâkalıdır. Yazarların kendi terminolojileri ile söyleyecek olursak, bugünün çökmekte olan "İkinci Dalga" toplumunu medenî "çatallaşma-ikilem"; daha farklı ve yükselmekte olan "Üçüncü Dalga" toplumunu da "dissipatif yapılar"a sıçrama olarak niteleyebiliriz. Ve eğer bu benzerliği kabul edersek Newtonculuktan Prigogineciliğe sıçramaya aynı şekilde bakmayabiliriz. Sadece benzerlik, şüphesiz. Fakat yine de aydınlatıcı.

Son olarak, "ihtimal" ve "zorunluluğun" daimî mücadelesine gelelim. Eğer Prigogine ve Stengers doğru iseler ve eğer "ihtimal" ardından ikinci bir çatallanma noktasına kadar deterministik sürecin hâkim olacağı çatallanma noktasında veya o nokta yakınlarında rolünü oynuyorsa; acaba böyle bir çerçeve oluşturarak bizzat ihtimali sömürmüyorlar mı? İhtimale belli bir rol biçerek onu yok etmiyorlar mı?

Bununla birlikte bu soruyu Prigogine ile bir akşam yemeğinde tartışma zevkini yaşadım. Prigogine bu soru karşısında gülümsedi ve "evet" dedi, "bu doğru olabilirdi, ancak şu da var ki bir sonraki çatallanma noktasının ne zaman vuku bulacağını asla belirleyemeyiz." Evet, "ihtimal" ölümsüz anka kuşu misali bir kez daha yükseliyordu.

Kaostan Düzene, göz kamaştırıcı, harika bir çalışma. Herşeyle mücadele eden ve ilgili okuyucuyu fazlasıyla mükâfatlandıran çalışılacak, zevk alınacak, tekrar tekrar okunacak ve sorular sorulacak bir kitap. *Ceteris paribus*'un (*Herşey birbirine benzer* prensibinin) bir mit olduğu dünyamıza bilim ve insanlığı tekrar yerleştiriyor. Diğer şeylerin çok nadir sabit, eşit ya da değişmez olduğu bir dünyada. Kısacası bu kitap, bilimi bugünün değişken, dengesiz ve çalkantılı bir düyaya itiyor. Bu şekilde yaratıcı fonksiyonları en iyi şekilde koruyor. Yeni düzenler yaratabilmemiz için bize yardımcı oluyor.

Alvin Toffler

ÖNSÖZ

İnsanın Tabiatla Yeni Diyaloğu

Tabiat görüşümüz, kesrete, zamansala ve karmaşığa doğru radikal bir değişime uğruyor. Uzunca bir zaman mekanistik dünya görüşü Batı bilimini yönlendirdi. Bu görüş içinde dünya büyük bir makina gibi göründü. Şimdi anlıyoruz ki çoğulcu bir dünyada yaşıyoruz. Sürtünmesiz bir sarkacın hareketi ya da dünyanın güneş etrafındaki hareketi gibi bize determinist ve geri-dönüşlü görünen fenomenlerin varolduğu doğrudur. Geri-dönüşlü süreçler ayrıcalıklı bir zaman istikametinden habersizdirler. Fakat bununla birlikte bir de bir zaman istikameti (oku) ihtiva eden geri-dönüşsüz süreçler vardır. Eğer bir kap içine su ve alkol koyarsanız, tecrübe ettiğimiz gibi zaman ilerledikçe karışma eğilimi gösterirler. Hiçbir zaman suyla alkolün ahenkli bir şekilde ayrıştığı ve saf su ve alkolün ortaya çıktığı tersine bir sürece şahit olmamışızdır. Dolayısıyla bu geri-dönüşsüz bir süreçtir. Kimya tümüyle böyle geri-dönüşsüz süreçler içerir.

Açıkçası, determinist süreçlere ek olarak meselâ, biyolojik evrim ya da kültürlerin evrimi gibi bazı temel süreçlerde, olasılık gibi bir unsurun olması gerekiyor. Klasik görüşte tabiatın temel süreçleri determinist ve geri-dönüşlü olarak kabul ediliyordu. Düzensizlik ve geri-dönüşsüzlük içeren süreçler sadece istisna olarak kabul ediliyordu. Bugün her yerde düzensizliklerin ve geri-dönüşsüz süreçlerinin etkilerini görüyoruz.

Batı bilimi, insan ve tabiat arasında gayet verimli bir diyaloğu uyandırmasına rağmen bazı kültürel sonuçları felaket olmuştur. Zamansız klasik bilimle sosyal ve beşerî bilimlerde hâkim olan zaman-eksenli görüş arasındaki çatışmayla "iki kültür" arasındaki ikiye bölünme oldukça geniş sınırlara yayılmıştır. Fakat (son) birkaç onyıldır bilimde, geometrinin doğuşu ya da Newton'un kâinata getirdiği büyük görüş gibi umulmadık, çok dramatik bir olay oluyor. Parçacık fiziğinden, kozmolojiye kadar her alanda ve seviyede, düzensizliğin ve geri-dönüşsüzlüğün gittikçe yükselen etkilerinden iyice emin olmaya başlıyoruz. *Bilim zamanı yeniden keşfediyor.* İşte bu kavramsal devrimdir ki, bu kitap onu açıklamak için yola çıkmıştır.

Bu devrim tüm seviyelerde ilerliyor: Parçacık fiziğinde, kozmolojide ve (bireysel ya da global olarak ele alınabilecek atom ve moleküllerin fizik ve kimyası diyebileceğimiz) makroskobik fizikte. Meselâ sıvı ve gazlar üzerinde yapılan çalışmalar gibi. Belki de bilimin tekrar kavramsallaşmasını en kolay izleyebileceğimiz seviye özellikle bu makroskobik seviyedir. Klasik dinamik ve modern kimya ağır ve kesin bir değişime doğru gidiyor. Bundan —fazla değil— birkaç yıl önce biri bir fizikçiye, "fizik bizim neyi anlatmamızı sağlıyor ve mevcut problemler nelerdir?" diye sorsaydı, ona açıkça parçacık fiziği ya da kozmolojik evrim konularında yeterli bilgimiz bulunmadığını ancak bu ikisi arasındaki bilgimizin bayağı tatmin edici olduğunu söylerdik. Bugün bizim de içinde bulunduğumuz ve gelişen bir azınlık bu iyimserliği paylaşmıyor: Üzerinde yaşadığımız tabiî platformu daha yeni yeni anlamaya başladık ve bu kitabın yoğunlaştığı platform da budur.

Fiziğin bugünkü tekrar kavramsallaşma sürecini iyi değerlendirebilmek için onu uygun bir tarihî perspektife yerleştirmeliyiz.

Bilim tarihi doğrusal bir açılımdan uzaktır ve dolayısıyla bazı esasi (özsel) gerçeklere doğru başarılı tahminlere tekabül etmektedir. Beklenmeyen dönüm noktalarının çelişkileriyle doludur. Bu kitabın geniş bir bölümünü üç asır önceden, Newton'dan başlayarak Batı biliminin izlediği tarihî seyre ayırdık. Son üç yüzyıl içinde Batı kültürünün evrimiyle bir arada göstermek amacıyla bilim tarihini, felsefe tarihi çerçe-

vesine yerleştirmeye çalıştık. Sadece bu yolla içinde bulunduğumuz anı tam olarak değerlendirebiliriz.

Bilimsel mirasımız halen cevap bulunmayan iki temel soru ihtiva eder. Bunlardan biri düzensizlik ve düzen arasındaki ilişkidir. Artan entropinin dünyanın düzenden düzensizliğe doğru evrimleştiğini söyleyen şu ünlü kanun ve hâlâ kompleksin basitten hasıl olduğunu gösteren biyolojik ya da sosyal bilimler. Bu nasıl mümkün olabilir? Düzensizlikten nasıl bir yapı oluşabilir. Bu soruda büyük bir ilerleme gerçekleştirilmiştir. Artık şunu biliyoruz ki madde ve enerji akışı düzenin kaynağı olabilir.

Ancak daha temel olan ikinci bir soru var; klasik fizik ve kuantum fiziği dünyayı geri-dönüşlü ve statik olarak tanımlıyor. Bu tanımda ne düzenden düzensizliğe doğru ne de düzensizlikten düzene doğru evrim vardır; bilgi, dinamikte tarif edildiği gibi, zamanın içinde sabittir.

Dolayısıyla dinamiğin statik görüşü ve termodinamiğin evrimsel paradigması arasında açık bir çelişki vardır. Geri-dönüşsüzlük nedir? Entropi nedir? Bilim tarihinde çok az soru bu kadar sık tartışılmıştır. Bazı cevaplar verebilmeye başladık. Düzen ve düzensizlik karmaşık fikirdir: dinamiğin statik tanımlamasında yer alan bölümler, entropinin gelişmesiyle ifade edilen evrimsel paradigmayı oluşturmak için ortaya konulması gerekenlerle aynı değildir. Bu bağlantı yeni bir "madde" kavramına götürüyor, "aktif" olan maddeye, maddenin geri-dönüşsüz süreçlere, geri-dönüşsüz süreçlerin de organize maddeye götürdüğü süreçlere.

Entropi kavramını içeren evrimsel paradigma, bilim alanının ötesine giden hatırı sayılır bir cazibe kullanmıştır. Umuyoruz ki dinamik ve termodinamiği birleştirme çabalarımız mekanistik dünya görüşüne entropinin net ve radikal yeniliğini getirir. Zaman ve gerçek, birbirleriyle yakından ilişkilidir. İnsanlar için gerçek zamanın akışına gömülmüştür. Göreceğimiz gibi, zamanın geri-dönüşsüzlüğü entropiyle çok yakından ilgilidir. Zamanı geriye doğru çevirmek için sonsuz bir entropi engelini alt etmek zorundayız.

Geleneksel olarak bilim evrensel olanla, insanoğlu ise parçalarla il-

gilenir. Bilim ve insanoğlunun birbirine yaklaşması Gallimard, Paris yayınevi tarafından 1979'da basılan *La Nouvelle Alliance* adlı kitabımızda vurgulanmıştı. Ne var ki bu kitaba uygun, aynı manaya gelecek İngilizce bir isim bulamadık. Ayrıca burada sunduğumuz metin, özellikle VII. Bölüm ile IX. Bölüm arasında Fransızca baskısından farklıdır. Her ne kadar dengesiz süreçlerin sonucu olarak yapıların orijinleri Fransızca baskıda yeterince verildiyse de evrimsel paradigmanın fiziksel bilim çerçevesindeki formülasyonu gibi, zamanın kökleriyle ilgili yeni çıkarımlarımızı içeren III Bölümü komple yeniden yazmak zorunda kaldık.

Bütün bunlar daha çok yenidir. Fiziğin tekrar kavramsallaşması henüz oluşmaktan çok uzaktır. Bununla beraber biz bugün göründüğü şekliyle mevcut durumu takdim etmeye karar verdik. Büyük bir entellektüel heyecan içindeyiz: Mevcuttan gelişene giden yolu az da olsa görmeye başladık. Madem ki birimiz bilimsel hayatının büyük bir bölümünü bu probleme adamıştır. Okurun da paylaşacağını umduğu, estetik başarıdan dolayı hissettiği tatmin duygusunu vurgulaması mazur görülmelidir. Uzun süre sonsuzla yani zamanın dışında görünenle "zamanın içinde olan" arasında bir çatışma ortaya çıktı. Şimdi görüyoruz ki, ortada zamanı da sonsuzluğu da kapsayan daha ince bir gerçeklik var.

Bu kitap birçok meslektaş ve arkadaşın da içinde bulunduğu kollektif bir çabanın sonucudur. Her birine ayrı ayrı teşekkür edemeyiz. Ancak, ne yazık ki artık aramızda olmayan Erich Jarisch, Aharon Katenalsky, Pierre Résibois ve Léon Rosenfeld'e olan minnettarlığımızı ayrıca belirtmek isteriz. Bu kitabı onların anısına ithaf ediyoruz.

Aynı zamanda devamlı desteğini aldığımız E. Solway tarafından bulunan Internationaux da Physque et Chimie Enstitüsüne ve Roberst A. Welch Foundation'a şükranlarımızı belirtmek isteriz.

İnsanoğlu bir geçiş dönemindedir. Bilim, demografik patlamanın yaşandığı şu anda önemli bir etken olacak gibi. Dolayısıyla bilim ve toplum arasındaki iletişim kanallarını açık tutmak her zamankinden daha fazla önem taşıyor. Batı biliminin mevcut gelişimi onu doğduğu on-

yedinci yüzyılın kültürel çevresinin dışına atmıştır. Şuna inanıyoruz ki, bilim bugün değişik kültürel gelenekler tarafından daha çok kabul edilebilecek evrensel mesajlar taşımaktadır.

Geçtiğimiz yıllarda halkın ilgisini zamanımızı karakterize eden "Üçüncü Dalga"nın bazı özelliklerine çekmek konusunda, Alvin Toffler'ın kitabı önemli olmuştur. Kitabımızın İngilizce versiyonuna yazdığı önsöz için de Toffler'a minnettarız. İngilizce bizim ana dilimiz değildir. Her dilin bir yere gömdüğümüz bazı ortak gerçekleri anlatmak için değişik yollar sağladığına inanıyoruz. Bu özelliklerden bazıları, en dikkatli çevirilerde bile varlığını sürdürebiliyor.

Her halükârda, en fazla kitabın İngilizce versiyonunun hazırlanmasındaki yardımlarından dolayı Joseph Early, MacGilvray, Carol Thurston ve özellikle Carl Rubine'ya müteşekkiriz. Ayrıca müsveddeleri başarılı dizgisinden dolayı Pamela Pape'e içten teşekkürlerimizi de belirtmek isteriz.

GİRİŞ

Bilime Karşı Koymak

Newton'un *Principia*'sını Londra Kraliyet Cemiyetine sunduğu 28 Nisan 1686 gününü insanlık tarihinin en büyük günlerinden biri saymakla herhalde abartmış olmayız. Kitle, ivme ve eylemsizlik gibi halen kullanageldiğimiz temel kavramların kesin tanımları yanında temel hareket kanunlarının tümü de bu kitaptaydı.

Belki de en büyük devrimi, kitabın evrensel çekim kanununu anlatan *Dünya Sistemi* bölümü yapmıştı. Newton'un çağdaşları bu eserin eşsiz önemini anlamakta hiç gecikmediler. Çekim kısa zamanda Londra ve Paris tartışmalarının başkonularından biri oldu.

Newton'un *Principia*'sından bu yana tam üç yüzyıl geçti. Bilim inanılmaz bir hızla büyüdü, hepimizin hayatına kök saldı. Bilimsel ufuklarımız gerçekten fantastik boyutlara ulaştı. Mikroskobik düzeyde, temel parçacık fiziği 10^{-15} cm'lik boyutlarda ve 10^{-22} saniyelik sürelerde olayları çalışıyor. Diğer taraftan, kozmoloji bizi "kâinatın yaşı" olan 10^{10} yıllık boyutlara taşıyor. Bilim ve teknoloji birbirine artık her zamankinden daha yakın. Ek olarak, yeni biyoteknolojiler ve enformasyon tekniklerindeki ilerlemeler hayatımıza köklü değişiklikler getirmeyi vaad ediyor.

Bu niceliksel büyümenin paralelinde etkileri bilimin kendisinden de öteye varan ve tabiat anlayışımızın özünü etkileyen derin niteliksel değişimler de yaşıyoruz. Batı biliminin hatırı sayılır kurucuları tabiat kanunlarının evrensel ve ebedî karakterini vurguladılar ve akılcılık ideali ile uyum gösterecek genel şemalar formüle etmeye çalıştılar. Roger Hausheer'in Isaiah Berlin'in *Against the Current* kitabına yazdığı tatlı önsözdeki ifadesiyle, "Onlar, içinde herşeyin sistematik olarak —yani, mantıksal yahut nedensel olarak— bağlantılı olduğu gösterilebilecek mutlak kapsamlı şemalar, evrensel bütünlükte kalıplar; içinde rastgeleliğe, hesaba gelmez değişimlere yer vermeyecek bütünlükte ve olan biten herşeyin, hiç olmazsa prensipte hiç değişmez genel kanunlarla açıklanabilir olduğu yapılar aradı."[1]

Bu arayışın hikâyesi aslında dramatik türden bir hikâyedir. Bu hırslı arayışın sonlanır gibi olduğu anlar yaşandı. Maddenin tüm özelliklerinin çıkarılabileceği bir temel yapı görünür gibi oldu. Bu onlardan biri, Bohr'un, maddeyi elektron ve protonların dairesel hareketlerine indirgediği ünlü atomik modeline rastlar. Bir başka heyecanlı an ise, Einstein'ın tüm fizik kanunlarını tek bir "Birleşik Alan Teorisi"nde birleştirme çabasına giriştiğinde yaşanmıştı. Tabiattaki bazı temel kuvvetleri birleştirme yolunda aslında büyük ilerleme kaydedildi. Ancak, nihaî birleşim noktası hâlâ karanlıkta. Nereye baksak, değişimler, çeşitlenmeler ve kararsızlıklar görüyoruz. Gariptir ki, her düzeyde böyle; temel parçacıklar alanında, biyolojide, ve kâinatın gittikçe genişlediği ve yeni yeni karadeliklerin oluştuğu astrofizikte de böyle.

Önsözde belirttiğimiz gibi tabiat görüşümüz çokluğa, zamansala (*temporal*) ve karmaşıklığa doğru köklü bir değişimden geçiyor. Garip ki, tabiatta keşfedilmekte olan bu umulmadık karmaşıklık bilimin ilerlemesini yavaşlatmak şöyle dursun, aksine halihazır fiziksel dünya —yani bizi içine alan dünya— anlayışımızın temeli olarak gözüken yeni kavramsal yapılar ortaya çıkardı. İşte bu kitapta incelemeyi arzuladığımız, bilim tarihinde daha önce benzeri görülmemiş bu yeni durumdur.

1. I. Berlin, *Against the Current*, seçilmiş yazılar nşr. H. Hardy (New York: The Viking Press, 1980), s. XXVI.

Bilim ve tabiat hakkındaki kavramlarımızın değişimi hikâyesi, bir diğer hikâyeden, yani bilimin bizde uyandırdığı duyguların değişimi hikâyesinden kolay kolay ayrılamaz. Her yeni entellektüel gelişim basamağı beraberinde yeni umutlar, korkular ve beklentiler getirir. Klasik bilimde zamandan bağımsız kanunların üzerinde durulurdu. İleride göreceğimiz gibi, bir sistemin belli bir durumu ölçüldüğünde, geri dönüşümlü klasik kanunların, tıpkı sistemin geçmişini belirlemiş olduğu gibi, geleceğini de belirlemesi beklenir. Tabiîdir ki, değişmekte olan olayların arkasında değişmez ebedî bir gerçek arayışı, şevkleri uyandırıyordu. Fakat, bu şekilde tasvir edilen tabiatın aslında kendini çürütür nitelikte olduğu şaşkınlıkla görüldü; bilimin kendi başarısıyla, tabiat, bir otomat, bir robot olarak gösteriliyordu.

Tabiatın çeşitliliğini (*diversity*) bir tür yanılgılar örgüsüne indirgeme arzusu, Batı düşüncesinde Grek atomistlerine kadar dayanır. Üstadları Democritus ve Epicurus'u izleyen Lucretius, dünyanın "yalnızca" atomlardan ve boşluktan ibaret olduğunu yazar ve bizi görünürün arkasındaki gizliyi aramaya zorlar. "Yine de, hâlâ sözlerime inanmıyor olabilirsiniz, çünkü göz temel cisimcikleri algılayamaz, onun yerine dünyada var, ancak görülemez olduğunu kabul ettiğiniz parçacıkları duymaya çalışın."[2]

Ancak şurası iyi bilinir ki, Grek atomistlerinin çalışmalarının gerisindeki itici güç tabiatı yozlaştırmak (*debase*) değil, insanı korkudan, tabiatüstü herhangi bir varlıktan insan ve tabiat ilişkisini aşabilecek bir otorite korkusundan kurtarmaktı. Öyle ki Lucretius tekrar tekrar korkacağımız birşey olmadığını, dünyanın özünün nihayet boşluk içindeki atomların sürekli değişen ilişkilerinden ibaret olduğunu söyler.

Modern bilim, esasta etik olan bu yaklaşımı, baştan belli gibi gözüken bir gerçeğin arayışına dönüştürdü ve bu gerçek, Lenoble'un[3] dediği "modern insan anksiyetesi"ni doğurdu. Kendimizi böylesi rastgele atomlar dünyasında nasıl tanımlayacağız? Bilim, insan ve tabiat arasındaki çatışma cinsinden mi tanımlanmalı? "Tüm varlıklar, gökyüzü, yıldızlar,

2. Bak. Titus Lucretius Carus, *De Natura Rerum*, Book I, v. 267-70. nşr. ve şrh. C. Bailey (Oxford: Oxford University Press 1947, 3 cilt).
3. R. Lenoble, *Histoire de l'idée de nature* (Paris: Albin Michel, 1969).

dünya ve üzerindeki türler ancak, iyi işlemeyen bir akla eşit değillerdir; çünkü gerçek akıl bütün bunları bilir, fakat bu varlıklar hiçbir şey bilmez."[4] Pascal'ın bu "Pensee"si Jacques Monod gibi çağdaş bilim adamlarında da gördüğümüz yabancılaşma (*alienation*) hissini ifade eder.

İnsanlık artık sonunda milyonlarca yıllık rüyasından uyanacak ve uyandığında da kendisini tam bir yalnızlık, köklü bir izolasyon içinde bulacak. Şimdilik insan hiç olmazsa tıpkı bir çingene gibi yabancı bir dünyanın kıyısında yaşıyor olduğunun farkında. Bu öyle bir dünyâ ki, onun umutlarına, acılarına, yahut ağlamalarına ilgisiz olduğu gibi, onun müziğine de sağır.[5]

Bu bir paradokstur. Monod'un da aktif olarak katıldığı moleküler biyolojinin önemli bir dönüm noktası olan genetik kodun çözümlenmesi olayı, nihayet trajik bir noktayla sonlanıyor. Öyle görünüyor ki, bu gelişmenin kendisi bizi kâinatın çingeneleri yapıyor. Bu durumu nasıl açıklayabiliriz? Bilim tabiatla bir iletişim şekli, tabiatla bir diyalog değil mi?

Geçmişte, insanın dünyası ve yabancı sayılan tabiat dünyası arasında sık sık kesin ayırımlar yapılırdı. Vico'nun *The New Science*'a yazdığı ünlü pasaj bunun en canlı misâlidir:

> .... Bizlerden çok uzakta, ilkçağları çevreleyen zifiri karanlığın gecesinde, tüm soruların ötesinde bir gerçeğin ebedî ve hiç sönmez ışığı parıldıyor: Sivil toplumun dünyasının insanlarca belirlendiği ve inşa edildiği ve prensiplerinin de, dolayısıyla, insan zihninin tasarımları içinde bulunabileceği gerçeği. Bu konuda düşünen kim olursa olsun şunu hayretle soracaktır ki, filozoflar nasıl oldu da Allah'ın yarattığı ve dolayısıyla yalnız O'nun bilebileceği tabiat üzerinde tüm enerjilerini sarfettikleri halde, insanların kendilerinin de anlayabilecekleri, milletler dünyasını, ya da diğer ifadeyle, sivil toplum dünyasını ihmal etmişler.[6]

Günümüzdeki araştırmalar artık bizi insanın ve tabiatın dünyaları-

4. B. Pascal, "Pensées," frag. 792, in *Oeuvres Complètes* (Paris: Brunschwing-Boutroux-Gazier, 1904-14).
5. J. Monod, *Chance and Necessity* (New York: Vintage Books, 1972), s. 172-173.
6. G. Vico, *The New Science*, çev. T.G. Bergin ve M. H. Fisch (New York: 1968), par. 331.

nın çatışmalarından hayli uzaklaştırmış durumda. Bu kitabın ana hedeflerinden biri de, insan ve tabiat hakkındaki bilgilerimizin çelişmek yerine, gittikçe uzlaşır olduğunu göstermektir.

Geçmişte tabiat araştırmaları en çeşitli olduğu dönemi yaşamıştı. Sümerler yazıyı keşfetmiş, Sümer din adamları da geleceğin şimdi etrafımızda olup biten olaylarda gizlice yazılmış olabileceğini ileri sürmüşlerdi: Hatta, bunu bir takım sihirsel ve mantıksal motifler de katarak sistematize etmişlerdi.[7] İşte bu anlamda, onyedinci yüzyılda şekillenmeye başlamış Batı bilimi, insan ve tabiat arasında öteden beri süregelen diyalogda sadece yeni bir başlık açmıştır.

Alexandre Koyre[8] modern bilimin getirdiği yeniliği "deneycilik" deyimiyle özetler. Buna göre, modern bilim, tabiatla yeni ve özel bir iletişim şekline, —yani tabiatın deneysel müdahalelere karşılık verdiği kabullenmesine— dayanır. Deneysel diyaloğu bundan daha güzel nasıl tanımlayabiliriz? Deneycilik ne sadece gerçeklerin olduğu gibi motamot gözlenmesi ne de sadece olaylar arasında deneysel bağlantılar aranmasıdır; aksine deneycilik teorik kavramlarla gözlem arasında sistematik bir etkileşim olduğunu var saymaktır.

Bilim adamları, doğru olan soruyu belirlerken tıpkı bir bulmacadaki eksik bir parçayı bulmuş gibi olmanın heyecanını yaşadıklarını yüzlerce şekilde ifade etmişlerdir. Bu bağlamda, bilim inançlarımızla, arzularımızla, yahut umutlarımızla hiç alakasız bir gerçeğin davranışını tahmin etmek zorunda olduğumuz bir tür iki-kişilik oyun gibidir. Tabiat, bizim istediğimiz bir şeyi söylemeye zorlanamaz. Bilimsel araştırma bir monolog değildir. Ve bu oyuna heyecan veren de tamamıyla bu riskdir.

Fakat Batı biliminin eşsizliği, bu tür metodolojik mütalaalarla geçiştirilmekten çok çok uzaktır. Karl Popper, bilimsel rasyonelliğin normatif tanımını tartışırken, rasyonel bilimin kendi varlığını nihayette yine kendi başarısına borçlu olduğunu kabul etmeye zorlanmıştı. Yani bilimsel metod ancak baştan tanımlanmış modellerle deneysel sonuçlar

7. J. P. Vernant et al., *Divination et rationalité*, İsp. "Symptômes, signes, écritures" (Paris: Seuil, 1974).
8. A. Koyré, *Galileo Studies* (Hassocks, İng.: The Harvester Press, 1978).

arasındaki şaşırtıcı uyum sayesinde uygulanabilirdir.[9] Bilim, riskli bir oyundur, fakat tabiatın tutarlı karşılıklar vereceği türden sorular keşfedilebiliyor görünüyor.

Batı biliminin başarısı tarihseldir; baştan tahmini imkânsız, ancak gözden kaçırılmaması gereken bir tarihsel gerçektir bu. Modern bilimin bu sürpriz başarısı tabiatla ilişkilerimizde geri dönüşümü olmayan bir değişim getirdi. "Bilimsel devrim" tabiri belki bu anlamda haklı olarak kullanılabilir. İnsanlık tarihi başka türden dönüm noktaları, başka türden devrimci olayların kesişmeleriyle işaretlidir. Bu türden kritik olaylardan biri de "Neolitik devrim" diye bilinir. Fakat burada da, tıpkı biyolojik evrimin dönüm noktaları olan "seçilimler" gibi, halihazırda ancak tahminlerle ilerleyebiliyoruz, oysa ki bilimin gelişimindeki kritik olaylar hakkında hayli bol bilgilerimiz var. "Neolitik devrim" denilen şey binlerce yılı almıştı. Bilimsel devrim de, biraz basit ifade edersek topu topu üç yüzyıl evvel başladı. Elimizde belki de bu devrimin kilometre taşları olan "şans" ve "zorunluluk"ların özel ve anlaşılabilir karışımını kavrama fırsatı var.

Bilim tabiatla başarılı bir diyalog başlattı. Ama diğer yandan, bu diyaloğun ilk meyvesi sessiz, ketum bir dünyanın keşfi oldu. Bu klasik bilimin paradoksudur. Görünen oydu ki, insanın karşısındaki ölü, pasif bir tabiattı: bir otomat gibi hareket eden, programlandığında, programdaki kuralları olduğu gibi izleyen bir tabiat. Böylece tabiatla diyalog, insanı tabiata yakınlaştıracağı yerde, ondan uzaklaştırmış oluyordu. İnsan zekâsının bir zaferi, acı bir gerçeğe dönüşmüştü. Öyle görünüyordu ki, bilim dokunduğu herşeyi yozlaştırıyordu.

Modern bilim, hem bilimi ölümcül bir tehlike olarak gören aleyhtarlarını, hem de bilimin "keşfettiği" insan yalnızlığının bu yeni mantıksallık için ödenmesi gerekli bir paha olduğunu düşünen bazı taraftarlarını dehşete düşürdü.

Klasik bilime eşlik eden kültürel gerginlik, en azından kısmen, bilimin toplum içindeki kararsız konumundan sorumlu tutulabilir; çünkü klasik bilim bir taraftan mantıksallığın tüm koşullarını kahramanca ka-

9. K. Popper, *Objective Knowledge* (Oxford: Clarendon Press, 1972).

bullenmeye yol açarken, diğer taraftan ateşli bir reddiye başlattı. Günümüzdeki anti-bilimci hareketlere daha sonra döneceğiz. Şimdi geçmişteki bir örneği —1920 Almanya'sındaki Irrasyonalist hareketlerin nasıl kuantum mekaniğinin alt yapısını oluşturduğunu ele alalım.[10] O zamana kadar, nedensellik, determinizm, indirgemecilik, ve akılcılık gibi bir takım kavramlarla özdeşleşmiş olan bilime karşıt olarak, bilimin inkâr ettiği, ancak tabiatın temeldeki irrasyonelliğini temsil eden fikirler, o sıralar canlanmaya başladı. Hayat, kader, özgürlük ve kendi-kendinelik böylece aklın ulaşamadığı gizemli bir alt-dünyanın görüntüleri oluverdi. Bu muhalefeti oldukça ateşli yapan kendine özgü sosyo-politik altyapısına inmeden söyleyeceğimiz o ki, bu muhalefet klasik bilimin getirdiği risklerin bir göstergesidir. Bilim, insanların önemli bulduğu bir takım tecrübeleri sadece subjektif anlamlarıyla kabul ederek, irrasyonel aleme transfer edip onlara heybetli bir güç verme riskini taşır.

Joseph Needham'ın vurguladığı gibi, Batı düşüncesi her zaman otomat bir dünya ve Allah'ın her an hükmettiği bir kâinat düşüncesi arasında gidip gelmiştir. Needham'ın ifadesiyle bu "karakteristik Avrupalı şizofrenisi"dir.[11] Ve aslında bu düşünceler birbirine bağlıdır. Çünkü otomat bir dünya da dünyaya karışmayan bir tanrı ister.

Gerçekten bu trajik seçimi yapmak zorunda mıyız? İnsanı yalnızlığa götüren bir bilim ile anti-bilimci metafizik tabiat görüşü arasında bir tercih yapmalı mıyız? Biz artık böyle bir seçimin gerekmediğini düşünüyoruz, zira bilimin bugün geçirdiği değişimler tamamıyla yeni bir durum getirdi. Bilimin bu son değişimi bize onun genel kültür içindeki yerini yeniden gözden geçirmemiz için eşsiz bir fırsat tanıdı. Modern bilim onyedinci yüzyıl Avrupa'sının özel şartlarında doğmuştur. Şimdi ise yirminci yüzyılın sonuna yaklaşıyoruz, ve öyle görünüyor ki çok daha *evrensel bir mesaj* taşıyor bilim. Öyle bir mesaj ki, insanın tabiatla ilişkisini olduğu gibi, insanın insanla ilişkisini de içeriyor.

---

10. P. Forman, "Weimar Culture, Causality and Quantum Theory, 1918-1927; Adaptation by German Physicists and Mathematicians to an Hostile Intellectual Environment", *Historical Studies in Physical Sciences*, c. 3 (1971), s. 1-115.
11. J. Needham and C. A. Ronan, *A. Shorter Science and Civilization in China*, c. I (Cambridge: Cambridge University Press, 1978), s. 170.

Bilimin bugün, klasik bilimin hangi kabullenmelerinden kendini sıyırdığını varsayıyoruz? Genelde *dünyanın* belli bir düzeyden sonra *sadeleştiği* ve zamanda tersine yürüyebilir (*time-reversible*) kanunlarla idare edildiği kanaati etrafındaki kabullenmelerdir bunlar. Bugün, bu çok fazla basitleştirilmiş bir ifade gibi gözükür. Bunu binaları tuğla bloklarına kadar indirgemeye benzetebiliriz. Ancak aynı tuğlalardan bir fabrika, bir saray, yahut bir katedral inşa edebiliriz. O şeyin bir bütün olarak zaman içinde kendine özgü bir yapısı olduğunu, bir kültürün, bir toplumun, bir stilin ürünü olduğunu, ancak bina düzeyinde anlayabiliriz. Fakat burada bir ilave ve açık problemimiz var ki, orta yerde tabiatı inşa eden biri olmadığına göre, taiatın "tuğlaları"nı —yani mikroskobik düzeydeki işleyişini— tüm bu binayı açıklayabilir hale getirecek türden bir tanımla tanımlamalıyız.

Klasik bilimin arayışı bizatihi tüm Batı düşünce tarihine egemen olmuş bir ikilemin göstergesidir. Geleneksel olarak, yalnızca hiç değişmez fikirler dünyası, Eflatun'un ifadesini kullanmak gerekirse "mantık güneşiyle aydınlanmış" olarak kabul edilirdi. Aynı cümleden, yalnızca ebedî varsayılan kanunlar bilimsel rasyonelliğin ifadesi olarak görülürdü. Zamansallık bir yanılgı olarak hor görülürdü. Fakat bu artık doğru değildir. Geri dönüşümsüzlüğün (*irreversibility*) yanılgı olmak bir yana, tabiatta temelli bir rolü olduğunu kendi kendine yürüyen organizasyonların çoğu süreçlerin başı olduğunu keşfetmiş bulunuyoruz. Kendimizi geri dönüşümlülüğün (*reversibility*) ve determinizmin yalnızca sınırlı, basit bazı olaylarda uygulandığı, onun yerine geri dönüşümsüzlüğün ve rastgeleliğin egemen olduğu bir dünyada bulduk.

Zamanın inkârı ve komplekslik, klasik tanımıyla bilimsel seferberliğin öne sürdüğü kültürel problemlerinin odağını oluşturuyordu. Bu kavramların getirdikleri, anlatmak istediğimiz bilimsel değişim içinde kritik öneme sahipti. Arthur Eddington[12] büyük kitabı *Nature of the Physical World*'da birincil ve ikincil kanunlar arasında bir ayırım yapmıştı. "Birincil Kanunlar" tek başına olan parçacıkların davranışını kontrol eder, "İkincil Kanunlar" ise atomlar ya da moleküller karışımına uygulanabi-

12. A. Eddington, *The Nature of the Physical World* (Ann Arbor: University of Michigan Press, 1958), s. 68-80.

lir. İkincil Kanunlar üzerinde ısrar etmek, elementer davranışların tasvirinin bütün olarak bir sistemi anlamaya yetmeyeceğini vurgulamak demektir. Eddington'a göre, öndegelen bir ikincil kanun örneği, fizikte "zamanın yönü"nü ifade eden kanun, yani termodinamiğin ikinci kanunudur. Eddington'un ifadesiyle: "Bilim felsefesi açısından düşünürsek, entropi olayının kavramlaştırılması, ondokuzuncu yüzyılın bilimsel düşünceye en büyük katkıları arasında sayılmalı. [Çünkü bu kavram] bilimin ilgi gösterdiği herşeyin mikroskobik objelere dilimlenerek keşfedildiği görüşüne bir tepki başlattı."[13] Ve bu tepki artık korkunç şekilde şiddetlendi.

Şurası kesindir ki, modern bilimin en büyük başarılarından bazıları mikroskobik düzeyde, yani moleküller, atomlar veya elementer partiküller düzeyinde keşiflerdir. Meselâ, moleküler biyoloji hayatın işleyişinde merkezî bir rol üstlenen özel molekülleri izole etmede oldukça başarılı oldu. Aslında bu başarı öylesine etkileyici oldu ki çoğu bilim adamı için araştırmanın amacı, Eddington'un ifadesini kullanmak gerekirse "eşyanın mikroskobik dilimlenmesi" olageldi. Ancak termodinamiğin ikinci kanunu, karmaşıklığı çözümleyen ve onu bir tür gizli dünyanın sadeliğine indirgeyerek açıklayan türden bir tabiat kavramına ilk tehdidi getirdi. Ve artık günümüzde ilgi alanı eşyadan ilişkiye, iletişime, zamana kayıyor.

Bu bakış açısı değişikliği bir takım keyfi kararların sonucu olmadı. Sözgelimi fizikte, kimsenin önceden tahmin edemeyeceği yeni keşifler bizi bu değişime zorladı. Çoğu elementer partiküllerin (belki de hepsinin) en sonunda kararsız olduğunun anlaşılacağını kim beklerdi? Gittikçe genişleyen bir kâinatın deneysel olarak da tasdikiyle kâinat tarihini baştan sona anlayabileceğimizi kim umardı?

Yirminci yüzyılın sonunda günümüz fiziğine şekil veren iki büyük devrimin, yani kuantum mekaniğinin ve relativitenin manasını daha iyi değerlendirmeyi öğrendik. Bu devrimler klasik mekaniği düzeltme ve onu yeni bulunmuş evrensel sabitelere uyarlama teşebbüsleri olarak

13. Ibid., s. 103.

başlamıştı. Fakat artık durum çok farklı. Kuantum mekaniği partiküllerin hiç durmaksızın birbirine dönüşümünü tasvir eden teorik çerçeveyi sağladı. Aynı şekilde genel relativite kâinatın başlangıç devrelerinin termal tarihini tasvir ettiğimiz temel teori oldu.

İçinde yaşadığımız kâinat çok çeşitlilik ve komplekslik karakteri gösterir. Belli yapılanmalar gözden kaybolabilir, fakat tekrar ortaya çıkabilirler. Bazı süreçler, bildiğimiz kadarıyla, deterministik eşitliklerle çok iyi tanımlanabilir, fakat bazıları da çok ihtimalli hesaplar gerektirir.

O halde bu kavramlar arasındaki açık çelişkinin üstesinden nasıl geleceğiz? Hepimiz tek bir kâinatta yaşıyoruz. İleride de göreceğimiz gibi, bu problemlerin ne anlama geldiğini artık anlamaya başlıyoruz. Dahası, gözlemlediğimiz ve tasvir ettiğimiz çeşitli fenomenlere bugün verdiğimiz önem klasik fiziğin önerdiğinden çok farklı, hatta tam tersidir. Daha öncede söz ettiğimiz gibi, fizikte eskiden temel süreçlerin deterministik ve geri dönüşümlü olduğu düşünülür; rastgele yürüyen yahut geri dönüşümü olmayan süreçler istisnadan sayılırdı. Bugünse heryerde geri dönüşümsüz süreçlerin dalgalanmaların rol oynadığını görüyoruz. Klasik fizikte öngörülen modeller, yalnızca, bir kapalı kutuya biraz madde koyup dengeye ulaştığı ana kadar bekleyerek yapay olarak oluşturduğumuz çok sınırlı durumlarda işliyor gözüküyor.

Yapay olarak elde edilmiş olan durumlar deterministik ve geri-dönüşümlü olabilir. Ancak doğal olan rastgele ve geri-dönüşümsüz temel elementler içeriyor. Bu da, bizi maddenin artık mekanistik dünya görüşünün tarif ettiği gibi pasif birşey olmayıp, kendi içinde hareket sahibi birşey olduğu yeni madde anlayışına götürüyor. Bu değişim öylesine derinlikli ki, önsözde belirttiğimiz gibi, artık gerçekten insanın tabiatla yeni bir diyaloğundan sözedebiliyoruz.

Bu kitap, bilimin, klasik bilimin Altın Çağından günümüze kadar gösterdiği değişimi ele alıyor. Bu değişimi anlatabilmek için çok değişik yollar seçebilirdik. Elementer partiküllerle ilgili problemleri çalışabilirdik. Astrofiziğin göz kamaştırıcı en son keşiflerini sıralayabilirdik. Bunlar öyle görünüyor ki bugün bilimin sınırlarını çizen konular. Ancak, önsözümüzde de belirttiğimiz gibi, son yıllarda tabiatın günlük ya-

şayışımıza yakın düzeyinde öylesine yeni çehreleri ortaya çıktı ki, biz de bu düzeye ait, yani atomları, molekülleri ve özellikle de biyomolekülleri içeren kendi makroskobik düzeyimizdeki dünyaya ait problemleri ele almaya karar verdik. Yine de şunu önemle vurgulamak gerekir ki bilimin gelişimi her düzeyde, ister elementer partiküller düzeyinde, ister kimya, ister biyoloji yahut kozmoloji düzeyinde olsun aşağı-yukarı paralel seyretmiştir. Her ölçekte kendiliğinden organizasyon (self-organizasyon), komplekslik ve zaman yeni ve umulmadık bir rol oynuyor.

Dolayısıyla, amacımız üç yüzyıllık bilimsel gelişimin anlamını belli bir bakış açısıyla değerlendirmektir. Konumuzu seçiş tarzımızın şüphesiz bir sübjektif yanı var. Zaman meselesi biz yazarlardan birinin [İ. Prigogine] hayatı boyunca sürdürdüğü çalışmaların merkezi oldu. Henüz Brussels Üniversitesi'nde genç bir öğrenciyken fizik ve kimya ile ilk yakınlaşmasında, özellikle de ilk eğitiminin tarih ve arkeoloji üzerinde yoğunlaşmış olmasından ötürü olacak, bilimin zaman hakkında söylediği çok az şey olmasına şaşırmıştı. Bu şaşkınlık onu şu iki yaklaşıma zorladı ki ikisine de geçmişten misaller bulabiliriz: Ya mesele dışlanacaktı, çünkü klasik bilim zaman meselesine hiç yer vermemişti; ya da tabiatı, zamana daha değişik, daha temelli bir rol verecek şekilde yorumlamanın bir yolu aranacaktı. Bu yol, sadece kendi çağımız felsefelerinden örnek vermek gerekirse, Bergson ve Whitehead'in seçtikleri yoldu. Bunlardan birincisi "pozitivistçi", ikincisi ise "metafizikçi" bir yaklaşımdır.

Ancak bir üçüncü yol daha vardı ki, fizik ve kimyada zamanın geleneksel olarak çok basitçe ele alınmış olmasının, dikkatlerin genelde çok basitleştirilmiş özel durumlara, örneğin bütün olarak katedrale değil de yalnızca tuğla yığınlarına çevrilmiş olmasından mı kaynaklandığını sormaktı.

Bu kitap üç bölüme ayrılmıştır. Birinci bölüm klâsik bilimin zaferini ve bu zaferin kültürel sonuçlarını ele alır. Başlangıçta, bilim büyük bir coşkuyla karşılanmıştı. Daha sonra da klasik bilimin ve gözkamaştırıcı başarısının *varlığının* sonucu olarak gelişmiş kültürel kutuplaşmayı anlatacağız. Bu başarı, belki de getirdiği yeni sonuçları da sınırlayarak

böylece kabuledilmeli mi, yoksa bilimsel metodun kendisi eksik ya da yanlış sayılıp red mi edilmeli? Her iki seçenek de aynı sonuca —yani yaygın söylenişiyle "iki kültürün" bilim ve beşeri bilimlerin çarpışmasına— götürür.

Bu sorular Batı düşüncesinde klasik bilimin şekillenmesinden bu yana temel bir rol oynayageldi. Ama her defasında yine aynı probleme gelindi: "Tercihimizi nasıl yapalım?" İsaiah Berlin, haklı olarak bu soruda diğer bilimlerle beşeri bilimlerin ayırımının başlangıcını görür:

Özel *(specific)* ve eşsiz olana (*unique*) karşılık yinelenen (*repetitive*) ve evrensel (*universal*) somuta karşılık soyut, kendi kendine harekete karşılık eylemsizlik, dahilîye karşılık haricî, niteliğe karşılık nicelik, kültüre bağımlı kurallara karşılık zamandan bağımsız kurallar, insanın daimâ zihinsel kargaşa ve değişim içinde olduğu anlayışına karşılık insanın tüm rasyonel isteklerinin barışa, düzene, nihaî uyuma ve doyuma kavuşmasının olabilirliği (ve umudu) tüm bunlar bu ayırımın bazı yanlarıdır.[14]

Kitapta klasik mekaniğe fazlaca yer verdik. Aslında, bize göre bilimin günümüzdeki değişimini en güzel klasik mekanikten başlayarak anlatabiliriz. Klasik dinamik, öyle görünüyor'ki statik tabiat görüşünü oldukça açık ve çarpıcı bir biçimde ifade ediyor. Klasik mekanikte zaman çok belirgin bir şekilde parametre düzeyine indirilmiş ve gelecek ile geçmiş denk hale getirilmiş. Kuantum teorisinin klasik dinamiğin açıkta bıraktığı birçok yeni problem ortaya attığı, fakat yine de, özellikle zaman ve süreç sözkonusu olduğunda klasik dinamiğin bazı kavramsal yaklaşımlarını muhafaza ettiği doğrudur.

Newtoncu anlayışa ilk tehdit, henüz ondokuzuncu yüzyılın başlarında, klasik bilim, kesin anlamda zaferini yaşarken, Newtoncu görüşün Fransız bilimine, sonra da tüm Avrupa'ya egemen olduğu sıralarda görüldü. Çalışmamızın ikinci kısmında, Newton'un çekim bilimine bu ilk tehdidi, yeni ısı biliminin gelişimini, Fourier'in ısının yayılışı kanununu formüle edişiyle gelen ilk meydan okumadan başlayarak anlata-

14. Berlin, a.y., s. 109.

cağız. Ki, aslında bu kanun klasik dinamikte anlaşılmaz sayılmış bir şeyin —geri dönüşümsüz bir sürecin— ilk defa niceliksel olarak tasvir edilmesiydi.

Isı biliminin iki dalı, yani enerjinin korunumu bilimi ve ısı motorları bilimi, ilk "klasik dışı" bilimi —termodinamiği— doğurdu. Termodinamik en esaslı çıkışını da ünlü "ikinci kanun"la yaptı. Çünkü bu kanun fizik bilimine zamanın bir akış yönü olduğunu göstermişti. Bu başlangıç çok daha kapsamlı, entellektüel hareketin sadece bir kısmıydı. Ondokuzuncu yüzyıl gerçek bir gelişim yüzyılı oldu; biyoloji, jeoloji ve sosyoloji oluşum süreçlerinden, kompleksleşme süreçlerinden bu yüzyılda sözettiler. Aynı şekilde, termodinamik de iki tür sürecin birbirinden ayırımına dayanır: Geri-dönüşümlü süreçler ki, bunlar zamanın akış yönünden bağımsızdırlar ve geri-dönüşümsüz süreçler, yani zamanın akış yönüne bağımlı olanlar. Bunların misallerini ileride vereceğiz. Entropi kavramının fiziğe girmesi de bu iki tür süreci birbirinden ayırdetmek içindi, çünkü entropi yalnızca geri-dönüşümsüz süreçler yüzünden artar.

Ondokuzuncu yüzyıl boyunca termodinamik değişimin nihaî durumu bilimsel araştırmaların merkezi oldu. Ve böylece denge termodinamiği ortaya çıktı. Denge-termodinamiğine göre, süreçler küçük nüanslardı, sapmalardı, üzerinde çalışmaya değmez konulardı. Bugün bu anlayış tamamıyla değişti. Artık biliyoruz ki uzak denge durumlarında kendiliğinden yeni yapılanmalar belirebilir. Uzak denge şartlarında, düzensizlikten, termal kaostan, düzene geçişler elde edebiliyoruz. Madde belli bir sistemin çevresiyle etkileşimini yansıtan haller türünden yeni dinamik haller alabilir. Bu yeni yapılanmalara, dağılıcı (*dissipative*) süreçlerin yapıcı rolünü vurgulama amacıyla *dağılıcı yapılar* adını verdik.

Bu kitap dağılıcı yapıların belirlemesini ve gelişimini ele almak üzere son yıllarda geliştirilmiş metodlardan bazılarını anlatıyor. Kitap boyunca kilim motifleri gibi devamlı işlenecek anahtar kelimeler dağılıcı yapılardadır: gayri-doğrusallık, kararsızlık, dalgalanmalar. Bu kelimeler fizik ve kimyayı da aşarak her alanda tabiat anlayışımıza sızmaya başladı.

Müsbet bilimlerle beşerî bilimler arasındaki zıtlaşmayı tartışırken Isaiah Berlin'den alıntı yapmıştık. Berlin, özel ve eşsizi yinelenene ve evrensele karşıt olarak göstermişti. Dikkate değer olan şu ki denge durumundan uzak denge durumlarına geçtiğimizde, aynı zamanda yinelenen ve evrensel'den uzaklaşıp özel ve eşsize doğru yaklaşırız. Gerçekten de, denge kanunları evrenseldir. Madde yakın denge durumunda "yineleyici" tarzda davranır. Öbür yandan, uzak denge durumunda değişik türlerde dissipatif yapının oluşmasına tekabül eden çeşitli mekanizmalar belirir. Meselâ, uzak dengede kimyasal saatlere, yani ahenkli, ritmik bir şekilde yürüyen kimyasal reaksiyonlara şahit oluruz. Aynı zamanda namütecanis yapıları dengesiz kristallere dönüştüren self-organizasyon süreçleri de elde edebiliriz.

Bu davranışın hiç beklenmedik yanını burada vurgulamak isteriz. Hepimizin kimyasal bir reaksiyonun nasıl yürüdüğü hakkında az çok bir sezgisi vardır; moleküllerin boşlukta kaynadıklarını, çarpıştıklarını ve yeni şekiller kazandıklarını; atomistlerin havada danseden toz bulutlarından söz ederken tasvir ettiklerine benzer kaotik bir davranış hayal ederiz. Fakat bir kimyasal saatteki davranış tamamıyla farklıdır. Biraz basitleştirirek söylersek, bir kimyasal saatte tüm moleküller kimyasal kimliklerini *eş zamanlarda*, yani düzenli zaman aralıklarında değiştirir. Molekülleri mavi ya da kırmızı renklerde farzedersek, kimyasal saat reaksiyonunu ritmine bağlı olarak düzenli renk değişimleri gözleriz.

Belli ki böylesi bir durum artık kaotik davranış olarak tasvir edilemez. Yeni bir tür düzen belirmiştir. Yeni bir ahenkten, moleküller arası bir "iletişim" mekanizmasından sözedebiliriz. Fakat bu tür bir iletişim yalnızca uzak denge durumlarında ortaya çıkar. Pek ilginçtir ki böyle bir iletişim biyoloji dünyasının temel kuralı gibidir. Öyleki, aslında, bir biyolojik sistemi tanımlamanın temeli sayılabilir.

Ayrıca, dissipatif yapının tipi özellikle yapının şekillendiği şartlara bağlıdır. Dünyanın çekim alanı gibi haricî alanlar ve manyetik alan self-organizasyon sürecinin mekanizmasının seçiminde temel bir rol oynayabilir.

Kimyadan başlayarak kimisi hayatın ilkel maddeleri olabilecek

kompleks yapıların, kompleks formların nasıl inşa edebileceğimizi görmeye başladık. Bu uzak denge fenomenlerinin maddenin temel ve umulmadık bir yapısını gösterdiği kesin gibi ki; fizik, dolayısıyla yapıları, dış şartlara adapte olmuş şeyler olarak tanımlayabilir. Çok basit kimyasal sistemlerde bir tür pre-biyolojik adaptasyon mekanizmasına rastlarız. Biraz antropomorfik bir ifadeyle söylersek: Denge durumunda madde "kör"dür, fakat uzak denge durumlarında işleyişiyle dış dünyanın bazı nüanslarını (zayıf gravitasyon yahut elektrik alanları gibi) "farkedebilir" olmaya, "dikkate alabilir" olmaya başlar.

Kabul etmek gerekir ki, hayatın kaynağı problemi hâlâ zor problemlerden biri ve ufukta basit bir çözüm olduğunu da sanmıyoruz. Yine de bu açıdan bakıldığında hayat artık "normal" fizik kanunlarına aykırıymış gibi, normal akıbetinden, yani yıkılıp-çökmekten, fizik kanunlarına karşı koyarak kaçıyormuş gibi gözükmüyor. Aksine, hayat kimyasal reaksiyonların çizgisel dışılıklarına ve güneş enerjisinin biyosferde hazırladığı uzak denge şartlarına katılımıyla, çok özel biçimde, biyosferin içinde bulunduğu şartları yansıtır.

Daha önceden dissipatif yapıların oluşumunun tasvirine yarayan bazı kavramlardan, örneğin dallanmalar teorisinden sözetmiştik. Garip tir ki yakın dallanmalı sistemler geniş çaplı dalgalanmalar gösterir. Böylesi sistemler değişik muhtemel gelişim yönleri arasında tereddütte kalmış gibidir ve ünlü büyük sayılar kuralı da, yaygın anlamıyla, burada bozulur. Öyle ki, çok küçük bir dalgalanma bile makroskopik sistemin tüm davranışını kökten değiştirecek, tamamıyla yeni bir gelişime kapı açabilir. Bu durumun sosyal fenomenlerle, hatta tarihle benzerliği ise kaçınılmazdır. "Şans ve zorunluluğu" artık birbirlerine karşı olmak bir yana, uzak-dengedeki çizgisel-dışı sistemlerin tanımının birbirini tamamlayan iki cephesi olarak görüyoruz.

Bu kitabın ilk iki bölümü bu nedenle, fiziksel dünyayla ilgili iki çelişkili görüşü ele alır: Klasik dinamiğin statik görüşü ve entropi fikrinden kaynaklanan değişimci görüş. Bu iki görüşün hesaplaşması artık kaçınılmaz hale geldi. Uzun bir süre bu hesaplaşma geri-dönüşümsüzlüğün bir yanılgı —bir takribi yakıştırma, çünkü insanın kendisi, za-

mansız olan kâinata zamanı sokmuştu!— olarak ele alınması yüzünden gecikti. Ancak geri-dönüşümsüzlüğün bir yanılgıya, bir yakıştırmaya indirgendiği bu çözüm, artık kabul edilemez, çünkü artık geri-dönüşümsüzlüğün bir düzenin, bir ahengin, bir organizasyonun kaynağı olabileceğini biliyoruz.

Artık bu hesaplaşmadan kaçamayız. Ki bu da elinizdeki kitabın üçüncü bölümün konusu. Geri-dönüşümsüzlük problemine evvela klasik, sonra kuantum mekaniğinin getirdiği geleneksel yaklaşımları bu bölümde anlatacağız. Bu konudaki öncü çalışma özellikle Boltzman ve Gibbs tarafından yapıldı. Ancak, şunu da belirtelim ki, problem yine büyük ölçüde çözümsüz kaldı. Karl Popper'in bahsettiği gibi oldukça dramatik bir öykü yaşandı: Önce Boltzman, ikinci kanunda ifade edilen yeni zaman kavramına objektif bir tanım getirdiğini düşünür, fakat Zermelo ve diğer bazı kimselerle yaptığı tartışma sonucu fikrinden vazgeçer.

> Tarihin ışığında —ya da tarihin karanlığında— Boltzman'ın fizikte öncü olduğu herkesçe kabul edildiği halde kabul edilmiş mevcut standartlar karşısında yenildi. Bu yüzden kendi *H*- teoremini bir türlü açamadı; ve entropinin niye arttığını da açıklayamadı... Üzerindeki baskı öylesine ağırdı ki kendine olan inancını kaybetti...[15]

Geri-dönüşümsüzlük problemi hâlâ ateşli bir tartışma konusu olma özelliğini korur. Bu ateşlilik nasıl oldu da termodinamiğin ikinci kanununun bulunmasından tam yüzelli yıl sonraya kaldı? Bu soruya kimisi kültürel, kimisi teknik çok değişik cephelerden yaklaşılabilir. Zamanın dışlanışında kültürel bir unsur vardır. Bu konuda yer yer Einstein'dan alıntılar yapacağız. Ki Einstein'ın vardığı sonuç kesin gibi gözüküyor: Zaman (geri-dönüşümsüzlük gibi) bir yanılgıdır. Aslında, Einstein, Giardano Bruno'nun onaltıncı yüzyılda yazdığı ve yüzyıllar boyu bilimin akidesi olmuş sözleri tekrarlıyordu: "Kâinat sonsuz ve hareketsizdir... Kendini lokal olarak değiştirmez... Kendini yeniden üretmez... Yıkılamaz... Değişmez..."[16] Bruno'nun görüşü çok uzun bir süre Batının bi-

15. K. Popper, *Unended Quest* (La Salle, Ill.: Open Court Publishing Company, 1976), s. 161-62.

16. G. Bruno, 5. diyalog, "De la causa," *Opere Italiane*, I (Bari: 1907); krş. I. Leclerc *The Nature of physical Existence* (Londra: George Allen & Unwin, 1972).

limsel anlayışına egemen oldu. Bu yüzden, büyük ölçüde mühendislik bilimlerinden ve fiziksel kimyadan gelmiş olan geri-dönüşümsüzlük fikrinin güvensizlikle karşılanması şaşırtıcı değildir. Fakat bu kültürel sebepler yanında teknik bazı sebepler de vardı. Geri-dönüşümsüzlüğü dinamikten "çıkarsamaya" çalışan her teşebbüs kaçınılmaz olarak akîm kalacaktı, çünkü geri-dönüşümsüzlük evrensel bir fenomen değildi. Oysa çok sayıda geri-dönüşümlü olay örneği bulabiliriz. Örneğin saat sarkacının hareketi (sürtünme yok sayıldığında) ve gezegenlerin hareketi gibi. Bu başarısızlık bir umutsuzluğa ve geri-dönüşümsüzlük kavramının nihayeti tümüyle subjektif bir şey olduğu hissine yol açtı. Tüm bu problemleri ileride biraz uzunca tartışacağız. Burada belirtelim ki, bu problemi bugün artık değişik açılardan görebiliriz, çünkü değişik sınıfta dinamik sistemler olduğunu biliyoruz. Dünya homojenlikten çok uzaklardadır. Dolayısıyla soruyu değişik biçimde sorabiliriz: Dinamik sistemlerin geçmişi ve geleceği "ayırdetmelerini" sağlayan özel yapısı nedir? Bu sistemlerdeki mimimum karmaşıklık nedir?

Bu çizgiler boyunca önemli gelişmeler kaydedildi. Artık tabiatta zamanın kökleri konusunda daha emin konuşabiliyoruz. Bunun uzun vadede büyük sonuçları vardır. Termodinamiğin ikinci konunu, yani entropi kanunu, makroskobik dünyaya geri-dönüşümsüzlüğü getirdi. Artık bunun mikroskobik dünyadaki anlamını da kavrayabiliyoruz. İleride göreceğimiz gibi, ikinci kanun bir seçilim kuralına, yani dinamik kanunların sonradan yapacağı başlangıç şartlarının sınırlanmasına denk gelir. Dolayısıyla, ikinci kanun tabiat tasvirimize yeni bir indirgenemez unsur sokmuş olur. İkinci kanun dinamikle uyum içinde olduğu halde dinamikten çıkarsanamaz.

Boltzman çok daha önceden olasılık ile geri-dönüşümsüzlüğün birbiriyle yakından bağıntılı olacağını anlamıştı. Bir sistem ancak yeterince rastgele davrandığında, geçmişle gelecek farkı, dolayısıyla geri-dönüşümsüzlük o sistemin tasvirinde yer alabilir. Bizim analizimiz de bu bakış açısını doğrular. Aslında, determinist bir tabiat anlayışında zamanın yönünün ne manası olabilir? Eğer gelecek, zaten şöyle ya da böyle şu anın içinde (ki aynı zamanda geçmişi de içine alır), saklıysa zama-

nın yönünün anlamı nedir? Zamanın yönü, geleceğin, elde olmadığı, yani Fransız şair Paul Valery'nin ifadesiyle, "zaman bir inşadır" gerçeğinin göstergesidir.[17]

Günlük hayat tecrübelerimiz, zaman ve mekân arasında köklü bir farklılıktan sözeder. Ancak, zamanın içinde dolanamayız. Geçmişle geleceği birbiriyle değiştiremiyoruz. İleride göreceğimiz gibi, bu imkânsızlık hissi artık kesin bir bilimsel anlam kazanıyor. Mümkün olan durumlar mümkün olmayanlardan termodinamiğin ikinci kanununun koyduğu sonsuz entropi bariyeri ile ayrılır. Fizikte başka bariyerler de vardır. Bunlardan biri ışığın hızıdır ki hali hazır görüşümüze göre sinyallerin iletilebileceği hızı sınırlar. Bu bariyerin varlığı vazgeçilmezdir; aksi takdirde nedensellik parça parça olurdu. Keza, entropi bariyeri de iletişime bir mana verebilmenin önşartıdır. Eğer bizim geleceğimiz başkalarına geçmiş olsaydı, ne olurdu bir hayal edin! Bu konuya sonra döneceğiz.

Fiziğin son atılımları zamanın gerçekliğini ortaya koydu. Bu sırada da zamanın yeni yanları keşfedildi. Zaman'a kafa yormak yüzyılımız boyunca sürüp gitti. Einstein'ı, Proust'u, Freud'u, Teilhard'ı, Pierce'ı, Whitehead'ı düşünün.

Einstein'ın, 1905'de basılan özel relativite teorisinin en çarpıcı yanlarından biri her gözlemciye özgü lokal bir zamandan sözetmiş olmasıdır. Ancak bu lokal zaman geri-dönüşümlü bir zaman olarak kaldı. Einstein'ın gerek özel, gerekse genel relativite teorisindeki problemi gözlemcilerin aralarındaki "iletişim"di, yani gözlemcilerin zaman aralıklarını kıyaslama tarzlarıydı. Fakat artık zamanı diğer kavramsal bağlamlarda ele alabiliyoruz.

Klasik mekanikte zaman bir noktanın bulunduğu çizgi içindeki yerini ifade eden bir sayı idi. Fakat zaman global düzeyde farklı bir anlam ifade edebilir. Bir çocuğa bakıp, yaşını tahmin ettiğimizde biliriz ki bu yaş çocuğun bedeninin herhangi özel bir yerinde yerleşmiş değildir. Yaş global bir hükümdür. Sık sık, bilimin zamanı mekanlaştırdığı söylenir.

17. P. Valéry, *Cahiers*, (2 cilt) nşr. Mrs. Robinson-Valéry, (Paris: Gallimard, 1973-74).

Fakat artık başka tür bir bakış açısının mümkün olduğunu keşfediyoruz. Örneğin bir araziyi ve arazinin zamanla gelişimini düşünün. Köyler büyür, köprüler ve yollar değişik bölgeleri birbirine bağlar ve bölgeleri değişime uğratır. Mekan bu anlamda zamansal bir boyut kazanır; coğrafyacı B. Berry'nin sözleriyle "mekanın zamanlamasını" çalışmaya doğru itiliyoruz.

Fakat belki de en önemli ilerleme, yapı problemini, düzen problemini artık değişik bir perspektiften görebilmemizdir. Bölüm VIII'de göstereceğimiz gibi klasik olsun, kuantum olsun, dinamiğin bakış açısıyla, zamanın yönlendirdiği değişim diye birşey olamaz. Dinamik türden tanımlanabilecek bir "informasyon" zaman içinde sabit kalır. Bu paradoksik gibi görünür. İki sıvıyı karıştırdığımızda karışmanın etkisini dışardan bir alet kullanmaksızın yok edemeyeceğimiz gerçeğine rağmen "gelişim" diye birşey olmaz. Tam aksine entropi kanunu karışmayı "düzensizliğe", yani en muhtemel duruma doğru bir gelişim olarak tanımlar. Artık bu iki olay arasında hiçbir çelişki olmadığını gösterebiliyoruz, ama informasyondan, yahut düzenden sözetmek gerikirse, temel aldığımız birimleri yeniden tanımlamak zorundayız. Yeni ve önemli bir gerçek de şu ki, artık bir tür birimden diğerine geçişte kesin kurallar ortaya koyabiliriz. Diğer bir ifadeyle, ikinci kanunla, ifade edilen gelişimsel paradigmanın bir mikroskopik formülasyonuna ulaştık. Bu evrimsel paradigma tüm kimyayı ve aynı zamanda biyoloji ve sosyal bilimlerin temellerini kapsadığından bu sonuç bize oldukça önemli görünüyor. bu yaklaşım oldukça yenidir. Fizikteki yeniden kavramlaşma süreci henüz tamam olmaktan çok uzak. Ancak bizim niyetimiz, bilimin çok yerleşik basamaklarına, kararlı ve köklü sonuçlarına ışık tutmak değil. Yapmak istediğimiz bilimsel faaliyetin kavramsal üretkenliğini, gelecekteki açılımlarını ve bunun getirdiği yeni problemleri vurgulamak. Her halûkârda, bildiğimiz şu ki henüz bu serüvenin sadece başındayız. Belirsizliklerin yahut risklerin sonunu getirecek değiliz. Bu durumda, herşeyi şimdi algıladığımız şekliyle, ama aynı zamanda şimdiki cevaplarımızın da ne kadar eksik olduğunun tam bilinci içinde, sunmayı tercih ettik.

Erwin Schrödinger, zamanında çoğu bilim felsefecisinin öfkesine neden olan şu cümleleri yazmıştı:

> "... Tüm bilimlerin genelde insanın kültürüne bağımlı olduğunu; ve bilimsel keşiflerin, hatta, halihazırda en ileri, esrarlı ve kavranması en güç olanların bile, kültürel çerçeveleri dışında bir anlam ifade etmeyeceklerini unutma eğilimi var. Oluşturduğu etkin ve önemli tasarımlarının sonunda, yalnızca eğitimli bir topluluk üzerinde bir anlam ifade eden kavramlarda ve kelimelerde klişeleşmeye ve genel tabiat anlayışının bir parçası ve bir bölümü haline gelmeye mahkum olduğunun farkında olmayan bir teorik bilim —teorik bilim diyorum, çünkü bu durumun gerçekten unutulduğu ve öncü kişilerin kendi aralarında, çok yakın çalışma arkadaşlarınca ancak ortaklaşılabilmiş terimlerle düşünmeye devam ettiği yer burasıdır— kaçınılmaz olarak diğer insanların kültüründen kopacaktır; ve uzun vadede, kendi izole gruplarında zevkle çalışan uzmanların tartışmaları ne kadar canlı ve esrarlı da olsa güdükleşmeye ve kemikleşmeye mahkûmdur.[18]

Bu kitabın ana temalarından biri de bir bütün olarak doğrudan kültürle ilgili konular ve özelde bilimin kavramsal problemleri arasında güçlü etkileşimler olduğudur. Öyle ki bilimin ta özünde zamanla ilgili sorularla karşılaşıyoruz. Oluşma, geri-dönüşümsüzlük felsefecilerin nice kuşakları boyu ömürlerini harcadıkları sorulardır bunlar. Tarihin —ister ekonomik, ister demografik, ister politik— hiç umulmadık bir hızla ilerlediği günümüzde, yeni yeni sorular ve yeni yeni ilgiler bizi çok yeni diyaloglara girmeye ve yeni bir iç tutarlılık aramaya zorluyor.

Bununla beraber, bilimin ilerlemesinin sık sık sıçramalarla tanımlandığını; somut deneyimden, kavranması gittikçe güçleşen bir soyutlaşma düzeyine doğru kaydığını biliyoruz. Biz bu tür bir yorumu, yalnızca klasik bilimin, insan ve çevresi arasındaki oldukça geniş ilişki alanlarını teorik çerçevesine sığdıramamanın sonucu olarak düştüğü tarihî konumunun epistemolojik düzeyde, bir yansıması olduğunu sanıyoruz.

Orta yerde şüphesiz bilimsel teorilerin soyut bir gelişimi var. Ancak,

---

18. E. Schrödinger, "Are there Quantum Jumps?", *The British Journal for the Philosophy of Science*, c. III (1952), s. 109-10; bu metin P.W. Bridgmann tarafından *Determinism and Freedom in the Age of Modern Science* nşr. S. Hook (New York: New York University Press. 1958) katkısı sırasında izinsiz olarak aktarılmıştır.

bilimin gelişimi için kritik değeri olan kavramsal keşiflerin hepsi bu türden olmamıştır. Zamanın yeniden keşfinin hem bilimin kendi iç tarihinde hem de bilimin bugün bulunduğu sosyal bağlamda kökleri vardır. Kararsız temel parçacıklar yahut devamlı genişleyen kâinat gibi keşifler, açık ki bilimin kendi tarihine aittir, ama denge-dışı (*nonequilibrum*) durumlara, gittikçe değişen sistemlere duyulan genel ilgi, insanlığın bir bütün olarak artık bir geçiş devresinde olduğu şeklindeki hissimizi yansıtıyor olabilir. Beşinci ve altıncı bölümlerde anlatacağımız çoğu gelişmeler, örneğin assilasyonlu kimyasal reaksiyonlardaki gelişmeler, aslında yıllar önce keşfedilebilirdi, ama bu tür denge-dışı problemler üzerinde çalışmak o zamanların kültürel ve ideolojik bağlamında bastırılmıştı.

Kültürel birikime böylesine duyarlı olunabileceğini ifade etmenin geleneksel bilim anlayışına ters düştüğünün farkındayız. Geleneksel anlayışa göre bilim kendini modası geçmiş tabiat anlayış biçimlerinden kurtararak gelişir; mantık "inzivası" denebilecek bir tür süreçle kendini saflaştırır. Fakat bu yaklaşım sonuçta, bilimin günlük meşgalelerden uzakta, münzevi yaşayan topluluklarca yapılması gerektiği düşüncesine kapı açıyor. Buna göre, ideal bilim adamı toplumun baskılarından, ihtiyaçlarından ve isteklerinden korunmalıdır. Bilimsel ilerleme bilim adamının kendi mesleği dışında katılacağı, kültürel, sosyal, yahut ekonomik meşguliyetler gibi herhangi bir "dış" etkenin bozamayacağı, geciktiremeyeceği türden bir otonom süreç olmak zorundadır.

Bu soyutlanma, yani bilim adamının toplumdan uzak tutulması ideali, yine başka bir idealde taraftar bulur ki, o da "gerçek" bir araştırmacının çalışma disiplini, yani kendini dünyevî gelişi-güzelliklerinden sakınma arzusudur. Einstein, Allah'ın "Bilim Tapınağı"ndan meleklerine kovduracağı "işe yaramazları"n —bu ifadenin ne açıdan seçildiği belirtilmemiş— dışında kalacak bilim adamı tipini tanımlamıştır. Ve bunlar genelde,

> ..... oldukça garip, iletişimsiz, yalnız insanlardır, öyle ki yine de tüm bu ortak özelliklerine rağmen, birbirlerine kovulanlardan çok daha az benzerler.
>
> Onları Tapınağa lâyık kılan nedir? ... İnsanları sanata ve bilime iten en güçlü şevk kaynaklarından biri tüm sancılı zorlamasına ve can yakıcı

> korkunçluğuna rağmen gündelik hayattan ve kişinin kendi gelişi-güzel arzularının zincirlerinden sıyrılmasıdır. Daha da duyarlı bir kişi, kişisel varlığından uzaklaşıp, objektif gözlem ve anlama dünyasına girer. Bu şevk, bir şehirliyi dayanılmaz bir şekilde kendi gürültülü ve dar çevresinden uzaklaştırıp gözün durgun ve pak havada özgürce etrafı tarayıp sanki sonsuzluk için yapılmış ağırbaşlı uzak ufukları süzdüğü, sessiz yüksek dağlara götüren özlemine benzetilebilir.
> Bu negatif şevkin yanında bir de pozitifi vardır. İnsan kendisi için, her halûkârda kendisine uygun olabilecek, basitleştirilmiş ve berrak bir dünya imajı (*Bild der Welt*) oluşturmak ve böylece deneyimler dünyasına bir ölçüde onun yerine bu imajı koyarak hakim olmak ister.[19]

Bir yanda bilimin ulaşmaya çalıştığı bu inziva duruluğu, diğer yanda Einstein'ın baskısını böylesine yakından hissettiği gündelik hayat kargaşası arasındaki bağdaşmazlık bir başka bağdaşmazlıkla —fakat bu açıkça Manichean—, bilim ve toplum arasındaki, veyahut daha doğru ifadeyle özgür insan düşüncesi ile siyasî güç arasındaki bağdaşmazlıkla pekiştiriliyor gibi. Ki bu defa, araştırmanın yeri izole bir toplulukta ya da bir tapınakta değil, aksine Durrenmatt'ın *Physicists* oyununda tasarladığı gibi düşmanla kuşatılı bir kalede, yahut bir tımarhanede yürütülmesi gerekir.[20] Bu oyunda üç fizikçi, fiziği ilerletmenin yollarını ve vasıtalarını tartışırken, aynı zamanda da siyasî güçlerin bu gelişmenin ürünlerine hakim olması durumunda ortaya çıkacak korkunç sonuçlardan insanlığı korumanın yollarını ararlar. Sonunda, içlerinden birinin ta başında seçmiş olduğu yolun tek çıkar yol olduğu sonucuna varırlar; ve böylece hepsi deli numarası yapmaya , bir tımarhanede saklanmaya karar verir. Oyunun sonunda, kadere bak ki, bu son sığınağın da bir aldatmaca olduğu anlaşılır. Hastalarını gözetleyen tımarhane müdürü tüm deney sonuçlarını çalar ve dünyayı ele geçirir.

Duerrenmatt'ın oyunu, bilimsel faaliyetin üçüncü bir kavramsal sonucunu ortaya koyar: Bilim, geçekliğin kompleksliğini gizli bir sadeliğe indirgeyerek ilerler. Fizikçi Moebius'un tımarhanede gizlemeye ça-

19. A. Einstein, "Prinzipien der Forschung, Rede zur 60. Geburstag van Max Planck" (1918) in *Mein Weltbild*, Ullstein Verlag 1977, s. 107-10, çev. *Ideas and Opinions* (New York: Crown, 1954), s. 224-27.
20. F. Dürrenmatt, *The Physicists*, (New York: Grove, 1964).

lıştığı şey gravitasyon problemini, temel parçacıkların birleşik alan teorisini ve nihayet mutlak güç kaynağı, Evrensel Keşif Prensibini net bir şekilde çözmüş olduğu gerçeği idi. Doğaldır ki, Duerrenmatt mesajını vurgulamak için konuyu basitleştiriyor, ancak şu da genelde kabul edilir ki, "Bilim Tapınağı"nda da aranan şey aslında kâinatın "formülü"nden başka birşey değil. Bilim adamı, böylece münzevi bir keşiş olarak tanımlanmakla kalmayıp tüm fiziksel olayların evrensel anahtarını elinde tutabilecek potansiyel olarak mutlak bir bilgiyle donatılmış bir tür büyücüye, apayrı bir insana dönüşür. Bu bizi çok daha önceden dile getirdiğimiz bir konuya geri döndürüyor: Evrensel bir anahtar olabilecek türden bir bilgi ancak sade bir kâinatta (özellikle de kompleksliğin temeldeki sadeliğin üzerinde bir perdeden ibaret olduğu klasik bilim kâinatında) varolabilir.

Günümüzün problemlerinden biri de bilimsel topluluğun izolasyonunu haklı kılan ve pekiştiren tutumların üstesinden gelmektir. Bilim ve toplum arasında yeni iletişim kanalları açmalıyız. Bu kitap işte bu niyetle yazılmıştır. Hepimiz insanın kendi tabiî çevresini umulmadık boyutlarda değiştirdiğini biliyoruz. Serge Moscovici'nin ifadesiyle insan "yeni bir tabiat" oluşturuyor.[21] Ancak bu insan-yapısı dünyayı anlamak için, ne tümüyle dış ilgilerin emrinde bir araç, ne de toplumun içinde sorumsuzca büyüyen kanserli bir tümör olacak bir bilime ihtiyacımız var.

İkibin yıl önce Chuang Tsu şunları yazmıştı:

> Gökyüzü nasıl da (hiç durmaksızın) dönüyor. Yeryüzü nasıl da (hiç kıpırdamaksızın) bizi sükûnetle barındırıyor. Acaba Güneş ve Ay kendi yerlerinden memnunlar mı? Tüm bunların üzerinde hükmeden ve onları idare eden biri var mı? Kim onları birbirine bağlar ve tutuşturur? Kim onları hiç itirazsız ve zorlamasız sevk ve idare eder? Yoksa, bir gizli mekanizma mı var ki onlara bu halde olmaktan başka çare bırakmıyor?[22]

21. S. Moscovici, *Essai sur l'histoire humaine de la nature*, Collection Champs (Paris: Flammarion, 1977).
22. Ronan'da, a.y., s. 87, zikredilmiştir.

Öyle sanıyoruz ki, artık yeni bir senteze, yeni bir natüralizme doğru gidiyoruz. Belki de en sonunda deneyci ve niceliksel formülasyonlardan yana olan Batı geleneği ile spontan, kendi kendisini organize eden dünya görüşünü savunan Çinlilerinki gibi, bazı gelenekleri kombine etmeyi başaracağız. Bu önsözün başlarında Jacques Monod'dan bir alıntı yapmıştık. Monod'ın vardığı sonuç şuydu: "Antik ittifak artık yıkıldı; insan artık, kendisinin içinden tesadüfen çıktığı kâinatın sağır kargaşası içinde yalnız olduğunu biliyor."[23] Belki Monod haklıydı... Eski birliktelik çatırdadı. Bizim işimiz de geçmişe ağıt yakmak değil. İşimiz bilimlerin bu olağanüstü çeşitliliğinin tam göbeğinde hepsini birleştirici bir motif yakalamak. Her büyük bilim devri yeni bir tabiat modelini sonuç verdi. Klasik bilimin modeli saatti. Ondokuzuncu yüzyıl (Endüstri Devrimi'nin gerçekleştiği) bilimin modeli gittikçe yavaşlayan bir motordu. Bizim modelimiz ne olacak? Zihnimizdeki modeli, belki en iyi, Yerli *(Indian)* yahut pre-Columbian sanattan günümüze kadar ki heykel sanatını referans alarak açıklayabiliriz. Heykel sanatının en güzel örneklerinde —ister danseden Şiva ister Guerrero'nun minyatür tapınakları— çok açık bir şekilde durgunluk ve hareketin yani donmuş zaman ile akan zamanın bir kesişimi bulunmaya çalışılmıştır. Sanırız bu çelişiklik bizim çağımızın benzersizliğini ifade eder.

23. Monod, a.y., s. 180.

BİRİNCİ KİTAP

Evrenselliğin Yanılgısı

1

Aklın Zaferi

YENİ MUSA

Tabiat ve tabiat kanunları gece karanlığında saklı duruyordu: Allah, Newton olsun! dedi ve her yer ışık oldu.
Alexander Pope

Pope'un kullandığı bu dramatik ifadede aslında garipsenecek bir şey yoktur. Ondokuzuncu yüzyıl İngiltere'sinin gözünde, Newton "kanunlar silsilesini" getiren "Yeni Musa" idi. Şairler, mimarlar, heykeltraşlar biraraya gelip anıtlar tasarladılar; tüm bir ulus bu eşsiz olayı kutlamak için başbaşa verdi: Bir insan tabiatın konuştuğu —ve boyun eğdiği— dili keşfetmişti.

Tabiat çok direndi, ama onun keskin zekâsına teslim oldu.
Ve gururla tüm sırlı yollarını gösterdi ona;
Karşısında matematik olunca savunmasızdı.
Ve içini döktü tüm deneysel sonuçlarla.[1]

1. J. T. Desaguliers, "The Newtonian System of the World, The Best Model of Government: an Allegorical Poem", 1728, in H. N. Fairchild, *Religious Trends in English Poetry*, c. I (New York: Columbia University Press, 1939), s. 357'de zikredilmiştir.

Ahlâk ve siyaset bilimi, tartışmalarını "temellendirmek" üzere Newton olayına dikkat çekiyordu. Öyle ki, Desaguliers yeni tabiat düzeninin ifade ettiği anlamdan bir siyasî ders de çıkarır: Anayasal bir monarşi olası en iyi hükümet sistemidir. Çünkü kral da böylece tıpkı Güneş gibi, kendi gücünü sınırlayan bir sisteme sahip olmuş olur.

> *Tıpkı herşeyi görüp gözeten vezirler gibi*
> *Altı dünya dönüyor, Tahtı etrafında mistik bir dansla.*
> *Onların hareketlerini sapa yollardan alıkoyuyor*
> *Ve yörüngelerini eğiyor çekim gücüyle;*
> *Kanunlarla sınırlı Gücü yine de özgür bırakır Onları*
> *Yönlendirir, fakat almaz, özgürlüklerini;*[2]

Newton, Her ne kadar ahlâk bilimleri alanına el atmamışsa da, *Principia*'da ortaya koyduğu kanunların evrensel karakteri konusunda tereddütsüzdü. Tabiat, "kendi içinde oldukça uyumlu ve rahat" diye vurguluyordu *Opticks*'in ünlü 31. sorusunda ve bu kesin ve kısa hüküm büyük bir iddiayı saklıyordu içinde: yanma, çürüme, ısı, kohezyon, manyetizm vs. ... hem yıldızların, hem de serbestçe düşen cisimlerin hareketlerine hakim olan bu aktif kuvvetlerce —yani, çekim kuvvetleri ve itici kuvvetler— üretilemeyecek hiçbir tabii süreç yoktur.

Daha sağlığında bile ulusal kahraman olmuş Newton, yaklaşık bir yüzyıl sonra, büyük ölçüde Laplace'ın nüfuzuyla, Avrupa'da bilimsel devrimin sembolü oluverdi. Astronomlar herşeyine matematiğin hükmettiği bir uzay çizdiler. Newtoncu sistem tüm engelleri başarıyla aştı. Dahası, görünürdeki bazı sapmalardan yola çıkarak daha önceden bilinmeyen bir gezegenin varlığını hesaplamaya yarayan bir matematiksel metoda kapı açtı. Neptün gezegeninin varlığının tahmini Newton'cu anlayışta saklı eşsiz gücün bir tür takdisi oldu.

Ondokuzuncu yüzyılın şafağında Newton adı kusursuzluk ifade eden herşeyi simgeler oldu. Ancak Newtoncu metod çelişkili yorumlardan başını kurtaramadı. Kimileri, Newtoncu metodu matematiksel olarak ifade edilebilir niceliksel deneylerin taslağı olarak gördü. Bunlara göre, kimya, Newton'unu Lavoisier'de bulmuştu,

2. Ibid., s. 358.

çünkü o da denge kanunlarını sistematikleştirmişti. Ve bu aslında kitlenin korunumunu mihenk taşı yapan niceliksel kimyanın tanımlanmasında önemli bir adımdı. Diğerlerine göre ise, Newton'un stratejisi, önce belli bir merkezî, özgül olguyu izole edip sonra bunu kullanarak belli bir takım olaylarla ilgili ileri çıkarımlar yapmaktan ibaretti. Bu bakış açısıyla, Newton'un dehası onun pragmatizminde saklıydı. Örneğin, gravitasyonu açıklamaya kalkmamış; onu bir olgu olarak ele almıştı. Buna göre her disiplin açıklanmamış belli bir merkezî gerçeği hareket noktası olarak ele almalıydı. Hekimler de, böylece, Newton'un kendilerine vitalist yaklaşımı yeniden ele alma ve "vital kuvvet"ten *nev-i şahsına münhasır (sui generis)* birşeymiş gibi sözetme hakkı verdiğini düşündüler. Zaten ancak "vital kuvvet" bir birim olarak kullanıldığında canlı fenomenlerin tanımı, beklenilen sistematik tutarlılığı kazanıyordu. Bu kimyada kendine özgü bir kimyasal etkileşim kuvveti olarak ele alınan affiniteye verilen rolün aynısıydı.

Kimi "gerçek Newtoncular" ise bu kuvvetler enflasyonuna karşı çıkıp gravitasyonun açıklayıcı gücünün evrenselliğini vurguladılar. Ama artık çok geç kalınmıştı. *Newtoncu* kelimesi, artık kanunlar sistemiyle, dengelerle ilgili herşeye, hatta bir tarafta tabiat düzeninin, diğer tarafta ahlâkî, sosyal ve siyasal düzenin kapsamlı bir uyumla ifade edilebildiği her duruma uygulanıyordu. Dahası, romantik filozoflar Newtoncu kâinatta tabiat kuvvetleriyle canlanmış bir sihirli dünya keşfettiler. Daha "tutucu" (orthodox) fizikçilerse bu kâinatta matematikle idare edilen bir mekanik dünya gördü. Pozitivistler içinse, bu, bilimin gerçek tanımıyla özdeşleştirilmesi gerekli bir usûlün, bir reçetenin başarısı demekti.[3]

Geriye bir edebiyat kalmıştı, ağır basan bir Newton edebiyatı: Yıldızlar topluluğuna hükmeden ahenk, kimyasal bileşiklerin "sosyal ha-

3. Gerd Buchdahl Newtoncu modelin kültürel etkilerinin bu muphemliğini hem empirik *(Opticks)* hem de sistematik *(Principia)* boyutlarıyla *The Image of Newton and Locke in the Age of Reason*'da (Newman History and Philosohy of Science Series Londra: Shedd & Ward, 1961) belirtmiştir.

yatını" oluşturan cazibeler ve geçimsizlikler, insan topluluğuna uyarlanabilecek süreçlermiş gibi gözükür. Öyle ki, bu dönemin Klasik Bilimin Altın Çağı gibi görülmesine şaşılmamalıdır.

Bugün Newtoncu bilimin hâlâ kendine özgü bir yeri vardır. Getirdiği kimi temel kavramlar bilimin geçirdiği tüm mutasyonları başarıyla atlatmış köklü karakterleri temsil eder. Ancak, bugün Klasik Bilimin Altın Çağı çok gerilerde kaldı; ve beraberinde, Newtoncu mantığın —hatta çeşitli çelişkili yorumlarıyla birlikte— tabiatlarla diyaloğumuzun uygun bir temeli olduğu kanaati de.

Bu kitabın temel bir konusu da Newtonculuğun zaferi, yani, hiç durmaksızın Newtoncu düşünceyi ta günümüze kadar taşıyan yeni buluş alanlarının açılmasıdır. Bu konuda ayrıca bu zafer etrafında beliren şüpheler ve kavgalar anlatılıyor. Newtoncu mantığın sınırlarını bugün daha açık seçik görmeye başladık. Artık daha tutarlı bir bilim ve bir tabiat anlayışı beliriyor gibi. Bu yeni anlayış yeni bir bilgi ve kültür birliğine giden yolu açıyor.

İNSANSIZLAŞTIRILMIŞ BİR DÜNYA

"... Allah, bizi tek bir görüşten ve Newton'un uykusundan korusun!"
William Blake, Thomas Butts'a yazdığı, 22 Kasım 1802 tarihli mektuptan.

Aşağıya, Newtoncu bilimin kültürel konumunun belirsizliğini çok güzel bir şekilde belirtmesi açısından bilim ve kültür ilişkisi üzerine yapılmış bir UNESCO kollokyumunun takdim konuşmasını alıyoruz:

> Bir yüzyılı aşkın bir süredir bilimsel aktivite sektörü kendini çevreleyen kültürel atmosferde öylesine boyutlarda büyüyor ki, kültürün tümünü ortadan kaldırıp yerine kendisi yerleşiyor gibi. Kimileri bunun sadece bilimin yüksek büyüme hızından kaynaklanan bir yanılgı olduğunu ve bu kültürün kendi etki çizgilerinin ikisi arasındaki sınırı tekrar çizeceğini ve bilimi tekrar insanın hizmetine geri getireceğine inanıyor. Kimileri de bilimin son zaferininn ona en sonunda tüm kültüre hükmetme hakkı verdiğini, öyle ki, kültürün, sadece bilimsel aygıtlar-

> la aktarıldığı için bilinmeye devam edebileceğini düşünüyor. Yine bilimin kontrolü altına girmesi halinde insan ve toplumu bekleyen tehlikeyle dehşete düşmüş başka birileri de ufukta gözüken kültürel felaketin boyutlarını görüyorlar.[4]

Bu ifadede bilim, kültürün bedeni içinde bir kanser gibi, —bir kanser ki büyümesi ile tüm kültürel hayatı yok edecek— görülüyor. Mesele, bilime hakim olup gelişimini kontrol altına alabilecek miyiz, yoksa onun hükmü altına mı gireceğiz? Sadece yüzelli yıl içinde, bilim Batı kültürünün ilham kaynağı olma konumundan, bir tehdit unsuru olma konumuna düştü. Sadece, insanın maddî varlığını tehdit etmekle kalmıyor, aynı zamanda, ama daha derinden, kültürel hayatımıza en derinlenmesine köksalmış gelenekleri ve deneyimleri yoketme tehdidi taşıyor. Artık suçlanan sadece şu ya da bu bilimsel buluşun teknolojik sakarlığı değil "bilim ruhunun" kendisi.

Bu suçlama, ister bilimsel kültürden bulaşan global şüpheciliğe, ister bilimsel teorilerle varılan özel *(specific)* varsayımlara yönelik olsun, artık bilimin dünyamızı yozlaştırıyor olduğu daha sık telaffuz ediliyor. Kuşaklar boyu zevk ve hayret kaynağı olmuş bir şey artık dokunduğu her şeyi solduruyor. Neye dokunsa insansızlaştırıyor.

Gariptir ki, bilimsel ilerlemenin büyütüp yeşerttiği sıradanlaştırma fikrine sadece bilimi eleştirenler değil, bilimi savunan yahut yüceltenler de ilgi duyuyor. Öyle ki, tarihçi C. C. Gillispile *The Edge of Objectivity* adlı kitabında bilimi eleştiren ve "objektifliğin keskin ucunu" törpülemeye çalışanlara duyduğu sempatiyi ifade eder:

> Aslında, subjektif tabiat yaklaşımlarını yenileme çabalarının öyküsü acıklıdır. Bilimin gelip geçtiği yol üzerinde sayısız subjektif yaklaşımın yıkıntıları oraya buraya dağılmış haldedir, ancak Lysenkoizm ve antroposofi gibi birkaçı, tabiatın sosyalize yahut moralize edildiği garip köşelerde yaşama şansı bulmuş gibidir. Bu tek tük yaşama şansları da, Batı insanının, mutlaka kazanmak için başlattığı bir karakteristik ve başarılı kampanyanın sonuçlarından sakınmak için yapılan sürekli çabaların kalıntılarıdır. Böylece, romantik natürel felsefe kaçınılmaz olanla yüzyüze kalmış her çabada olduğu gibi, ümitsizlikten kahramanlığa kadar

4. *La Science et la diversité des cultures*. (Paris: Unesco, Puf; 1974), s. 15-16.

> her türlü duygu durumuna yol açtı. En basit şekliyle, duygusal yahut kaba bir akıl düşmanlığı yaptı. En asil şekliyle de, Diderot'nun natüralist ve moralize bilimine, Goethe'nin kişileştirilmiş tabiatına, Wordworth'un şiirselliğine ve nihayet, Alfred North Whitehead'in yahut niteliksel ve estetik tabiat yaklaşımımıza bilimde yer bulabilmiş başka herbangi birinin felsefesine ilham kaynağı oldu. Gül goncalarının botaniğini ve günbatımlarının meteorolojisini çalışanların bilimi oldu.[5]

Böylece bilim trajik, metafizik bir seçim yapmakla başbaşa bırakır. İnsanoğlu, tabiatta insanî değer yargılarının bir garantisini yahut canlılar arasında köklü bir birlikteliğin işaretlerini arayan güven verici, fakat irrasyonel eğilimi ile, kendisini sessiz bir dünyaya kapatan bir rasyonelliğe sadık kalmak arasında bir seçim yapmak zorunda.

Bir başka motif —hükmetme— sıradanlaştırma motifiyle birlikte yankılanıyor. Sıradanlaştırılmış bir dünya, aynı zamanda hükmedilmeye ve kullanılmaya açık bir dünyadır. Dünyayı, onun tüm çeşitliliğini bir takım genel kanunların monoton işleyişine indirgeyen bir evrensel teorik plana göre idare ediliyormuş gibi gören her bilim, dolayısıyla bir hükmetme aracı haline dönüşür. Böylece, dünyaya yabancı olan insan, kendini bir anda onun efendisi görmeye başlar.

Bu sıradanlaştırma, son birkaç onyılda çeşitli biçimler aldı. Değişik türdeki antibilimci akımları sistematik olarak çalışmak bu kitabın konusu dışındadır. III. Bölümde Newtoncu mantığın bu şaşırtıcı zaferine karşı gelişmiş daha olgun Batı düşüncesi reaksiyonları sunacağız. Fakat burada, popüler tabiat yaklaşımlarının şimdilerde oldukça yaygın, fakat bize göre, hatalı olan bir inanca, bilim ve "natüralizm" arasında temelli bir karşıtlık olduğu inancına doğru kaydığını not etmiş oldum. Son yıllardaki antibilimci eleştiri biçimlerinden en azından bazılarını göstermek üzere üç örnek seçtik. Öncelikle, felsefesiyle çağdaş düşünce üzerinde derin bir iz bırakmış Heidegger'e bakacağız. Daha sonra da Arthur Koestler'in ve büyük bilim tarihçisi Alexander Koyré'nin getirdikleri eleştirilere döneceğiz.

---

5. C. C. Gillispie, *The Edge of Objectivity* (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1970), s. 199-200.

Martin Heidegger eleştirisini, bilimsel çabanın temelde tabiata hükmetmeyle ilişkili gördüğü, özüne yöneltir. Dolayısıyla Heidegger bilimsel mantığın, eski Yunan'dan bu yana üstü kapalı olarak varolagelmiş birşeyin, yani her tür mantıksal tartışmada yahut çabada izi olan hükmetme isteğinin, tüm pozitif ve iletilebilir bilgide saklı kalmış bir saldırganlığın nihaî başarısı olduğunu ileri sürer. Heidegger, kâinatın ve insanın çalışmasının genel kalıplarını belirleyen, kendisinin teknolojik ve bilimsel "kalıplaşma" (*Gestell*)[6] dediği şeyi hatırlatır.

Dolayısıyla Heidegger, herhangi bir özel teknolojik ya da bilimsel ürünün ya da sürecin ayrıntılı analizini vermez. Onun karşı çıktığı şey teknolojinin özü olan, herbirşeyin *hesaba katılması* şeklidir. Her teori Batı tarihini oluşturan master planın zihinlere aşılanmasının bir parçasıdır. Bilimsel 'teori' dediğimiz şey, Heidegger'e göre, eşyayı boyunduruk altına alan bir tür sorgulama tarzıdır. Bilim adamı da tıpkı teknolog gibi bilgi susuzluğu diye kamufle edilmiş iktidar gücünün elinde bir oyuncaktır; eşyaya yaklaşımıyla, eşyayı sistematik bir saldırganlığın önüne iter.

> Modern fizik deneysel fizik değildir. Çünkü deneysel araçları tabiatı sorgulamada kullanır. Oysa doğru olan tersidir. Çünkü fizik, zaten salt bir teori olarak, tabiatın kendini kestirilebilir kuvvetler cinsinden göstermesini ister, deneylerini yalnızca tabiatın, bilimin önceden tanımladığı şemaya uyup uymadığını ve nasıl uyduğunu sormak üzere düzenler.[7]

Benzer şekilde, Heidegger, endüstriyel kirliliğin, meselâ Ren nehrinde, tüm hayvan hayatını yokedişi gerçeği ile de ilgilenmez. Onu ilgilendiren nehrin insanlığın hizmetine verilmiş olmasıydı.

> Ren'in akısıntısına karşı hidro-elektrik setler kuruldu. Böylece Ren'in hidrolik basıncı depolanıp türbinler döndürülüyor...Ren'e kurulan hidroelektrik santral, yüzyıllardır her iki yakayı birleştiren eski köprüden farklıdır. Tam tersi nehir böylece bir güç santraline dönüştü. Nehir artık, açıkça, bir su kaynağı, bir güç istasyonunun başlangıç noktası olmuştur.[8]

---

6. M. Heidegger, *The Question Concerning Technology* (New York: Harper & Row, 1977), s. 20.
7. Ibid., s. 21.
8. Ibid., s. 16.

Ren Nehri üzerindeki eski köprü iyice test edilmiş bir kabiliyetin, zahmetli ve duyarlı bir gözlemin delilleri değilmiş gibi değerlendirilir, çünkü ırmağı "kullanmaz".

Heidegger'in eleştirileri, pozitif, iletilebilir bilgi idealinin kendisini bir tehdit olarak ele alarak, Giriş'te atıfta bulunduğumuz antibilimci hareketin temalarını anımsatıyor. Fakat bilim ve hükmetme arzusu arasında kopmaz bir bağlantı olduğu fikri günümüzdeki durumla ilgili bilinen bir takım görüşlere de sızıyor. Örneğin, Gunther Stent, oldukça iddialı "Altın Çağın Gelişi"[9] başlığı altında, bilimin artık kendi sınırlarına gelip dayandığını ileri sürer. Artık girdilerimizin iyice azaldığı bir noktaya geliyoruz, öyle ki eşyaya onları idare etmek için yönelttiğimiz sorular giderek daha da karmaşıklaşıyor ve kârdan düşüyor. Bu durum ilerlemenin sonunu işaretler ama, aynı zamanda, insanlığın çılgınca uğraşısını durdurması, tabiata karşı yürüttüğü asırlık mücadelesine son vermesi, statik ve rahat bir barışı kabul etmesi için bir fırsattır da. Biz nesne hakkındaki bilimsel bilgi ile o nesneye hükmetme olasılığı arasındaki göreceli ayırımın, bilimin sonunu işaretlemek şöyle dursun, yeni bir takım perspektiflerin ve problemlerin doğuşunu haber verdiğini göstermek istiyoruz. Yaşadığımız dünya bilimsel olarak henüz kavranmaya başlıyor. Ancak, potansiyel olarak bir bu kadar daha zararlı olduğunu düşündüğümüz bir başka bilim fikri daha var ki, sıradan fanilerin anlayamayacağı türden çıkarsamalarla yürüyen bu büyüleyici bilim, tuzağına düşürdüğü kişinin zaman, mekân, nedensellik, zihin, madde gibi temel kavramlarını tümüyle sarsacak sonuçlara varıyor. Vardığı sonuçlarla herhangi bir geleneksel kavramlaşmanın temellerini yıkabileceği hayal edilen bu tür "esrarlı bilim" gerçekten ardarda gelen relativite ve kuantum mekaniği "vahiyleri"yle beslenegeldi. Geçmişte, meselâ Einstein'ın gravitasyonu uzayın eğilmesi olarak yorumlaması, ya da Dirac'ın antipartikülleri gibi hayal gücüne dayanan bazı adımların görünürde köklü kimi kavramları yıktığı kesinlikle doğrudur. Buna göre bilimin her an yepyeni bir şey çıkaracağına hazır olmakla, ayakları

9. "The Coming of the Golden Age", *Paradoxes of Progress* (San Francisco: Freeman & Company. 1978).

yere değmiş bir tür bilim arasında hassas bir denge olmalıdır. Şimdilerde bu denge, ister basın medyasında hatta ister bilimin kendisinde, özellikle de kozmologlar arasında olsun kuvvetle mistisizmin yeniden canlanmasına doğru kayıyor.[10] Bazı fizikçiler ve bilim yazarlarınca parapsikoloji ve kuantum fiziği arasında esrarengiz bir ilişki olduğu bile öne sürülebiliyor. Burada Koestler'i dinleyelim:

> Fizikteki tüm Nobel ödüllülerin ağzından maddenin öldüğü, nedenselliğin öldüğü, determinizmin öldüğü haberlerini duyageldik. Öyleyse bırakın hepsi için elektronik müziğin rekuyemleri arasında kibar bir cenaze töreni düzenleyelim. Artık yirminci yüzyıl postmekanistik bilîminden ders çıkarmanın ve ondokuzuncu yüzyıl materyalizminin felsefî bakış açımıza giydirdiği deli gömleğini üzerimizden atmanın zamanı geldi. Gariptir ki, bu bakış açısı, modern bilimin, bir yüzyıl gerisinde değil de, onunla çağdaş olmuş olsaydı, bu deli gömleğini çok daha önce üzerimizden atmış olacaktık... Fakat, bunun farkına varır varmaz, ağırlığımızı tek yanlı olarak fizik bilimine vermemiz yüzünden görmediğimiz çevremizdeki olaylara daha duyarlı olacağız; nedensellik anıtının çatlakları arasından esip geçen rüzgârları duyabileceğiz; birliktelik içinde yürüyen olaylara daha çok dikkat edeceğiz; paranormal olayları da normalite kavramımız içine sokacağız; ve "Körler Ülkesi"nde yaşıyor olduğumuzu farkedeceğiz.[11]

Biz peşin bir hüküm vermek ya da kınamak niyetinde değiliz. Bugün duyduğumuz pek fantastik önerilerin kiminde bazı yeni bilgi tohumları saklı olabilir. Bununla beraber, hayal ötesi sıçramaların dünyamızın somut karmaşasından oldukça ilkele kaçan birer kaçma yolları olduğuna inanıyoruz. "Körler Ülkesi"nden bir günde çıkıvereceğimize inanmıyoruz, çünkü kavramsal körlük toplumumuzun içinden çıkamadığı problemlerin ve çelişkilerin ana sebebi değildir.

Bir takım bilimsel eleştirilere yahut saptırmalara ters düşmemiz de, tüm eleştirileri reddetmek istediğimiz anlamına gelmez, tabiî. Misal olarak, modern bilimin gelişiminin anlaşılmasına büyük katkılarda bulunan Alexander Koyré'nin konumunu ele alalım. Newtoncu

10. Meselâ, bak. P. Davies, *Other Worlds* (Toronto: J. M. Dent & Sons, 1980).
11. A. Koestler, *The Roots of Coincidence* (London: Hutchinson, 1972), s. 138-39.

sentezin anlamı ve varsayımları üzerine yaptığı çalışmada şöyle yazar Koyré:

> Yine de Newton'u —ya da daha doğru ifadeyle yalnızca Newton'u değil, genel olarak modern bilimi— hâlâ sorumlu tutacağımız birşey var: Dünyamızın ikiye bölünmesi. Ben hep modern bilimin gökyüzünü ve yeryüzünü birbirinden ayıran setleri yıktığını ve kâinatı tekleştirdiğini ve birleştirdiğini söyleyip durdum ve işin aslı da budur. Fakat bunu yine söylediğim gibi, nitelikler ve duygular, yaşadığımız ve sevdiğimiz ve öldüğümüz dünya yerine başka bir dünyayı —nicelikler dünyasını, içinde herşeye yer verdiği halde, insana ayıracak hiç yeri olmayan bir dünyayı— koyarak yaptı. Böylece bilimin açıklamadığı —hatta "subjektif" diyerek çözümlemeye niyetli olmadığı— yaşayan dünyadan uzaklaştı ve tamamiyle ayrıldı.
>
> Doğrusu, bu dünyalar hergün —hatta gittikçe daha da sıklaşarak— pratikte birbirine yaklaşıyor. Ancak teoriye gelince derin bir uçurumda ayrılmışlardır.
>
> İki dünya demek iki gerçek demektir. Ya da hiçbir gerçek demektir. Bu, "kâinat bilmecesini çözmüş" fakat onun yerine başka bir bilmeceyi, yani kendi bilmecesini koymakla yetinmiş modern aklın trajedisidir.[12]

Ancak Koyré'nin vardığı sonuçlarda da Pascal'ın ve Monod'un ifade ettiği aynı temanın —trajik yabancılaşma duygusunun— yankılandığını görüyoruz. Koyré'nin eleştirileri bilimsel düşünceyi değil Newtoncu bakış açısına dayalı klasik bilimi hedefliyor. Bundan böyle insanı sıradanlaştırılmış bir dünyada bir yabancıya indirgeyen bir bilim ve antibilimci irrasyonel protestolar arasında bir seçim yapma ikilemine mahkûm değiliz. Koyre'nin eleştirisi, "deli gömleği" rasyonelliğinden değil sadece klasik bilimin yaşadığımız dünyanın bazı temel yanlarını anlama yeteneksizliğinden yakınmaktır.

Bizim bu kitaptaki tutumumuz ise Koyré'nin tanımladığı bilimin artık bizim bilimimiz olmaktan çıktığı şeklindedir. Bugün yeni hayal ötesi objelerle ilgilenmemizin nedeni, sihire mantıktan daha yakın olmamız değil, bilim adamları olarak en çok alışık olduğumuz dünyayı,

12. A. Koyré, *Newtonian Studies* (Chicago: University of Chicago Press, 1968), s. 23-24.

canlı yaratıkların ve toplulukların geliştiği tabiat dünyasını oluşturan kompleks süreçlere giden yolu bulmaya başlamış olmamızdır. Aslında Koyré'nin tanımladığı "nicelikler" dünyası'ndan öteye, "nitelikler" dünyasına ve dolayısıyla "Oluş" (*becoming*) dünyasına geçmeye başladık. Bu kitap I ve II'nin ana konusu olacaktır. Bilim tarihinin şimdiki anını böylesine heyecanlı yapan şeyin de kesinlikle bu yeni tanıma geçmemiz olduğuna inanıyoruz. Bunun yeni bir tabiat görüşünün doğduğu, Yunan atomistlerinin devrine yahut Rönesansa benzediğini söylemek herhalde abartı olmaz. Fakat, ondan önce insanlık tarihinin kesinlikle büyük anlarından biri olmuş bir devrime, Newtoncu bilime dönelim.

NEWTONCU SENTEZ

Newton'un çağdaşlarını böylesine heyecanlandıran ve onları kâinatın sırrının, tabiatın gerçekliğinin nihayet çözüldüğüne böylesine inandıran yatan neydi? Muhtemelen insanlığın ta başlangıcından bu yana varolagelmiş birkaç ayrı düşünce çizgisi Newton'un sentezinde buluşmuştu: en başta, bilim, çevremize hükmetme tarzı haline gelmişti. Newtoncu bilim aslında bir *aktif* bilimdir; kaynaklarından birini Ortaçağ zanaatkârlarının bilgisi, makina icatçılarının bilgisini oluşturur. Bu bilim, dünyaya sistematik olarak hükmetmenin, tabiî süreçlerin seyrini tahmin etme ve yönlendirmenin, tabiatın güçlerini ve maddî kaynaklarını elde etmenin ve harcamanın yollarını gösterir.

Bu anlamda, modern bilim, insanın yüzyıllardır içinde yaşadığı dünyayı kendine göre düzenleme ve kullanma çabasının bir devamıydı. Bu çabanın ilk safhaları hakkında bilgilerimiz çok çok azdır. Ancak, geriye bakarak, insanın kendi tabiî ve sosyal çevresini tabiatı kullanacak ve kendi topluluğunu organize edecek yeni tekniklerle yavaş yavaş düzenlemeye başladığı "Neolitik Devrim"in gerçekleşmesi için gerekli bilgi ve yetenekleri tesbit etmek mümkün. Hâlâ —ya da tâ son zamanlara kadar— Neolitik teknikleri, meselâ seçilmiş ya da seçilimle üretilmiş hayvan ve bitki türleri, dokumacılık, çömlekçilik, metal işleri kullanıyoruz. Sosyal organizasyonumuz uzun bir süre, Neolitik site-devletlerinin hiyerarşik olarak farklılaşan ve yapılanan sosyal grupları or-

ganize etmek için gerekli benzer yazı, geometri ve aritmetik tekniklerine dayalı kaldı. Bu yüzden Neolitik tekniklerle bilimsel ve endüstriyel devrimler arasındaki sürekliliği dile getirmeden geçemiyoruz.[13]

Modern bilim bu anlamda bu antik çabayı şiddetlendirerek ve ritmini sürekli artırarak geniş boyutlara taşımıştır. Ne ki bu, bilimin Newtoncu sentezin sağladığı bağlamdaki anlamını önemsizleştirmez.

Belli bir toplulukta kullanılan çeşitli tekniklere ek olarak insanın tabiattaki yerini arayan bir takım inançlara ve mitlere de rastlarız. Mitoslar ve kozmolojiler gibi; bilimin de amacı kâinatin tabiatını, nasıl organize edildiğini ve insanın kâinattaki yerini *anlamak*tır.

Konumumuz itibariyle, Sokrat-öncesi ilk spekülasyonların Hesiodik yaratılış efsanesinden —yani Gökyüzü ve Yeryüzünün başta birbirinden ayrılması, Erosun arzular uyandırması ilk kuşak tanrıların doğuşu ve ayrı ayrı kozmik güçleri oluşturmaları, kavga ve mücadelelerin başlaması, ardarda gelen kanlı savaşlar ve kan davaları ve nihayet herşeyin Adalet'in hükmü altında sukûnete kavuşması— uyarlanmış gibi görülmesi konu dışıdır. Önemli olan şu ki, Sokrat öncesi düşünürler, birkaç kuşak boyunca, bizim hâlâ varlık (*being*) ve oluş (*becoming*) arasındaki ilişkiyi ya da hipotetik olarak farklılaşmamış bir çevreden bir düzenin ortaya çıkışını kavramak için oluşturmaya çalıştığımız bazı kavramları toplamış, tartışmış ve eleştirmişlerdir.

Homojen birşeyin kararsızlığı nereden kaynaklanır? Neden kendi kendine farklılaşır? Eşya neden var olur? Eşya bir adaletsizliğin nazik ve ölümlü sonucu mudur? Yoksa karşılıklı çatışma halindeki güçlerin statik kuvvetler dengesinde bir sapma mıdır? Yoksa eşyayı oluşturan ve işleyen kuvvetler sevgi ve nefret gibi rakip güçlerin doğumu, büyümeyi, gerilemeyi ve dağılmayı sonuç vermesi gibi otonom olarak mı vardır? Değişim bir göz yanılgısı mı, ya da tam tersi eşyayı oluşturan un-

13. "Race and History" makalesinde (*Structural Antropology* II, New York: Basic Books, 1976), Claude Lévi-Strauss Neolitik ve Endüstriyel Devrimlere yol açan şartları tartışır. Zincirleme reaksiyonları ve katalizi (eşik ve amplifikasyon olgularıyla karakterize bir kinetikle seyreden bir süreç) içeren modeliyle bizim Bölüm VI'da tartıştığımız kararlılık (*stability*) ve çalkantı (*fluctuation*) problemleri arası bir afiniteyi ve ayrıca antropolojideki "yapısal yaklaşım"ın bazı temalarını tasdik eder.

surlar arasında hiç yatışmaz bir çarpışma mıdır? Niteliksel değişim bir boşluk içinde harekete, sadece şekilde farklı atomların hareketine indirgenebilir mi, yoksa atomların kendileri nitelik olarak tamamıyla birbirinden ayrı cevherlerden mi oluşuyor? Ve son olarak kâinatın harmonisi matematiksel midir? Sayılar tabiatın anahtarı mıdır?

Pisagorcuların keşfettiği sesler arası sayısal düzen hâlâ mevcut teorilerimizin bir parçasıdır. Yunanlıların matematiksel şemaları Avrupa tarihindeki ilk soyut düşünce —yani, varsayımları, akıl yürütebilen her insana iletilebilir ve yinelenebilir nitelikte bir düşünce— külliyatını oluşturur. Kanaatlerle, beklentilerle, arzularla etkilenmeyecek derecede bir kesinliği içeren çıkarsamalı bilgiyi ilk defa Yunanlılar başarmıştır.

Yunan düşüncesi ile modern bilimin en önemli ortak yanı, dinî ve mitoscu düşüncenin aksine, eleştirel tartışmaya ve sınamaya verdikleri önemdir.[14]

Iyon sitelerinde ve Magna Graecia kolonilerinde dallanıp budaklanmış bu Sokrat öncesi felsefe hakkında bilinenler çok azdır. Bu yüzden o zamanın teorik ve kozmolojik hipotezleri ile o şehirlerde ortaya çıkmış zenaatler ve teknolojik aktiviteler arasındaki ilişkiler hakkında sadece spekülasyon yapabiliyoruz. Gelenekler düşmanca dinî ve sosyal tepkiler yüzünden felsefecilerin ateizmle suçlandıklarını ve sürüldüklerini ya da ölüm cezasına çarptırıldıklarını söylüyor. Bu ilk "düzene saygı çağları" kavramsal keşiflerin ortaya çıkışında ve, hepsinden önemlisi, büyümesinde sosyal faktörlerin öneminin bir sembolü olarak görülebilir. Modern bilimin başarısını anlamak için aynı zamanda, bu bilimin kurucularının her defasında neden haksızca cezalandırıldıklarını ve neden teorik yaklaşımlarının sosyal beklentilere ve inanışlara daha yatkın ilgi türleri lehine bastırıldığını da açıklamak zorundayız.

14. "Her topluluk içinde, (ona ait) mitler düzeni diyaloğun yolunu keser: grubun mitleri tartışılmaz, tekrarlandıkları düşünüldüğünde transforme edilirler." C. Lévi-Strauss, *L' Homme Nu* (Paris, Plon, 1971), s. 585. Bu yüzden mit söyleminin *(discourse)*, şu ya da bu mit yayıcısının rasyonel biçimde düşünme yeteneksizliğinden çok mit üretiminin pratik şartları nedeniyle eleştirel (bilimsel ve felsefi) diyalogdan ayırdedilmesi gerekir. Eleştirel diyaloğun pratiği kozmolojik söyleme gerçekçiliğin en gözde evrimleştirici ivmesi olduğu iddiasını kazandırmıştır.

Ancak, iş olacağına vardı; Eflatun ve Aristo'dan bu yana sınırlar kondu ve düşünce sosyal olarak kabuledilebilir şekillere sokuldu. Özellikle de *teorik düşünme* ve *teknolojik aktivite* arasındaki ayırım kesinleşti. Bugün kullandığımız kelimeler —makine, mekanik, mühendis— birbirine benzer anlamlara sahiptir. Bu kelimeler bir rasyonel bilgiyi değil, bir tür kurnazlığı ve çıkarcılığı ima ederler. Tabii süreçleri öğrenmekteki amaç, onları daha verimli kullanmak değil, tabiatı aldatmak, onu kendine karşı mekanize etmekti yani eşyaya "tabii düzenin"in haricinde bir takım işler yaptırmak ve ürünler verdirmekti. Pratik manipülasyon ile tabiatın rasyonel olarak anlaşılması alanları böylece katı bir şekilde birbirinden ayrıldı. Bu açıdan, Arşimed tümüyle bir mühendis konumundaydı; ve bu yüzden onun makinelerin dengesiyle ilgili matematik analizleri, en azından geleneksel fizik çerçevesinde, tabiat dünyasına uygulanabilir diye düşünülmiştir. Oysa Newtoncu sentez manipülasyon ve teorik düşünce arasında sistematik bir uyumu ifade eder.

Newtoncu devrimde ifadesini bulmuş bir üçüncü önemli unsur daha vardır. Yıldızlar ve gezegenlerin sakin dünyası ile çevremizdeki değişken, çalkantılı dünya arasında, muhtemelen her birimizin hissettiği belirgin bir zıtlık vardır. Mircea Eliade'ın hatırlattığı gibi, antik medeniyette sıradan alem ve kutsal alem diye bir ayırım, kâinatı tesadüfe ve bozulmaya maruz sıradan dünya ve anlam dolu, gelişi-güzellikten ve tarihten arınmış kutsal dünya diye bölme geleneği vardır. Aristo'nun yıldızlar alemi ve yeryüzü arasındaki ayırımı da bu cümledendi. Bu ayırım Aristo'nun tabiatın niceliksel bir tanımının olup olmayacağı problemini ele alışının mihengini oluşturur. Semavî cisimlerin hareketi bir değişim değil de sonsuza dek aynı kalan bir "kutsî" eylemsizlik olduğuna göre, matematiksel idealizasyonlarla tanımlanabilir. Kaba tabiî süreçlerse ancak tahminî tanımlamaların konusu olabilir.

Her halûkârda bir Aristocu için bir sürecin neden sürdüğünü bilmek, nasıl sürdüğünü tanımlamaktan daha önemlidir, ya da, en azından, bu ikisi birbirinden ayrılamaz. Aristocu düşüncenin ana kaynaklarından biri de, görünürde birbirinden ayrı olmakla birlikte sıkısıkıya kenetli olayların belli bir global planın parçası gibi gözüken bir ana süreçte bir-

leştiği embriyo gelişiminin gözlemiydi. Bütün olarak Aristocu tabiat da, tıpkı gelişmekte olan bir embriyo gibi, nihaî hedeflere göre düzenlenmiştir. Tüm değişimin amacı eşyanın tabiatına uyumlu kalmak şartıyla, her varlığın kendi cevherinin mükemmele ulaşmasıdır. Öyle ki, bu cevher —canlı varlıkların, nihaî, formal ve effektif amaçları aynı zamanda cevherlerdir— tabiatı anlamanın anahtarıdır. Bu bağlamda, "modern bilimin doğumu", yani Aristocular ve Galileo'nin çatışması, iki tür rasyonelliğin çatışmasıdır.[15]

Galileo'ye göre, Aristocuların pek sevgili "neden" sorusu, tabiata yaklaşmanın, en azından bir bilim adamı için, çok tehikeli bir yoluydu. Aristocular ise, diğer taraftan, Galileo'nin yaklaşımını bir tür irrasyonel fanatizm olarak değerlendirmişti.

İşte Newtoncu sistemin gelişiyle yeni bir evrenselliğin zaferi başlıyordu, ve o zamana kadar ayrı gibi gözüken şeyler birleştiriliyordu.

DENEYSEL DİYALOG

Modern bilimin temel unsurlarından birini çok daha önceden vurgulamıştık; teori ve pratiğin izdivacı, yani dünyaya şekil verme arzusuyla onu anlama arzusunun bileşimi. Bunun gerçekleşmesi için, tecrübecilerin (empiricists) inanışının aksine, yalnızca gözlemlenen verilere saygı duymak yetmezdi. Mekanik hareketin tanımlanması da dahil olmak üzere belli bazı noktalarda, empirik verilerle daha kolay uyum sağlayan aslında Aristo fiziği olmuştur. Modern bilimin tabiatla deneysel diyaloğu, pasif gözlemlemeden çok *aktivite*'yi içerir. Bunun için yapılması gereken fiziksel gerçeklikle oynamak, onu teorik tanımlamaya olabildiğince yakından uyum gösterecek "bir şekle sokmak"tır. Çalışılan fenomen fiziksel olarak ulaşılamaz fakat önceden hazırlanmış kavramsal şemaya uyan bir tür *ideal duruma* yaklaşana kadar işlenmeli ve izole edilmelidir.

Örneklerle düşünecek olursak, Arşimed zamanından bu yana bir klasik olagelmiş, üzerinde yapılan hesaplar modern araştırmacılarca

15. Şüphesiz bu, Alexandre Koyré'nin ana temalarından biridir.

tüm basit makineleri kapsayacak şekilde genişletilmiş olan makaralar sisteminin tanımlanmasını ele alalım. Modern yorumların, Aristo fiziğinin ortaya çıkışına sebep olan ve bir anlamda varlık sebebi olan şeyi, yani tipik bir misalle, bir taşın kendisini çekmeye çalışan bir atın çabalarına "direnmesi" ve bu direnişin bir makaralar sistemiyle uygulanacak bir çekişle "üstesinden gelinebileceği" gerçeğini, konu-dışı kaldığı gerekçesiyle dışladığını görmek oldukça şaşırtıcıdır. Galileo'ye göre, tabiat hiçbirşey bağışlamaz, hiçbirşeyi karşılıksız vermez ve asla oyuna gelmez; bir takım kurnazlıklarla, bazı stratejilerle ona fazladan iş yaptırabileceğimizi düşünmek anlamsızdır.[16] Atın makaralı, ya da makarasız ortaya koyacağı iş aynı olduğuna göre, elde edilen etki de aynı *olmalıdır*. Bu yüzden burası, yapısı gereği idealize bir dünyayı referans alan mekanik bir açıklamanın hareket noktası haline gelir. Bu dünyada "yeni" etki —yani, taşın sonunda hareket ettirilebilmesi— ikinci derecede önemlidir; ve taşın direnci sürtünme ve ısınma cinsinden ve yalnızca niteliksel olarak tanımlanabilir. Onun yerine, kesin biçimde tanımlanan şey, bir sebebi, yani atın yaptığı işi, bir denklem ilişkisiyle sonuca, yani taşın hareketine bağlayan ideal durumdur. Bu ideal dünyada, at, *her halûkârda taşı kaydırabilir*. Ve makaralar sisteminin tek işi çekme çabasının iletilme şeklini düzenlemektir. At taşı, taşa bağlı ipi çekerken katettiği yola eşit bir L mesafesi kadar çekmek yerine, *n*'in makara sayısına bağlı olduğu bir *L/n* mesafesi kadar çekmiş olur. Tüm basit makineler gibi, makaralar da hareketi yalnızca ileten, fakat üretemeyen pasif bir aygıttır.

Deneysel diyalog, bu yüzden oldukça spesifik bir işleme karşılık gelir. Tabiat, deneylerle tıpkı bir mahkemedeymiş gibi, önceden belirli *(a priori)* ilkeler adına sorguya çekilir. Tabiatın cevapları son derece titizlikle kaydedilir, fakat bu cevapların tutarlığı deneylere kılavuzluk eden idealizasyonlara başvurularak belirlenir. Bunun dışında kalan, bil-

16. Böylesi bir "saçmalık"ın tanımı yeterince kurnaz bir aletin tabiatı kandırmaya yeteceği şeklindeki asırlık düşünceye karşı gelir. Mühendislerin daha yirminci yüzyıla kadar bir devri-daim makinesi yapmak uğruna harcadıkları çabaları için bak. A. Ord Hume, *Perpetual Motion: The History of an Obsession* (New York: St Martin's Press, 1977).

giden sayılmaz, anlamsız pürüzler ihmal edilebilir, ikincil etkilerden sayılır. Tabiat pekâlâ sözkonusu teorik hipotezi reddediyor da olabilir. Ne ki, hâlâ hipotez, nasıl olursa olsun, tabiatın verdiği cevapların uzantılarının ve anlamlılığının ölçülmesinde standart olarak kullanılmakta. Heidegger'in bilimsel rasyonelliğe getirdiği eleştiride işte bu zorunlu sorgulama şekline gönderme yapar.

Bize göre deneysel metod tümüyle bir *sanattır.* Yani genel kurallara değil, çok özel yeteneklere dayanır. Öyleki pek başarı garantisi yoktur ve insan her defasında belirsizliğin ya da yanlış bir çıkarımın insafına kalır. Sözgelimi, bir tür çıkmaz araştırma sokağına sapıp kalma riskini ortadan kaldıracak hiçbir metodolojik prensip yoktur. Deneysel metod ilginç bir soru seçip teorik çerçevenin bu soruyla ortaya koyduğu olası tüm sonuçları, tabiatın seçilen teorik dilde verebileceği tüm cevapları gözden geçirme sanatıdır. Tabiî olayların onca somut kargaşası arasında kesinlikle eldeki teorinin gerektirdiği sonuçları içerebilecek en olası fenomen seçilmelidir. Sonra bu fenomen kendi çevresinden soyutlanmak ve teorinin yinelenebilir ve iletilebilir bir şekilde denenmesine izin verecek "bir biçime sokulmalıdır."

Bu deneysel işlem her ne kadar, ta başından beri, tecrübecilerce eleştirilmiş, görmezden gelinmiş ve başkalarınca da bir tür zorbalık, tabiatı kendimize göre yontma çabası olduğu gerekçesiyle hedef tahtası seçilmişse de, bilimsel tanımların teorik içeriklerinin geçirdiği tüm değişikliklerden başarıyla sıyrılabilmiş ve en sonunda modern bilimin öngördüğü yeni araştırma metodunu belirlemiştir.

Deneysel metod tümüyle teorik bir analizin aracı haline bile gelebilir. O zaman da, hepsine teorik prensiplerin hükmettiği deneysel şartların tasarımı, yani bu prensiplerin belli şartlar altında vereceği sonuçların genelleştirilmesini sağlayan bir "düşünme deneyi" olur. Bu gibi düşünce deneylerinin Galileo'nin çalışmalarında önemli rolü oldu ve bugün de çağdaş fiziğin kavramsal doruklarının yani relativite ve kuantum mekaniğinin vereceği sonuçların araştırılmasında merkezî işlevleri vardır. Bu tür düşünme deneylerinin en ünlüsü Einstein'ın meşhur trenidir.

Bu tren ışığın *c* hızıyla gittiği bir referans sistemine göre *v* hızıyla gider ve üzerinde oturan gözlemci de bir kaynaktan çıkan ışık ışınlarını yayılma hızını ölçebilir. Klasik düşünce tarzına göre, trenin üzerinde oturan gözlemci kendisiyle aynı yönde yayılan ışığın hızını *c-v* olarak hesaplamalıdır. Ancak bu klasik varsayım zaten bu düşünce deneyinin düzenlenmesiyle gösterilmek istenen bir anlamsızlığı temsil eder. Relativite teorisinde, ışığın hızı *evrensel* bir sabite olarak düşünülür. Hangi eylemsiz referans sistemi kullanılırsa kullanılsın ışığın hızı hep aynı kalır. Ve o gün bu gündür Einstein'ın treni bu köklü değişikliğin fiziksel sonuçlarını keşfetmek üzere yolunda ilerlemektedir.

Bu deneysel metod, modern bilimin tabiat ile başlattığı diyaloğun belkemiğidir. Bu şekilde sorgulanarak tabiat, haliyle, basitleştirilmiş ve arasıra da hırpalanmış olur. Yine de bu onu, hakkında tasarladığımız çoğu hipotezi yalanlama yeteneğinden etmez. Einstein, tabiatın kendisine sorulan soruların çoğuna "hayır", ancak arasıra "belki" diye karşılık verdiğini söylerdi. Bilim adamı kendi keyfince hareket etmez ve tabiatı yalnızca işitmek istediği şeyleri söylemeye zorlamaz. Bunlar bilim adamının en çok beslediği emel ve beklentileri bile olsa, en azından uzun vadede, ona dayatamaz. Aslında bilim adamı taktikleriyle tabiatı avucunun içine alabildiği, köşeye sıkıştırdığı ölçüde büyüyen bir riske, tehlikeleşen bir oyuna girer.[17] Dahası, şurası da açık ki, alınan cevap "evet"de olsa, "hayır" da olsa, o da sorular gibi aynı teorik dilde ifade edilecektir. Ancak bu dil de, tabiatın geçmişte verdiği cevapları ve diğer teorik dillerle ilişkilerini içeren bir karmaşık tarihî sürecin kurallarına göre gelişir. Ayrıca yeni sorular her dönemin değişen ilgi alanlarına göre ortaya çıkar. Tüm bunlar bilimsel oyunun kendine özgü kuralları —özellikle, bu oyunun kalıplarını en çok sınırlayan deneysel düşünme metodu— ve bilim adamının da zaman zaman farkına varmadan tabî olduğu kültürel örgü arasında karmaşık bir ilişki başlatır.

17. Popper deneysel oyunlardaki risklerden kaynaklanan bu heyecanı bir norma dönüştürmüştür. *The Logic of Scientific Discovery*'de bilimselin en "olasılık dışı" hipotezi —yani, en riskli olanı— araması, teorileri reddetmeye çalışması *gerektiğini* öne sürer.

Biz deneysel diyaloğun insan kültürünün bir daha vazgeçemeyeceği bir kazanç olduğuna inanıyoruz. Aslında bu diyalog tabiatın insan tarafından keşfi sırasında, *bağımsız* bir varlık olarak muamele görmesinin bir garantisi olmuştur. Bilimsel verilerin iletilebilir ve yinelenebilir tabiatının temelini oluşturmuştur. Her ne kadar tabiatın kendini ancak kısmen ifade etmesine izin veriyorsa da tabiat kendini bir kez ifade etti mi, tüm tartışmalar biter: Tabiat asla yalan söylemez.

BİLİMİN KÖKENİNDEKİ EFSANE

İnsan ve tabiat arasındaki diyalog modern bilimin kurucuları tarafından, haklı olarak tabiatın anlaşılabilirliğine doğru atılmış bir temel adım olarak algılandı. Fakat bu konudaki hırsları çok ileri gitti. Galileo ve onun ardından gelenler, bilimi tabiat hakkındaki *global* gerçekleri keşfedebilir yetenekte gördüler. Yani tabiat yalnızca, deneylerle deşifre edilebilen bir matematiksel dile dökülebilir değil, aslında bu biçimde yalnızca tek bir dil mevcuttur. Bu temel inanca bakılırsa, kâinat homojendir ve lokal bir deney global gerçekliği gösterebilir. Bilimin çalıştığı en basit olay tabiatın bütünüyle anlaşılmasına kapı açabilir; tabiatın karmaşıklığı ise, yalnızca görünürdedir ve tüm çeşitliliği Galileo örneğindeki gibi, matematiksel hareket kanunlarında saklı evrensel gerçeklik cinsinden çözümlenebilir.

Bu inanış yüzyıllarca sürdü. Yıllar önce BBC'de yayınlanan son derece mükemmel derslerinde, Richard Feynman[18] tabiatı dev bir satranç oyunuyla karşılaştırmıştı. Karmaşa yalnızca görünürdedir; her bir olay basit kurallara bağlıdır. Modern bilim, ilk dönemlerinde, şüphesiz global gerçekliğe ulaşabilir olma inancına ihtiyaç duymuştu. Böyle bir inanış, deneysel metoda büyük bir değer kazandırmış ve hatta deneysel metodun bir ölçüde ilham kaynağı olmuştur. Belki de geleneğin boyunduruğundan kurtulmak için, deneyselciliğin öncülerine daha önceki rasyonalizm türlerine karşı durmalarını sağlayacak bir inanma ve tartış-

18. R. Feynman, *The Character of Physical Law* (Cambridge, Mass.: M.I.T. Press, 1967) ikinci bölüm.

ma gücü verebilmek için, en az Aristocu "biyolojik" dünya kavramlaşması kadar kapsamlı bir devrimci dünya kavramlaşması gerekiyordu. Belki de zanaatkâr ve makineci bilgilerinin tabiatın rasyonel keşfini sağlayan bir yeni metoda aktarılabilmesi için metafizik bir inanışa ihtiyaç vardı. Aynı zamanda bu tür bir "efsane" anlayışın varlığının modern bilimin ilk adımlarının sosyal bağlamda nasıl kabul gördüğünü açıklamakta ne rolü olduğunu da merak edebiliriz. Bu oldukça tartışmalı konu da sadece dikkatleri çekmek amacıyla problemin, —yani ortaya çıkışı kimilerince aklın bir zaferi, fakat kimilerince de bir hayal kırıklığı olarak, tabiatın robotumsu aptallığının acı bir şekilde açığa çıkması olarak değerlendirilen bir bilim problemi— genel tabiatı üzerinde bazı noktalara işaret etmekle yetineceğiz.

Zanaatkârlık bilgisinin sistematize edilmiş bir şekli olan deneysel bilimin doğuşunda, sosyal ve ekonomik faktörlerin —özellikle zanaatkâr tekniklerin artık harab olmuş bir dünyadan artakalan bilgilerin korunduğu manastırlarda ve sonra da çalışkan ticaret şekillerinde gelişmesinin— vazgeçilmez önemini inkâr etmek zor görünüyor.

Ayrıca Needham'ınki[19] gibi karşılaştırmalı bir analiz de Ortaçağın kapanmasında sosyal yapıların belirleyici önemini ortaya koyar. Mesele sadece zanaatkâr sınıfını ve potansiyel teknik mucitlerin tıpkı antik Yunan'daki gibi, hor görülmemesinden ibaret değildi. Zanaatkârlar gibi entellektüeller de, esas itibarıyla otoritelerden bağımsızdı. Zanaatkârlar, mucitler her birisi projelerine destek arayan birer hür müteşebbisti; yenilik peşindeydiler ve yeniliğin sunduğu tüm imkânları sosyal düzen için ne kadar tehlikeli olursa olsun kullanma eğilimindeydiler. Diğer taraftan Çinli bilim adamları Needham'ın işaret ettiği gibi devlet memuruydu, bürokrasinin kurallarına uymakla yükümlüydüler. Birinci hedefi kanunları ve düzeni korumak olan devletin bir parçasını oluşturuyorlardı. Bu yüzden, ileride Ortaçağ toplumunun temellerinin oluşumuna ve Avrupa'nın modern çağa girmesine katkıda bulunacak olan pusula, matbaa ve barut Çin'de çok daha önceden bulunmuş fakat ken-

19. J. Needham, "Science and Society in East and West", *The Grand Titration* (London: Allen & Unwin, 1969).

di toplumu üzerinde çok daha az bozguncu etkisi oldu. Atılımcı Avrupalı toplumu ise aksine, modern bilimin ilk dönemlerindeki dinamik ve yenilikçi büyümesini hızlandırmaya ve sürdürmeye özellikle yatkın gibiydi.

Ancak asıl soru yine cevapsız kalıyor. Makine mucitlerinin bazı matematiksel kavramları —çark büyüklüklerinin oranı, değişik işlevsel birimlerin yerleştirilmesi ve relatif hareketlerin geometrisi gibi— kullandıklarını biliyoruz. O halde neden matematikleşme makinelere özgü kalmadı? Neden tabiatın işleyişi bir makinenin işlemesi şeklinde idealize edildi? Bu soru aynı zamanda, Ortaçağ zanaatkârlığının en parlak zaferinden olup kısa süre içinde büyük Ortaçağ kasabalarında hayatın ritmini düzenleyen saat için de sorulabilir. Neden saat çok geçmeden dünya düzeninin sembolü oluverdi? Bu son soruda cevabın bazı unsurları yatıyor gibidir. Saat öyle bir *alet*tir ki, kendisi dışında bir rasyonellikle, iç mekanizmanın körükörüne izlediği bir planla yönetilir. Saat Tanrı'nın, saat gibi robotça işleyen tabiata da bir saat yapıcısı olarak dışarıdan yönettiği inanışının mecazı olmuştu. Modern bilimin kökeninde, teolojik söylemler ile teorik ve deneysel aktivite arasında —bilim adamlarının büyük kâinat makinesinin sırlarını keşfetme sürecinde oldukları iddiasını büyüttüğü ve pekiştirdiği şüphe götürmez türden— bir "rezonans", bir tür karşılıklı yankılaşma kurulmuşa benziyor.

Şüphesiz *rezonans* terimi son derece kompleks bir problemi içerir. Teolojik söylemlerin şu ya da bu şekilde teorik bilimin, yahut nasılsa deneysel aktivite ile beraberce gelişegelmiş olan "dünya görüşü"nün doğumunu *belirlediğini* öne sürmek niyetinde, ya da, şöyle veya böyle tasvip etme konumunda değiliz. *Rezonans* terimini —yani iki söylemin yankılaşarak birbirini karşılıklı güçlendirmeleri— kullanarak, bilerek teolojik söylemin mi, yoksa "bilimsel efsane"nin mi önce geldiğini ve diğerini ateşlediğini belirtmeyen bir ifade seçtik.

Hatırlatalım ki, kimi filozoflara göre Batı biliminin Hıristiyan bir kökeni olması sorunu, sadece tabiatın bir otomat olduğu kavramının oturması sorunu değil, aynı zamanda böylesi bir deneysel bilim ile Batı medeniyetinin İbranî ve Yunan unsurları arasındaki bir ölçüde "teme-

le ilişkin" bir bağlantı sorunudur. Alfred North Whitehead'e göre bu bağlantı içgüdüsel düzeyde bir kabullenmede yatar. Modern bilimin öncülerinin "bilimsel inancı"nın ilhamı için böyle bir kabullenmeye "ihtiyaç var"dı:

> Her bir olayın kendinden öncekilerle kesintisizce ilişkilendirilebileceğine olan sarsılmaz inancın, genel prensiplerin kaynağını oluşturduğunu söylemek istiyorum. Bu inanç olmaksızın, bilim adamlarının onca olağanüstü çabaları umuttan yoksun kalırdı. Hayalgücünün önünde dipdiri asılı duran bu içgüdüsel kabullenmedir ki, araştırmaların itici gücü olmuştur: Yani, bir sır, perdesi aralanabilecek bir sır var ve mevcut. Nasıl oldu da bu kabullenme Avrupalı'nın zihnine böylesine dipdiri girdi?
>
> Avrupa'daki bu düşünce tarzını diğer medeniyetlerin kendi başlarına kaldıklarında benimsedikleri yaklaşımla da karşılaştırdığımızda, bu düşüncenin tek bir kaynağı olduğu görülür. Bu, Yahova'nın kişisel enerjisi ve Yunan filozoflarının akılcılığı ile desteklenen ve Tanrı'nın rasyonel [akılla anlaşılabilir] olduğuna olan Ortaçağ inancından geliyor olmalıdır. Buna göre hertür ayrıntı denetlenir ve düzenlenirdi. Her türlü tabiat araştırması ancak bu rasyonelliğe olan inancın tasdiki olurdu. Hatırlatırım, birkaç kişinin açık inancından sözediyor değilim. Kasdettiğim, Avrupalı'nın zihninde yüzyılların sorgulanmamış inancından kaynaklanan bu baskıdır. Bununla içgüdüsel düzeyde bir düşünceyi kastediyorum, bir takım sözel inançları değil.[20]

Bu konuyu daha fazla açmayacağız. Modern bilimin yalnızca Hıristiyan Avrupa'da doğabileceğini "ispatlamak" konumuz dışında kalır. Aslında modern bilimin öncülerinin teolojik söylemlerden gerçekten ilham alıp almadıklarını sormak bile yersizdir. Şöyle ya da böyle, önemli olan, bu söylemlerin modern bilimin önermelerini belli bir dönem için ülkeden ülkeye sosyal olarak güvenilir ve kabuledilebilir hale getirmiş olmasıdır. Ondokuzuncu yüzyıl İngiliz bilimsel metinlerinde hâlâ dinî atıflara rastlamak mümkündür. Dikkate değer olan şu ki, mistisizme ilginin yeniden uyandığı bu günlerde tartışmanın yönü tersine dönmüş gibidir. Şimdi ise bilim mistisizmin inanırlığını sağlıyor gibi.

---

20. A. N. Whitehead, *Science and the Modern World* (New York: The Free Press, 1967), s. 12.

Burada karşımıza çıkan soru, açık ki, teolojik ve bilimsel konuların "haricî" bilim tarihi ile, yani bir yanda bilimsel bilginin şekli ve içeriği arasındaki ilişkinin tanımı, diğer yanda sosyal, ekonomik ve kurumsal bağlamda kullanımı ile içiçe olduğu çok sayıda problemi sonuç veriyor. Önceden de söylediğimiz gibi, bizim halihazır ilgilendiğimiz tek nokta teolojik söylemlerle yankılaşarak büyümüş bilimsel söylemin kendine özgü karakteri ve öngörüleridir.

Needham[21] onsekizinci yüzyıl Çinli bilim adamlarının modern bilimin zaferini haber veren Cizvit'leri nasıl alayla karşıladıklarından sözeder. Tabiatın, basit, tanıdık kanunlarla yönetildiği fikri onlara göre tam bir insan-merkezli aptallık örneği idi. Needham, bu "aptallığın" derin kültürel kökleri olduğuna inanır. Ve Batılı ile Çinli kavramlaşma arasındaki derin ayrılıkları göstermek için Ortaçağ'daki hayvan yetiştiriciliğine atıfta bulunur. Ara sıra, örneğin horozların, yumurtladı diye, Tanrı'nın kanunları ile bir tutulan tabiat kanunlarını ihlâl etmekten mutlaka ölüm cezasına çarptırıldığı ve yakıldığı olurdu. Needham, eğer böyle bir horoz Çin'de olmuş olsaydı, gizlice ortadan kaldırılacağını anlatır. Bu aslında cezayı gerektirecek bir suç değildi. Ancak horoz bu garip davranışı ile tabiî ve sosyal ahenkle çelişmiş olurdu. O yörenin idarecisi hatta imparator horozun yanlış davranışı herkesce duyulursa, kendini oldukça nazik bir duruma sokmuş olurdu. Needham, Çin'de baskın olan felsefî anlayışa göre, kâinatın kendiliğinden bir ahenk içinde olduğunu ve olayların düzenliliğinin harici bir otoriteden kaynaklanmadığını belirtiyor. Tam tersi, tabiattaki, toplumdaki ve göklerdeki bu ahenk, bu süreçler arasındaki dengeden doğar. Kararlı ve birbirine bağımlı tüm bu süreçler denetimsiz bir tür harmoni içinde birbirleriyle etkileşirler. Eğer bir kanun olsaydı bile, bu hiç kimsenin, ne Tanrı'nın, ne insanın kavrayabileceği bir kanun olurdu. Böylesi bir kanun aynı zamanda insanın çözemeyeceği bir dilde ifade edilmek zorundadır. Ve bizim hayalimizde kavrayabileceğimiz bir yaratıcı tarafından konulmuş bir kanun da olmamalıdır.

21. Needham, a.g.e., s. 308.

Needham şu soruyu sorararak bağlıyor sözlerini:

> Modern bilimin yaklaşımına göre, hiç şüphesiz Tabiat "kanunları"nda posaya çıkan, yani tamamıyla yerine getirilmeyen bir emir ve görev fikri yoktur. Artık hepsinin Karl Pearson'un meşhur yazılarının birinde belirttiği gibi yalnızca belli zamanlarda ve belli yerlerde geçerli birer istatistiksel düzenlilik, yani buyuru değil kesin tasvirler olduğu düşünülüyor. Bilimsel kanunların tespitindeki subjektifliğin kesin ölçüsü Mach'tan Eddington'a kadar çok ateşli biçimde tartışılmaktadır ve bu tür sorular burada tümüyle ele alınamaz. Mesele bu istatistiksel düzenliliklerin ve matematiksel ifadelerinin tespitine Batı biliminin geçtiği yoldan başka bir yolla varılıp varılamayacağıdır. Acaba, daha sonraları Kepler'i doğuracak bir duruma gelmesi için bir kültürün, sözde yumurtlayan bir horozu hukuken ölüm cezasına çarptırıldığı zihnî bir aşamadan mı geçmesi gerekiyordu?[22]

Bilimsel söylemin hiçbir şekilde geleneksel dinî görüşlerin bir yansımasından ibaret olmadığını da burada vurgulamak gerekir. Açık ki, klasik fiziğin tasvir ettiği kâinat Yaratılış kıssasındaki gibi, Tanrı'nın ışığı, gökleri, yeryüzünü ve canlı türlerini yarattığı ve Kader'in hiç kesiksiz hükmettiği ve insanı kurtuluşunun oldukça zor olduğu bir tarihe ittiği bir kâinat değildir. Klasik fiziğin kâinatı zamansız bir kâinattır. Eğer yaratılmışsa, bir hamlede yaratılmış olmalı, tıpkı bir mühendisin bir robotu daha kendi başına işlemeye başlamadan tümüyle tamamlamış olması gibi. Bu bağlamda fizik, aslında, hem dine, hem de geleneksel felsefelere karşı çıkmıştır ve kaldı ki, Hıristiyanlığın Tanrı'sına gerçekte kâinatın anlaşılabilirliğinin temelini oluşturmak için gerekli olduğunu biliyoruz. Aslında, burada, kâinatın kusursuz itaatiyle Tanrı'nın kudretini ilan etmesi gerektiğine inanan teologlarla, matematikselleştirilebilir süreçlerden oluşmuş bir kâinat arayan fizikçiler arasında bir tür "yakınlaşma" dan sözedilebilir.

Şöyle ya da böyle, modern bilimin yıktığı Aristocu dünya, teologların da, fizikçilerin de işine gelmiyordu. Düzenli, ahenkli, hiyerarşik ve rasyonel olan bu dünya çoğu teoloğun ihtiyacına cevap veremeyecek kadar bağımsız, içindeki varlıklar çok güçlü ve aktif, mutlak otori-

22. Needham, a.g.e., s. 330.

teye itaatleri k şüpheli ve sınırlıydı.[23] Diğer yandan matematikleştirilemeyecek kadar çok kompleks ve niteliksel olarak farklılaşmıştı.

Modern bilimin "mekanize" dünyası ise, tümüyle boyun eğdiği, fakat farkında olmadığı bir plana göre yaratılmış ve yönetiliyordu. Yaratıcısını da övüyordu ve bu şekliyle hem teologların hem de fizikçilerin ihtiyaçlarına mükemmel bir şekilde cevap vermiş oluyordu. Gerçi Leibniz, aktif ve niteliksel olarak farklılaşmış davranışlar sergileyen bir dünyanın da matematikleştirilebilir olduğunu göstermek için hayli uğraşmıştı. Ancak bilim adamları ve teologlar elele verip dünyayı temelde özgürlüğe ve insan aklının gayelerine yabancı, hedefsiz ve pasif bir makine olarak tanımladılar; "Başıboş bir işleyiş, sessiz, kokusuz, renksiz, yalnızca çarpışıp duran madde, hedefsiz ve anlamsız".[24] Whitehead'ın gözüyle insanı eskisi gibi tabiî ahengin bir parçası olarak görmekten alıkoyan, insanı yalnızlaştırıp Tanrı'yla yüzyüze getiren bu Hıristiyan dünyası, böylece Leibniz'in duyduğu binlerce matematiksel sesle değil, tek bir dille tanımlanabilen tabiatla birleşmiş oldu.

> Teoloji, binbir zahmetle dünyayı yöneten kanunları çizen insanın bu haliyle aldığı konumu yorumlamaya da katkıda bulunabilir. İnsan asla, objektif olarak tanımladığı tabiatın bir parçası değildir, onun dışındadır ve ona hakimdir. Aslında Galileo'ye göre Tanrı'nın bir kopyası olarak yaratılmış olan insan ruhu da yaratılış planının altında yatan anlaşılır gerçekleri kavrayabilme yeteneğine sahiptir. Ve böylece Tanrı'nın sezgisiyle, tümüyle ve başından beri sahip olduğu kâinat bilgisine yavaş yavaş yaklaşır.[25]

Ateist oldukları gerekçesiyle ölüme mahkûm edilmiş eski atomistlerin ve zaman zaman, faziletin ve insan iradesinin varlığını inkâr ettiği sanılmış Leibniz'in aksine, modern bilimciler çalışmalarını kültürel olarak

---

23. R. Hooykaas, *Religion and the Rise of Modern Science*, (Edinburgh ve Londra: Scottish Academic Press, 1972), s. 14-16'da dünyanın bu (dedivinization) "yücelikten çık ımı" Hıristiyanlara özgü dünya makinesi metaforu ile belirtmiştir.
24. W. Whitehead, a.g.e., s. 54.
25. Tabiatın matematiksel harflerle yazıldığına dair ünlü metin *Il Saggiatore*'de bulunabilir. Ayrıca bak, *The Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*, 2. rev. nşr. (Berkeley: University of California Press, 1967).

kabul edilebilir bir tanıma kavuşturmayı başardılar. Tabiat kanunlarına tâbî bir bedenin içine yerleştirilmiş insan aklı deneysel araçlarla, Tanrı'nın bizzat kâinatı denetlediği yüksek düzeye, kâinatın tümüyle anlaşılabilir bir ifadeye döküldüğü İlahî plana ulaşabilir. Ne ki, insan aklı kendi başarısının sonucunun dışında kalır. Bilim adamı tabiatın kokuları ve renkleri gibi genel dokusunu oluşturan herşeyi ikincil, yani, tabiatın parçası olmayan, fakat insan aklının ona yansıttığı nitelikler olarak tanımlayabilir. Tabiatın yozlaştırılması, ondan elini ayağını çekenlerin, yani Tanrı'nın ve insanın yüceltilmesi ile paralel gider.

KLASİK BİLİMİN SINIRLARI

Buraya kadar bilimsel faaliyetin ve metafizik inanışın yan yana yürüdüğü nadir bir tarihî devreyi tanımlamaya çalıştık. Galileo ve takipçileri Ortaçağ zanaatkârlarınınkilerle aynı problemleri ele almışlardı. Fakat tabiî Tanrı'nın yardımıyla, kâinatın sadeliğini, deneysel metodun öngördüğü ve çözdüğü dilin evrenselliğini öne sürmeleriyle onların deneyimsel bilgilerinden ayrı düştüler. Modern bilimin kökenindeki ana mitos bu haliyle Ortaçağ'ın sonlarına doğru, ekonomik, politik, sosyal, dinî, felsefî ve teknik faktörlerin karşılıklı yankılaşmasını ve birbirlerini güçlendirmelerini sağlayan şartları hazırlamış tuhaf bir karışımın ürünü olarak görülebilir. Ne ki, bu karışımın hızla çözülmesi klasik bilimi tahavvüle uğramış bir kültürün içinde bitik ve yalnız bıraktı.

Klasik bilim, ilahî düzenle tabiî düzen arasında bir yerde konumlanmış *insan* ile, kendi zihnimizde makul ve anlaşılabilir bir kanun koyucu, herşeye kâdir bir mimar olarak kavradığımız *Tanrı*'nın tam uyumunun egemen olduğu bir kültür ortamında doğdu. Ve klasik bilimin kendisi filozoflara ve ilahiyatçılara bilimle uğraşma hakkı veren; bilim adamları içinde yaratılışta işleyen ilahî hikmet ve kudreti çözme ve üzerinde fikir yürütme hakkını bahşeden bu kültürel uyum döneminden daha uzun ömürlü oldu. Din ve felsefenin desteğiyle bilim adamları çalışmalarının artık kendine yeter olduğuna, tabiî olaylara yapılacak olası tüm yaklaşımları bitirmiş olduklarına hükmetmişlerdi. Dolayısıyla, bilimsel tanımlama ile tabiat felsefesi arasındaki ilişki bu bağlamda haklı gösterilmek zorun-

da değildi. Bilim ve felsefenin birbiriyle çakışmaları ve bilimin otantik bir tabiat felsefesinin prensiplerini keşfediyor oluşu, tek başına yeterli bir delil olarak görülebilirdi zaten. Fakat, gariptir ki, bilim adamlarının hissettikleri bu kendi-kendine yeterlilik iddiası, Ortaçağ tanrı anlayışının bitmesine ve teolojinin sunduğu epistemolojik garantinin kalkmasına rağmen sürecekti. Bu cesur iddia, sonunda onsekizinci yüzyılın —gök ve yer cisimlerinin hareketlerini yöneten kanunları keşfeden, d'Alembert ve Euler'in tam ve tutarlı bir sisteme oturttuğu ve gelişimi Lagrange tarafından mükemmeliyete ulaşmayı hedefleyen bir mantıksal zafer olarak nitelenen— muzaffer bilimi[26] oluverdi. XIV. Louis, II. Frederick ve Büyük Katerina[27] gibi mutlak monarşilerle kurulmuş Akademilerce ödüllendirilen, Newton'u ulusal kahraman yapan bilim, işte bu bilimdir. Diğer bir ifadeyle, bu bilim *başarılıydı*, yani tabiatın şeffaf olduğunu *ispatladığına* herkesi inandırmıştı. *"Je n'ai pas besoin de cette hypothèse"* (Benim bu hipoteze ihtiyacım yok. çn.) karşılığını vermişti Laplace, kurduğu dünya sisteminde Tanrı'nın yerini soran Napoleon'a.

Modern bilimin dualist önermeleri de, dualist iddiaları gibi sürecekti. Birçok açıdan, bugün hâlâ bilimin klasik modeli olan Laplace bilimine göre, bir tanımlama gözlemci olayın dışında tutulduğu ve tanımın kendisi de tanım gereği dünyanın dışında kalan bir noktadan, yani insan ruhunun Tanrı'nın bir kopyası olarak yaratılmış olması nedeniyle ulaşabileceği bir yüce bakış açısından yapıldığı ölçüde objektiftir. Bu şekliyle klasik bilim hâlâ dünyanın tek gerçekliğini, tüm tabiatın ifade-

26. En azından Fransa, Prusya ve Rusya'da mutlak idarelerce kurulmuş akademilerde muzafferdi. *Scientist's Role in Society*'de (Englewood Cliffs, N. J.: Foundations of Modern Sociology Series, Prentice-Hal 1971). Ben David bu ülkelerin kendilerini büyülü ve saf teorik bilimi olarak fiziğe adayan fizikçileri ile bir sürü deneysel ve teknik problem içine gömülmüş İngiliz fizikçileri arasındaki farklılığı vurgulamaktadır. Ben David teorik bilime duyulan ilgi ile "bilimsel hareket"i destekleyen sosyal sınıfın politik gücünden feragat etme arasında bir ilişki olduğunu öne sürmektedir.

27. Thomas Hankins, d'Alembert'i konu alan biyografi çalışmasında —*Jean d'Alembert, Science and Enlightenment* (Oxford: Claréndon Press, 1970)— ilk gerçek bilim topluluğunun, yani onsekizinci yüzyıl fizikçi ve matematikçilerinin modern anlamda, ne kadar kapalı ve küçük olduğunu ve mutlakiyetçi idarelerle ilişkilerinin ne derece yakın olduğunu belirtmektedir.

si olabilecek tek dili keşfetmeyi hedefler —öyle ki şimdilerde varolan herşeyin açıklaması olacak bir *temel tanımlama düzeyi*'nden sözedebiliyoruz.

Bu temelli noktaya gelmişken modern bilimin kökenindeki mitos diyebileceğimiz şeyi başarıyla modern terimlere aktarmış birinden, Einstein'dan bir alıntı yapalım:

> Teorik fizikçinin dünya imajının tüm bu olası imajlar arasındaki yeri nedir? Teorik fizikçininki, ilişkilerin tanımında, örneğin yalnızca matematiksel dilin kullanımının vereceği türden olası en yüksek duyarlılık standardı ister. Diğer yandan çalışma konusu gereği fizikçi çok ciddi bir şekilde kendini sınırlamak zorundadır. Yalnızca, kendi deneyim sahamıza aktarılabilecek en basit olayları tanımlamakla yetinmelidir; bundan daha karmaşık düzeydeki olaylar insan zekâsının ötesindedir ve teorik fiziğin istediği ince duyarlılıkta ve mantıksal keskinlikte yinelenemezler. Nihaî sadelik, netlik ve kesinlik, bütünlük pahasına sağlanır. Fakat daha incelikli ve karmaşık herşeyi utana sıkıla bir kenara bırakıp tabiatın böylesine daracık bir bölümünü tümüyle tanımanın cazibesi ne olabilir? Böylesine gösterişsiz bir çabanın ürünü kâinat teorisi gibi görkemli bir isme layık mıdır?
> Ben inanıyorum ki, bu isim hakedilmiştir; çünkü teorik fiziğin çatısının dayandığı genel kanunlar ne olursa olsun, her tabiî fenomen için geçerlilik iddiası taşır. Bu kanunlarla, salt çıkarsama yoluyla, bu çıkarsama sürecinin insan zekasının kapasitesinin ötesinde olmaması şartıyla, hayat dahil, her bir tabiî sürecin tanımına, diğer bir ifadeyle, teorisine varmak mümkün olacaktır. Fizikçinin çalıştığı evrenin bütünlüğünden feragati bu nedenle bir temel prensip meselesi değildir.[28]

Bir aralar, çekimin gravitasyon kanununda ifade edildiği şekliyle tabiata bir aslî animasyon atfetmeyi haklı gösterebileceği ve genelleştirildiği takdirde, insan toplumunu oluşturan etkileşimler de dahil, giderek özelleşen aktivite biçimlerinin kökenlerini açıklayabileceği yanılgısında ısrar edenler vardı. Fakat bu umut, en azından kısmen bilimin gelişimini sürdürdüğü siyasî, iktisadî ve kurumsal şartların gerektirdiği taleplerin sonucu olarak, hızla söndü. Önemli olmakla beraber, problemin bu yanını inceleyemeyeceğiz. Burada amacımız bizatihî bu başarısızlığın,

28. Einstein, a.g.e., s. 225-26.

klasik görüşün tutarlılığını sağlamış gibi gözüktüğünü ve bir zamanların ilham kaynağı olmuş bir inancın gerçek olmadığını vurgulamaktır. Aslında, bu bilim yorumuna açıkça rekabet etme gücü olan tek yorum, dolayısıyla, dünyayı anlama çabasının kendisine getirilmiş pozitivist reddiye idi. Örneğin fikirleri genç Einstein üzerinde derin izler bırakmış büyük filozof ve bilim adamı Ernst Mach, bilimsel bilgi edinme işini, deneyimleri olabildiğince ekonomik bir düzen içine sokmak olarak tanımlıyordu. Bilimin, gerçeklerin en basit ve ekonomik soyut ifadelere dökülmesi kadar anlamlı bir başka amacı yoktur, ona göre:

> İşte burada, bilimi tüm esrarengizliğinden çıkaracak ve bize gerçekten ne kadar gücü olduğunu gösterecek bir ipucumuz var. Özgül sonuçlar itibariyle bilimin bize metodsuz, ama yeterince uzun süre çalışırsak ulaşamayacağımız birşeyi yoktur. Tıpkı tümüyle kendi emeğinin sonucuyla sınırlı bir tek insanın asla bir servet yığamayışı, ve tam tersine, çok sayıda insanın emeğinin tek bir insan elinde zenginliğin ve gücün temeli olması gibi son derece incelikli bir düşünce ekonomisi ve binlerce işçinin ekonomik olarak düzenlenmiş deneyimlerinin dikkatle biriktirilmesi olmadan insan ömrüyle sınırlı ve sadece sınırlı yeteneklere sahip tek bir insan zihninde kayda değer hiçbir bilgi toplanamaz.[29]

Buna göre, bilim işe yarar birşeydir. Çünkü düşünce ekonomisi sağlar. Böylesi bir önerme içinde bir gerçeklik unsuru taşıyabilir; ancak tüm hikâye bu kadar mı? Tüm amaçları fiziksel evrene anlaşılabilir bir çerçeve sağlamak olan Newton'dan, Leibniz'den ve Batı biliminin diğer öncülerinden bu yana ne kadar yol yürüdük! Anlaşılan bilim bu haliyle yalnızca ilginç hareket kuralları üretiyor, o kadar.

Bu bizi tekrar başa, bu bilimin bir dönemin kültürel birliğinin sembolü olmuş *klasik* bilim olduğu ve anlattığımız kültürel krize yol açacak türden bir bilim olmadığı fikrine getiriyor. Bilim adamları, "bilimsel mitos"un tantanası ve "bilimsel ciddiyet"in sessizliği arasında; bilimsel gerçekliğin mutlak ve global tabiatını onaylamak ve bilimsel teorinin tabiî süreçlere etkin olarak müdahale etmeye yarayan pragmatik bir tarifeden

29. E. Mach, "The Economical Nature of Physical Inquiry", *Popular Scientific Lectures* (Chicago: Open Court Publishing Company, 1895), s. 197-98.

ibaret olduğu anlayışına dönmek arasında gidip gelen kör bir salınım içinde buldular kendilerini.

Önceden de belirttiğimiz gibi, klasik bilimin artık kendi sınırlarına dayandığı görüşünün altına biz de imza koyuyoruz. Bu dönüşümün bir yanı, kâinatın "olduğu gibi" bilinmesinin mümkün olduğunu öngören klasik kavramların sınırlılığının keşfidir. Laplace'ın, Maxwell'in cini, Einstein'ın tanrısı gibi herşeyi bilen varlıklar ve bilimsel düşüncede böylesine önemli roller oynayan diğer varlıklar fizikçilerin yapabileceklerini düşündükleri çıkarsama türlerini temsil ederler. Rastgelelik, karmaşıklık ve geri-dönüşümsüzlük pozitif bilginin objeleri olarak fiziğe girdikçe kâinatın tanımı ile kâinatın kendisi arasında doğrudan bir bağlantı olduğu yolundaki bu naif kabullenmeden biraz daha uzaklaşıyoruz. Teorik fizikte objektiflik daha incelikli bir anlam yükleniyor.

Bizi bu gelişime, ışığın hızı gibi evrensel sabitelerin varlığının tabiatı manipule etme gücümüzü sınırladığını göstermiş beklenmedik ek keşifler zorladı. (Bu beklenmedik durumu Bölüm VII'de tartışacağız.) Sonuç olarak fizikçiler algılama ile yorumlama arası ilişkiyi daha bir karmaşık hale getirecek yeni matematiksel araçlar kullanmak zorunda kaldı. Gerçeklik, ne anlama gelirse gelsin, her zaman aktif bir entellektüel tasarıma karşılık gelir. Bilimin sunduğu tanımlamalar artık sorgulama faaliyetimizin kendisinden ayrı tutulamaz, ve dolayısıyla, artık herşeyi bilen bir varlığa atfedilemez.

Newtoncu sentezin arefesinde John Donne, Kopernik'in yıktığı Aristocu kâinatın peşinden şu ağıtı yakmıştı:

Ve yeni Felsefe herkesi şüpheye çağırdı.
Ateş Unsuru söndürüldü hepten.
Güneş kayboldu, ve de dünya; hiç bir insan aklı, artık
Onu aradığı şeye yönlendiremez. Ve insanlar itirafta, bu dünya bitti diye
Gezegenlerde ve Arşda
Ararlarken yenilerini, gördüler ki, bu [dünya] Yeniden Atomlarına ayrılmış
Paramparçaydı, kopmuştu tüm bağları.[30]

30. J. Donne, *An Anatomy of the World*'de tüm dünyanın naifliği ve bozunurluğu ifade edilmektedir (London, Catalog of the British Museum, 1611).

Şimdi kültürümüzün oraya buraya dağılmış tuğlalarından ve taşlarından Donne'nin zamanındaki gibi , yeni "bağlar" inşa edilebilir. Klasik bilim, yani basit, pasif bir kâinatın mitoslu bilimi artık geçmişe aittir ve şurası kesin ki felsefî eleştiriyle yahut deneyselciliğinin gerilemesiyle değil, bilimin kendi içindeki büyümesiyle yıkılmıştır.

2

Gerçeğin Tanınması

NEWTON KANUNLARI

Şimdi, mekanist dünya görüşünü biraz daha yakından ve Galileo, Newton ve takipçilerinin elinden çıktığı şekliyle inceleyeceğiz. Bu arada görüşün güçlü noktalarını, yani tabiatı başarıyla açıkladığı yanlarını anlatmak, ama bunun yanısıra, sınırlılıklarını da göz önüne sermek istiyoruz.

Galileo'den bu yana, fiziğin temel problemlerinden biri de ivmenin (*acceleration*) tanımı olmuştu. Bir cismin hareket konumu ile geçirdiği değişimin basit matematiksel terimlerle formüle edilebilir olması en başında oldukça şaşırtıcı gelmişti. Oysa, bu şimdilerde oldukça sıradan görünüyor. Yine de, hatırlayalım ki, çok alanda oldukça başarılı olmuş Çin bilimi hareketin niceliksel formülasyonunu yapamamıştı. Galileo, sabit hızdaki bir hareketin *sebebini* bir eylemsizlik durumunun sebebinden daha çok merak etmemize gerek olmadığını keşfetmişti. Nihayet; hareket de, eylemsizlik de dışarıdan bir müdahale olmadığı sürece sabit kalır. Asıl mesele, eylemsizliğin harekete ve yine hareketin eylemsizliğe *değişimi*, daha genel bir ifadeyle tüm hız değişimleridir. Bu de-

ğişimler nasıl olur? Newtoncu kanunlar biçimlenirken birbiriyle çakışan iki gelişmeden yararlanılmıştır. Biri, fizikte Kepler'in gezegenlerin dolanımı kanunu ile Galileo'nün düşen cisimler kanunu, diğeri matematikte diferansiyel ya da (sonsuz küçüğün yani) "*infinitesimal*" hesaplamanın keşfidir.

Sürekli değişen bir hız nasıl tasvir edilebilir? Konum, hız ve ivme gibi çeşitli niceliklerdeki anlık değişmeleri nasıl tanımlayabiliriz? Bir cismin belli bir andaki durumunu nasıl tanımlarız? Bu soruları cevaplamak için, matematikçiler infinitesimal, yani sonsuz küçük nicelikler kavramını ortaya attılar. İnfinitesimal nicelik sınırlayıcı bir *sürecin* sonucudur; yani özel olarak ardarda gelen iki an arasında gerçekleşen bir nicelikte, bu anlar arasındaki süre sıfıra yaklaşırken görülen değişmedir. Böylelikle değişim sonsuz küçüklükte, sonsuz parça dizisine bölünmüş olur.

Hareket halindeki cismin her bir andaki durumu, r pozisyonu ile, bu pozisyonu değiştirme "anlık eğilimini" ifade eden v hızıyla ve son olarak, bu v hızını değiştirmeye "anlık eğilimini" ifade eden a ivmesiyle tanımlanabilir. Anlık hızlar ve ivmeler iki infinitesimal nicelik —Δt zaman aralığı boyunca r (ya da v)'nin değişimi ve sıfıra giderkenki değeriyle Δt zaman aralığı— arasındaki orantıyı veren limitli niceliktir. Bu gibi nitelikler "zamana karşı alınmış türev"lerdir, ve Leibniz'den beri $v = dr/dt$ ve $a = dv/dt$ olarak yazılırlar. Buna göre ivme türevin türevidir, $a = d^2r/dt^2$ ve bir "ikinci türev" olur. Newton fiziğinin üzerinde yoğunlaştığı problem bu ikinci türevin, yani bir sistemi oluşturan noktaların her bir andaki ivmesinin hesaplanmasıdır. Bu noktaların her birinin sınırlı bir zaman aralığındaki hareketi, buna göre, *integrasyonla* yani bu zaman aralığındaki infinitesimal hız değişimlerinin birbiriyle toplanmasıyla hesaplanabilir. Bunun en basit örneği de ivmenin, a sabit olduğu (meselâ serbest düşen bir cismin a'sı gravitasyon sabitesi yani g kadardır) olaylardır. Genel olarak söylemek gerekirse, ivmenin kendisi de zaman boyunca değişir. Ve fizikçinin görevi de bu değişimin tabiatını kesinliğe yakın bir şekilde belirlemektir.

Newtoncu lûgatta, ivmeyi belirlemeye çalışmak demek, çalışılan

sistemin noktalarına etkiyen değişik "kuvvetleri" belirlemek demektir. Newton'un ikinci kanunu, $F = ma$, bir m (*mass*) noktasına uygulanan F (*force*) kuvvetinin, kuvvetin o noktaya kazandırdığı a (*acceleration*) ivmesi ile doğru orantılı olduğunu öngörür. Maddî noktalardan oluşan bir sistem örneğinde ise problem daha da karmaşıklaşır, çünkü belli bir cisim üzerine etkiyen kuvvetler her an sistemin cisimleri arasındaki relatif uzaklıklara bağlıdır. Ve bu yüzden, kendi ürettikleri hareketler sonucu her an değişirler.

Dinamikte bir problem, bir dizi "diferensiyel" denklemle ifade edilir. Bir sistemdeki her bir cismin anlık durumu, bir nokta olarak ele alınır; konumuyla ve, aynı zamanda, hızı ve ivmesiyle, yani konumunun birinci ve ikinci türevleriyle belirlenir. Her an, sistem içinde noktalar arası uzaklığın bir fonksiyonu (r'nin bir fonksiyonu) olan bir dizi kuvvet her bir noktaya belli bir ivme verir; sonra bu ivmeler bu noktaları ayıran uzaklıklarda ve dolayısıyla bir sonraki anda etkiyecek kuvvetler dizisinde değişimlere yol açar.

Diferensiyel denklemler dinamik problemini *kurar*ken, bu denklemlerin "integrasyon"ları da problemin *çözümü*nü temsil eder; *hareket yörüngesi*nin $r(t)$ hesaplanmasını sağlar. Bu hareket yörüngesi dinamiğin kayda değer gördüğü tüm bilgileri içerirler ve bu bilgi, dinamik sistemin tümüyle tanımını sağlar.

Bu tanım, dolayısıyla, iki unsur içerir: Her bir noktanın çoğu kere "başlangıç anı" denen *bir anda*ki *konumu* ve *hızı*, ve dinamik kuvvetleri ivmelerle ilişkilendiren hareket denklemleri. Dinamik denklemlerin, "başlangıç durumu"ndan başlayarak integre edilmesi değişik durumların birbirini izleyişini, yani o durumları oluşturan cisimlerin hareket yörüngeleri dizisini ortaya koymuş olur.

Newtoncu bilimin zaferi, tek bir kuvvetin, yani gravitenin hem gökteki gezegen ve kuyruklu yıldızların hareketini, hem de yere düşen cisimlerin hareketini belirliyor olduğunu keşfetmiş olmasıdır. Hangi türden iki maddi cisim ele alınırsa alınsın, Newtoncu sisteme göre bu iki cisim her zaman aynı çekim kuvveti ile birbirlerine bağlıdırlar. Newtoncu dinamik bu şekliyle çifte bir evrensellik sergiler. Kütlelerin

birbirine nasıl yaklaştığını açıklayan çekim kanununun tanımı herhangi bir olgusal düzeyi referans almaz. Atomların hareketine de, bir galaksi içindeki gezegenlerin ya da yıldızların hareketine de aynı başarıyla uygulanabilir. Boyutları ne olursa olsun her cismin bir kütlesi vardır ve Newtoncu etkileşme kuvvetlerine bir kaynak oluşturur.

Gravitasyonel kuvvetler herhangi iki cismi (*m* ve *m'* kütlelerinde ve birbirinden *r* kadar uzaklıkta iki cisim arasındaki gravitasyonel kuvvet, *k* Newton çekim sabitesi *6.67* $cm^3/g.sn^2$'ye eşit olmak şartıyla kmm'/r^2'dir.) birbirine bağladığına göre, tek gerçek dinamik sistem bir bütün olarak kâinattır. Güneş sistemimiz gibi, herhangi bir lokal dinamik sistem, ancak sistem dışından gelen, çok küçük etkili kuvvetler ihmal edilerek, yaklaşık biçimde tanımlanabilir.

Unutulmamalı ki hangi dinamik sistem seçilmiş olursa olsun, hareket kanunu her zaman $F = ma$ şeklinde ifade edilebilir. Graviteden kaynak almayan diğer tür kuvvetler de keşfedilebilir (ve aslında keşfedilmiştir; örneğin, elektiriksel çekme ve itme kuvvetleri) ve böylece hareket kanununun deneysel içeriğini değiştirebilirler. Ancak, bu kanunların biçimini değiştiremezler. Dinamik dünyasında, değişim ivme ile (pozitif biçimiyle *acceleration*, negatif biçimiyle *deceleration*) özdeştir. Hareket kanunlarının integrasyonu partiküllerin izlediği hareket yörüngelerini verir. Bu yüzden de değişim kanunları, yani zamanın tabiat üzerindeki etkisini tanımlayan kanunlar, hareket yörüngelerinin karakteristikleri cinsinden ifade edilebilir.

Bu yörüngelerin temel karakteristikleri *kanuna-uyumluluk, determinizm* ve *geri-dönüşlülüktür*. Gördük ki bir yörüngeyi hesaplamak için hareket kanunları bilgisinden başka, sistemin bir anlık durumunun empirik tanımına ihtiyacımız var. Genel kanunlar, buna göre, "başlangıç durumu"nu temel alarak, tıpkı mantığın temel önermelerden yola çıkarak sonuca ulaşması gibi, sistemin zaman ilerledikçe alacağı durumlar dizisini çıkarsayabilir. Burada altı çizilmesi gereken, bir defa tüm kuvvetler bilindiğinde herhangi bir anlık durumun sistemin tümünü, sadece geleceğini değil, geçmişini de tanımlamaya yeter oluşudur. Dolayısıyla, her bir anda herşey belirlenmiş demektir. Dinamik, tüm durumları birbirine

denk var sayar; buna göre her bir ayrı durum, geçmişteki ya da gelecekteki tüm durumları birbirine bağlayan hareket yörüngesi üzerinde yer alan diğer tüm durumların hesaplanmasını sağlar.

"Herşey belirlenmiştir". İşte klasik dinamiğin bu önermesi, Bergson'un sık sık vurguladığı gibi, dinamiğin tanımladığı gerçekliği karakterize eder. Herşey belirlenmiştir, ancak aynı zamanda herşey mümkündür. Bir dinamik sistemi kontrol etme gücünü elinde bulunduran bir varlık, sistemin belli bir zamanda, belli bir duruma "kendiliğinden" gelmesini sağlayacak başlangıç durumunu hesaplayabilir. Dinamik kanunlarının genel-geçerliği başlangıç şartlarının keyfiliği ile sağlanır.

Dinamik hareket yörüngesinin *geri-dönüşlülüğü* dinamiğin tüm öncüleri tarafından üstü kapalı olarak belirtilmişti. Örneğin gerek Galileo gerekse Huyghens, hareketi matematikselleştirmelerinin temeli olarak öne sürdükleri sebep-sonuç arası denklemin sonuçlarını anlatırken düşünce deneyi olarak elastik bir topun zemin üzerinde zıplamasını ele aldılar. Bu tür bir cisim anlık hızının ters dönmesiyle, sonunda başlangıç konumuna döner. Dinamik bu geri-dönüşlü özelliği tüm dinamik değişmelere atfeder. Bu ilk "düşünce deneyi" dinamik denklemlerin genel bir matematiksel özelliğini gösterir. Yani, bu denklemlerin yapısı gereği bir sistemin tüm noktalarının hızı tersine çevrilirse, "zamanda geriye" gidecektir. Önceki değişimi sırasında uğradığı tüm durumları tersine doğru izleyecektir. Dinamik, zamanın tersine dönmesi ($t \rightarrow -t$) ve hızın tersine yön değiştirmesi ($v \rightarrow -v$) gibi matematiksel anlamda denk değişimler tanımlar. Bir dinamik değişimin yaptığını hızın tersine yön değiştirmesiyle belirlenmiş bir başka değişimsiler ve bu şekilde başlangıç şartlarını yeniden sağlar.

Ne var ki, dinamikteki geri-dönüşlülük özelliği ancak kuantum mekaniğinin gelişiyle tam anlamıyla anlaşılmış bir zorluğu beraberinde getiriyor. Müdahale ve ölçme ise, temelde geri-dönüşsüzdür. *Aktif* bilim, buna göre, tanımı gereği dinamiğin tanımladığı idealize, geri-dönüşlü dünyaya yabancıdır. Daha genel bir açıdan bakıldığında, geri-dönüşlülük dinamiğin tanımladığı dünyanın "garipliği"nin bizzat sembolü olarak bile alınabilir. Herkes bir filmi geri çevirmekle ortaya çı-

kan saçma manzaraları bilir; alevi ile yeniden uzayan kibrit çöpü gibi, kırılan bir mürekkep şişesinden dökülen mürekkep tekrar içine toplandıktan sonra parça parça biraraya gelmesi gibi, dalların tekrar gençleşip taze filizlere dönüşmesi gibi. İşte klasik dinamiğin dünyasında bu tür olaylar da normalleri kadar mümkündür.

Okullarda ta başından beri bize belletilen klasik dinamik kanunlarına öylesine alışmışız ki, çoğu zaman dayandırıldıkları kabullenmelerin pervasızlığını farkedemiyoruz. Tüm hareket yörüngelerinin geri-dönüşlü olduğu bir dünya, aslında garip bir dünyadır. Bir diğer şaşırtıcı kabullenme de başlangıç şartlarının hareket kanunlarından tümüyle bağımsız olduğudur. Bir taşı alıp yalnızca kişinin fiziksel gücü ile sınırlı bir ilk hızla atmak mümkündür. Ama ya çok sayıda partiküllerden oluşmuş gaz bulutu gibi bir kompleks sisteme ne demeli? Açık ki, artık hiçbir şeye keyfî başlangıç şartları dayatamayacağız. Başlangıç şartları da bizatihi dinamik gelişimin bir sonucu olmalıdır. Burası, kitabın Üçüncü Bölümünde tekrar döneceğimiz önemli bir noktadır. Fakat ne tür kısıtlılıklar içinde olursa olsunlar, artık bugün, üç yüzyıl sonra, klasik dinamiğin kurucularının buldukları metodların mantıksal tutarlılığına ve gücüne yalnızca hayranlık duymamız gerekir.

HAREKET VE DEĞİŞİM

Aristo, zamanı değişimin ölçüsü yapmıştı. Fakat tabiattaki değişimin niteliksel çeşitliliğinin de tümüyle farkındaydı. Dinamikte ise hâlâ yalnızca bir değişim tipi, tek bir "süreç" vardır: hareket. Tabiattaki değişimlerin niteliksel çeşitliliği maddî cisimlerin relatif yer değişimlerinin çalışmasına indirgenmiştir. Zaman bu yer değişimlerinin tanımında kullanılan bir parametredir. Mekân ve zaman bu şekliyle klasik dinamik dünyasında kopmaz bir şekilde birbirine bağlıdır. (Bölüm IX'a da bakın.)

Dinamik değişim kavramını Newton'un kanunlarını formüle ettiği sıralar hayli gözde olan, atomistlerin değişim kavramıyla karşılaştırmak hayli ilginç gelebilir. Aslına bakılırsa, yalnızca Descartes, Gassendi ve d'Alembert değil, Newton bile hareket değişimlerinin nihaî ve

belki de tek kaynağının sert, katı atomların çarpışması olduğuna inanıyordu.[1] Ne var ki, dinamik ve atomik tanımlamalar yine de birbirinden köklü bir şekilde ayrılır. Gerçekte, dinamik denklemlerin tanımladığı ivmenin sürekli tabiatı, sert parçacıklar arasındaki süreksiz anlık çarpışmalarla keskin bir zıtlık oluşturur. Newton, her bir sert çarpışmanın dinamiğin tam tersine, geri-dönüşsüz bir hareket kaybıyla yürüdüğünü çoktan farketmişti. Tek geri-dönüşlü çarpışma —yani, dinamik kanunlarına uyan— "elastik", yani momentum-korunumlu çarpışmadır. Fakat tabiatın temel yapıtaşları sayılan atomlara "elastiklik" gibi karmaşık bir özellik nasıl atfedilebilirdi?

Diğer yandan, daha az teknik bir düzeyde, dinamik kanunlarının genellikle atomlar arası çarpışmalara atfedilen rastgelelikle çeliştiği görülür. Eski filozoflar, herhangi bir tabiat sürecinin atomların hareketleri ve çarpışmaları itibarıyla çok değişik biçimlerde yorumlanabileceğini çok önceden belirtmişlerdi. Bu, atomistler için sorun değildi, çünkü asıl hedefleri insanın kendi başına olduğu ve herhangi ilahî ya da tabiî bir otoriteden ceza ya da ödül beklemek zorunda olmadığı ilahsız, kanunsuz bir dünya tanımlamaktı. Fakat klasik bilim bir mühendisler ve astronomlar bilimi yani bir aksiyon ve tahmin bilimiydi. Hipotetik atomlar üzerine dayalı spekülasyonlar bu bilimin ihtiyaçlarını gideremezdi. İşte, buna karşılık, Newton kanunları tahmin ve müdahale manivelası oldu. Tabiat böylece, kaotik, kuralsız ve kendi başına-buyruk olmaktan çıkıp kanuna itaatkâr, uysal ve tahmin edilebilir oluverdi. Fakat atomların hiç durmaksızın birleşip-ayrıldıkları ölümlü, kararsız dünya ile Newton'un totolojik bir geleceğin açılımını içeren bir ebedî gerçeği temsil eden tek bir matematik formülden ibaret kanunlarının yönettiği değişmez, sabit, dinamik dünya arasındaki bağlantı neydi?

1. Bu nokta için, bak. T. Hankins, "The Reception of Newton's Second Law of Motion in the Eighteenth Century", *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, c. XX (1967), s. 42-65 ve I. B. Cohen, "Newton's Second Law and the Concept of Force in the Principia", *The Annus Mirabilis of Sir Isaac Newton, Tricentennial Celebration, The Texas Quarterly*, c. X, No. 3 (1967), pp. 25-157. Bunu izleyen dört paragraf, atomizm ve korunum teorilerini ilgilendirdiği kadar N. Scott'un, *The Conflict Between Atomism and Conservation Theory* (London: Macdonald, 1970) adlı makalesine dayanmaktadır.

Yirminci yüzyılda, Koyré'nin belirttiği gibi, Descartes'ı zamanında oldukça rahatsız etmiş aynı durumla, kanuna uygunluk ve rastgeleliğin çatışmasıyla yeniden yüzyüzeyiz.[2] Ondokuzuncu yüzyılın sonlarından bugüne gelinceye kadar kinetik gaz teorisi sayesinde, atomik kaos tekrar fiziğin parçası oldu ve dinamik kanunlar ile istatistiksel tanımların ilişkisi problemi fiziğin özüne sindi. Dinamiğin halihazır yenilenmesindeki anahtar unsurlardan biri de bu problemdir. (Kitap III'e bakın.)

Ne ki, bu çelişki, onsekizinci yüzyılda bir açmaz gibi görünüyordu. Bu, bazı onsekizinci yüzyıl fizikçilerinin Newton'un dinamik tanımlamalarının önemi konusundaki şüpheciliklerini kısmen açıklayabilir. Çarpışmaların bir hareket kaybına yol açabileceğini daha önce de belirtmiştik. Onlar da, bu yüzden bu gibi ideal-dışı olaylarda, "enerji"nin korunmadığına fakat *geri-dönüşsüz* şekilde dağıldığını hükmetmişlerdi. (Bk. Bölüm IV, 3. Kısım). Dolayısıyla, atomistler dinamiği sınırlı bir değere sahip bir idealizasyon olarak görmekten kendilerini alamadılar. d'Alembert, Clairaut ve Lagrange gibi kendine güvenen fizikçi ve matematikçiler uzun bir süre Newtonculuğun baştan çıkarıcı çekiciliğine direndiler.

Newtoncu değişme kavramının kökleri acaba nerede? Newtoncu kavram, öyle gözüküyor ki, bir sentezdi;[3] birbiriyle temas halindeki parçalar arasında hareketi çarpışmasız ve sürtünmesiz olarak ileten ideal makineler bilimi ile birbiriyle uzaktan etkileşen gök cisimleri biliminin bir senteziydi. Belirttiğimiz gibi, rastgele çarpışmalar kavramı üzerine kurulmuş atomizmin antitezi olarak gözüküyor. Peki, bu Newtoncu dinamiğin düşünce tarihinde bir sıçrama, bir devrimci yenilik olduğuna inananların görüşlerini haklı çıkarır mı? Pozitivist tarihçilerin, Newton'un önceden bilinen fikirleri telaffuz etmekten kaçınmış olmasını ve gezegen hareketlerinin matematiksel incelemesinden ve düşen cisimlerin tâbi olduğu kanunlardan bir "evrensel" kuvvetin eylemini çıkarsama cesaretini anlatırken ileri sürdükleri şey de budur. Oysa bilindiği gibi, onsekizinci

2. A. Koyré, Galileo Studies (Hassocks, Eng.: The Harvester Press, 1978), s. 89-94.
3. Ernst Mach, mekanik tarihi ile ilgili çalışmasında —*The Science* of *Mechanics: A Critical and Historical Account of Its Development* (La Salle, III.; Open Court Publishing Company, 1960)— hareket yörüngeleri ve mühendis hesaplamalarının modern dinamiklerinin bu dual filyasyonuna dikkat çekiyor.

yüzyıl rasyonalistleri Newton'un matematiksel kuvvetleri ile, geleneksel gizli (*occult*) nitelikler arasındaki açık benzerlikten söz açıyorlardı. Bereket versin, bu eleştirmenler Newtoncu kuvvetlerin gerisinde yatan garip öyküyü bilmiyordu! Çünkü Newton'un kuvvetlerin yapısıyla ilgili özenli ifadesinin —"Ben hipotez kurmam"— gerisinde bir simyacının ideali yatar.[4] Artık çok iyi biliyoruz ki, tüm matematik çalışmalarının yanısıra, Newton otuz yıl boyunca eski simyacıları incelemişti ve onların başaramadığı asıl işi, yani diğer madenleri altına dönüştürme işini başarmak için laboratuvar deneyleri yapıyordu.

Son zamanlarda kimi tarihçiler Newton'un gökyüzünü ve yeryüzünü sentezlemesini bir astronomi değil, bir kimya başarısı sayacak kadar ileri giti. Maddeyi "canlandıran" ve kelimenin daha derin anlamıyla, tabiatın asıl aktivitesini oluşturan Newtoncu kuvvetler, buna göre, kimyacı Newton'un gözlediği ve müdahale ettiği kuvvetlerin, yani maddeyi devamlı yeni kombinasyonlara sokup çıkaran kimyasal "yakınlıklar"ın mirasçısı olabilirler.[5] Göksel yörüngelerin burada oynadığı rol tabii ki açıklanmamış oluyor. Kaldı ki, yoğun astronomik çalışmalarının başında —1679'larda— Newton, belli ki, kimyasal kuvvetlere benzer ve belki matematiksel olarak daha kolay incelenebilecek yeni türden çekim kuvvetlerini ancak göklerde bulabileceğini umuyordu ve altı yıl sonra bu matematiksel çalışma beklenmedik bir sonuca vardı: Geze-

4. Newton'un, şimdiye kadar "bilimsel değil" diye ihmal edilmiş ya da önemsenmemiş, hayli kabarık "Simya Makaleler"ini incelemeye başlayan bugünkü tarihçilerin yorumu en azından böyle.
Bak. B. J. Dobbs, *The Foundations of Newton's Alchemy* (Cambridge: Cambridge University Press, 1975); R. Westfall, "Newton and the Hermetic Tradition" in *Science, Medicine and Society*, nşr. A. G. Debus (London: Heinemann, 1972); ve R. Westfall, "The Role of Alchemy in Newton's Career", *Reason, Experiment and Mysticism*, nşr. M. L. Righini Bonelli ve W. R. Shea (London: Macmillan, 1975). Bu makalelerin derlenmesinde önemli bir rol üstlenen Lord Keynes'in özetiyle, "Newton akıl çağının ilki değildi. O, Babillerin ve Sümerlerin sonuncusuydu, görünen ve zihinsel olarak varolan dünyaya, ta 10.000 yıl öncesinden bugünkü entellektüel mirasımızı inşa etmeye başlayanların baktığı aynı bakışla bakan son büyük zekâ idi".

5. Dobbs, a.y., ayrıca, iki maddenin "sosyalleşmesi"ne aracı olan "medyatör"ün rolünü incelemiştir. Burada Goethe'nin *Elective Affinities* kitabındaki (İngilizce'ye çeviri. Greenwood 1976) medyatörün önemini de hatırlayabiliriz. Kimyayı ilgilendirdiği kadarıyla, Goethe Newton'dan geri kalmamıştı.

genler arasındaki kuvvetlerle serbetçe düşen cisimleri ivmelendiren kuvvetler sadece benzer değil, birbirinin aynısıydı. Çekim her gezegen için özgül değildi; hep aynı idi. Dünya etrafında dolanan ay için de, gezegenler için de, hatta güneş sisteminin içinden gelip geçen kuyruklu yıldızlar için de aynı idi. Newton kendisini gökte kimyasal kuvvetlere benzer kuvvetler bulmaya şartlandırmıştı: her kimyasal bileşik için ayrı ve her bileşiğe niteliksel olarak farklılaşmış bir aktivite veren özgül affiniteler (yakınlıklar). Fakat sonuçta eline geçen, kendi ifadesiyle gerek kimyasal gerek mekanik gerekse göksel tüm olaylara uygulanabilen evrensel bir kanun oldu.

Newtoncu sentez, bu nedenle bir sürprizdir. Bilim dünyasının Newton'u modern bilimin sembolü yaparak kutladığı beklenmedik, şaşırtıcı bir buluştur. Özellikle şaşırtıcı olan da, tabiatın, en temel sırrını mucidane tek bir atılımla hemencecik açığa vurduğunun sanılmasıydı.

Uzun bir süre İngiliz Mehdi'nin bu zaferi, tabiatın kendini böyle kolayca ele vermiş olması, önde gelen rasyonalistlerin entellektüel skandallarının önemli bir kaynağı oldu. Newton'un çalışmasının salt bir ampirik keşif olduğu ve dolayısıyla, aynı şekilde empirik olarak yanlışlanabilir olduğu düşünülüyordu. 1747'de Euler, Clairaut, d'Alembert ve kuşkusuz zamanın önde gelen diğer bilim adamları aynı sonuca vardılar: Newton yanılıyordu. Ayın hareketini açıklayabilmek için çekim kuvvetine daha karmaşık bir matematiksel biçim verilmeli, iki terimin toplamı yapılmalıydı. Sonraki iki yıl boyunca, her biri tabiatın Newton'un yanlışını ispatladığına inandılar, ve bu inanç bir endişe kaynağı değil, bir heyecan kaynağı oldu. Fizikçiler, Newton'un keşfini, fizik biliminin kendisiyle özdeş görmek bir yana dursun, neşe içinde tümden silmenin hazırlığını yapıyorlardı. D'Alembert Newton'a karşı taze delil aramanın bile gereksizliğini söyleyecek kadar ileri gitti ve ona "*le coup de pied de l'âne*"[6(*)] verdi.

Bu hükme karşı, tek cesur ses Fransa'dan çıktı. 1748'de, şöyle yazıyordu Buffon:

---

6. Newton'un "hatası"nın öyküsü Hankins'in *Jean d'Alembert*'inde, s. 29-35 anlatılmaktadır.

(*) "Eşek Çiftesi"

> Bir fiziksel kanun yalnızca ölçümü kolay olduğu, ve temsil ettiği ölçek her zaman aynı değil, aksine her biri eşsiz ve tek olduğu gerçeği yüzünden bir kanundur... Clairaut Newtoncu sisteme bir itiraz getirdi. Fakat bu topu topu sadece bir itirazdır ve bir ilkeye dönüşmemeli ve dönüşemez; bunu aşacak ve tüm sonuçlarıyla yalnızca aritmetik hesaplamaya dayanan bir teoriye dönüşmesini önleyecek bir teşebbüs yapılmalı. Çünkü söylediğim gibi, sadece aritmetik hesaplama yoluyla herhangi bir şey temsil edilebilir ve sonuçta hiçbir şey başarılmamış olabilir ve eğer, meselâ çekim gibi bir fiziksel kanuna birkaç terimin eklenmesine izin verirsek, gerçeği temsil etmek yerine keyfiliğe birşey ilave etmiş oluruz, o kadar.[7]

Buffon daha sonra kimya araştırma programının çok kısa bir süre için de olsa, ne şekil alacağını söyleyecekti:

> Değişik maddelerin bileşenlerinin birbirlerinden ayrılıp yeni homojen maddeler oluşturmasını sağlayan affinite kanunları tüm göksel cisimleri karşılıklı etkileşimle yöneten genel kanunların aynısıdır: Aynı şekilde ve aynı kitle ve uzaklık oranına göre etkirler; bir miktar su, kum ya da bir parça metal diğer şeylere tıpkı göksel kitlelerin ay üzerine etkileri gibi etkirler. Ve eğer çekim kanunları şimdiye kadar gravite kanunlarından farklı görülmüşse bu tümüyle anlaşılamadıkları, tam olarak kavranamadıkları içindir; problem tüm boyutlarıyla ele alınmadığı içindir. Çok büyük uzaklıklar nedeniyle göksel cisimler arasındaki etkileşim kanunlarına çok az veya sıfır etkisi olan sayısal veriler, aradaki uzaklık çok küçük ya da sıfır olduğunda, tam tersine çok önem kazanacaktır... Torunlarımız aritmetik hesaplamalarla bu yeni bilgi alanına gireceklerdir. (Yani sayısal verilerle elementer parçacıklar arası etkileşim kanunu çıkarsayabilecekler.)[8]

Tarih, kuvvetin yalnızca bir matematiksel artık olmadığını, aksine yeni tabiat biliminin temeli olduğunu söyleyen natüralistleri haklı çıkaracaktı. Fizikçiler daha sonra hatalarını kabul etmek zorunda kaldılar. Laplace, *Systeme du Monde*'u bundan elli yıl sonra yazabildi. Evrensel çekim kanunu tüm sınavlardan başarıyla çıkmıştı: kanunu yanlışlar gö-

7. G. L. Buffon, "Réflexions sur la loi d'attraction", *Introduction à l'histoire des minéraux* (1774), Tome IX of *Oeuvres Complètes*'e ek (Paris: Garnier Frères), s. 75-77.
8. G. L. Buffon, *Histoire naturelle. De La Nature, Seconde Vue* (1765) H. Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*'de zikrediliyor (Paris: Blanchard, 1974), s. 57-58.

züken çok sayıda olgu, kanunun geçerliliğini ispatlayan göz alıcı bir gösteriye dönüşmüştü. Yine o sıralar, Buffon'un etkisiyle, Fransız kimyacılar fiziksel atraksiyon (cazibe) ile kimyasal affinite arasındaki garip analojiyi yeniden keşfettiler.[9] Hiç taviz vermedikleri rasyonalizmleriyle bu tür muğlak ve kısır "analojiler"e kesinlikle karşı olan d'Alembert, Condillac ve Condorcet'nin alaya almalarına rağmen, Newton'un yolunu ters yönde yıldızlardan maddeye doğru izlediler.

Ondokuzuncu yüzyılın başlarına gelindiğinde Newtoncu program —tüm fiziko-kimyasal olayların kuvvetlerin etkinliğine (gravitasyonel atraksiyon (cazibe) yanında cisimleri genleştiren ve çözünmeyi kolaylaştırıcı nitelikteki ısının itici kuvveti ile elektriksel ve manyetik kuvvetler de buna dahildir) indirgenmesi— Napoleon'un Avrupa'ya hükmettiği o sıralar bilim dünyasına hükmeden Laplace okulunun resmî programı olmuştu.[10]

Ondokuzuncu yüzyılın başları büyük Fransız *ekolleri*'nin yükselmesine ve üniversitelerin yeniden düzenlenmesine şahit oldu. Bilim adamlarının öğretmen ve profesyonel araştırmacı olması ve peşinden gelecekleri eğitme görevini üstlenmeleri bu sıralarda oldu.[11] Bir bilgi

---

9. A. Thackray, *Atom and Power: An Essay on Newtonian Matter Theory and the Development* of *Chemistry*'de (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1970), s. 199-233. Fransız kimyasının nasıl Buffoniyenleştiğini anlatır. Berthollett'in *Statique chimique*'i kendi öğrencileri kimsayal reaksiyonları Newtoniyen kavramlarla bağdaşır biçimde anlamaktan vazgeçtikleri için, Buffon'un programını tamamlamış ve aynı zamanda kapatmıştır.
10. Burada Newton'un ve Fransa'daki zaferinin ne de hezimetinin nedenlerini açıklamaya çalışıyor değil; hiç olmazsa bu olaylar ve bilimin profesyonelleşme sürecinin evreleri arasındaki kronolojik bağlantıyı ortaya koymak istiyoruz. Bak M. Crosland, *The Society* of *Arcueil: A View* of *French Science at the Time* of *Napoléon* (London: Heinemann, 1960) ve aynı yazarın *Gay Lussac* adlı kitabı (Cambridge: Cambridge University Press, 1978).
11. Thomas Kuhn, geleceğin bilim adamlarını yetiştirme görevini üzerine alan —diğer bir deyişle, bilimsel aktivitenin bugün en temel karakteristiği olarak bildiğimiz, kendi kendilerini üretmelerini sağlayan— bilimsel kurumları bu şekilde yorumlamaktadır. Aynı problemi M. Crosland, R. Hahn ve W. Farar da, *The Emergence* of *Science in Western Europe*'da nşr. M. Crosland (London: Macmillan, 1975) ele almışlardır.

sentezi ortaya koyma, hepsini ders kitaplarına ve halkın anlayabileceği dile dökme teşebbüsleri de bu zamana rastlar. Bilim artık *salonlar*da tartışılmıyor, öğretiliyor ya da popülarize ediliyordu.[12] Bu tümüyle profesyonel bir uzlaşı ve resmi otorite meselesi olmuştu. İlk uzlaşı da Newtoncu sistem etrafında merkezîleşiyordu: Fransa'da Buffon'un kendine güveni, sonunda Aydınlanmanın şüpheciliğine galip geldi.

Newton'un İngiltere'de neredeyse ilahlaştırılmasından bir yüzyıl sonra, Ampère'in oğlunun yazdığı şu dizelerin tumturaklı üslûbu Papa'nın mezar kitabesini andırır:[13]

Bilim'in Mesihi'nin gelişini müjdelercesine
Ufuktaki bulutları kovdu Kepler.
Sonra bir Söz'le bir insan yaratıldı,
Herşeyi gören Tanrı'nın Sözüyle.
Onu ki Eflatun kutsamıştı ve Newton dendi O'na
Ve geldi vahyedildi yüce,
Ebedî, evrensel ilke, Tanrı kadar Tek ve Eşsiz
Dünyalar sustu, O konuştu: ÇEKİM
Bu sözle başladı yaratılış emri.(*)

Kısa, fakat silinmez izler bırakan bir süre içinde, bilim muzaffer oldu, güçlü devletlerce tanındı onurlandırıldı ve kâinatın kavranmasında tutarlı bir yol olduğu ilan edildi. Newton, Laplace'ın kutsamasıyla bu altın çağın evrensel sembolü oluverdi. Tarihin mutlu bir anı yaşanıyordu; bilim adamlarının hem kendilerince, hem de başkalarınca ilerlemenin öncüsü kabul edildikleri, tüm toplumun benimsediği, cesaretlendirdiği bir çabanın sonuçlandığı andı bu.

---

12. Fransa'da Gaston Bachelard gibi felsefecilerin hayli küçümsediği bu "sıradan" ilginin rolü onsekizinci yüzyıl biliminin açık karakterinin göstergesi olarak görülmelidir. Bir bakıma, ondokuzuncu yüzyılda, en azından bilimsel *kültür* açısından bir gerileme yaşandığını hiç tereddütsüz söyleyebiliriz. Bugün bu gerçeği bilimsel konuların profesyonel olmayan kişilerce tartışıldığı yerel akademi ve çevrelerin çokluğundan çıkarsayabiliriz.

13. J. Schlanger'ın, *Les métaphores de l'organisme*'inde (Paris: Vrin, 1971), s. 108, geçiyor.

(*) Aslı Fransızca olup yazarların İngilizce çevirisinden Türkçeleştirilmiştir. (Ç.N.)

Alan teorisinin, relativitenin ve kuantum mekaniğinin gelişmesinin ardından bugün Newtoncu sentezin önemi nedir acaba? Bu sonra ele alacağımız, karmaşık bir problemdir. Artık biliyoruz ki tabiat her zaman "kendisiyle çelişkisiz ve uyumlu" değildir. Mikroskobik düzeyde, klasik mekanik kanunlarının yerini kuantum mekaniği kanunları aldı. Benzer şekilde, uzay düzeyinde Newtoncu fiziğin yerinde artık relativite fiziği var. Ne ki, klasik fizik bu iki uç arasındaki yerini hâlâ koruyor. Dahası, bizim tanımladığımız anlamıyla —yani determinist, geridönüşlü, statik hareket yörüngelerinin tanımı olarak— Newton dinamiğinin hâlâ fiziğin özünü oluşturduğu söylenebilir.

Şüphesiz, Newton'dan bu yana klasik dinamik formülasyonları büyük değişime uğradı. Bu Hamilton ve Poincaré gibi en büyük matematikçi ve fizikçilerin çalışmaları sonucu oldu. Kısaca, iki ayrı dönemden söz edebiliriz. İlk olarak bir açıklama ve genellemeler dönemi yaşandı. İkinci dönemde de klasik dinamiğin dayandığı, başlangıç şartları gibi, hareket yörüngeleri gibi temel kavramlar, klasik dinamiğin (kuantum mekaniğinin ve relativitenin aksine) geçerliliğini koruduğu alanları da içermek üzere eleştirel bir revizyondan geçti. Bu kitabın yazıldığı şu anda, yirminci yüzyılın sonuna doğru, hâlâ bu ikinci dönemin içindeyiz. Şimdi de ondokuzuncu yüzyıl bilim adamlarının keşfettiği dinamiğin genel diline bir göz atalım. (Bölüm IX'da kısaca klasik dinamiğin günümüzde yeniden canlanışını anlatacağız).

DİNAMİĞİN DİLİ

Günümüzde klasik dinamik, öz ve şık bir biçimde formüle edilebilir. İleride göreceğimiz gibi, bir dinamik sistemin tüm özellikleri *tek* bir fonksiyon cinsinden —Hamilton fonksiyonu— özetlenebilir. Dinamiğin dili çarpıcı bir tutarlılık ve bütünlük sergiler. Her meşru probleme bir kesin formülasyon giydirilebilir. Açık ki, dinamiğin yapısı ondokuzuncu yüzyıldan bu yana hayal gücünü hem olağanüstüleştirdi, hem ürkünçleştirdi.

Dinamikte belli bir sistem değişik bakış açılarından ele alınabilir. Klasik dinamikte tüm bakış açıları birinden diğerine bir transformasyonla —yani değişkenlerde ayarlama yaparak— geçebileceğimiz için birbiriyle denk sayılır. Dinamik kanunlarının geçerli olduğu çeşitli temsillerden söz edebiliriz. Bu çeşitli temsiller dinamiğin genel dilini oluşturur. Bu dil klasik dinamiğin, tanımladığı sistemlere atfettiği statik karakterin açıklık kazanması için kullanılabilir: değişik sınıftan dinamik sistemler için zaman sadece bir tesadüf gibi gözükebilir, çünkü tüm tanımlar etkileşmeyen mekanik sistemlerin tanımına indirgenebilir. Bu kavramları basit bir şekilde anlatmaya, enerjinin korunumu ilkesiyle başlayalım.

Dinamiğin, sürtünmeden ve çarpışmadan azade, ideal dünyasında makineler bire bir randımanla çalışır —makineyi oluşturan dinamik sistem aldığı tüm hareketi eksiksiz olarak iletir. Belli miktarda bir potansiyel enerji alan bir makine (meselâ, sıkıştırılmış bir yay, kaldırılmış bir ağırlık, sıkıştırılmış hava) "denk" miktarda yani tam makinenin hareketi üretirken harcadığı potansiyel enerjiyi karşılamaya yetecek miktarda, kinetik enerjiye karşılık gelen bir hareket üretebilir. Bunun en basit örneği hesaba giren tek kuvvetin gravite olduğu (basit makinelere, çıkrıklara, kaldıraçlara, vs. uygulanabilen) durumlardır. Bu durumda sebep ve sonuç arasında tümüyle denk bir ilişki kurmak kolaydır. Bir cismin düştüğü yükseklik (h) tümüyle düşüşü sırasında kazandığı hızı belirler. Kütlesi m olan bir cisim ister dikey olarak düşşün ister eğik bir düzlemde aşağıya doğru kaysın, isterse iniş çıkışlı bir yolu izlesin, kazanılan hız (v) ve kinetik enerji ($mv^2/2$) yalnızca düşülen düzeye $h(v=\sqrt{2gh})$ bağlıdır ve cismi başlangıçtaki yüksekliğe döndürmeye yeter. Bu yukarı doğru harekette gravite kuvvetine karşı yapılmış olan iş, sistemin düşüşüyle kaybettiği potansiyel enerjiyi, mgh yerine koymuş olur. Bir diğer örnek sarkaçtır, burada kinetik enerji ve potansiyel enerji sürekli olarak birbirlerine dönüşürler.

Şüphesiz, yere doğru düşen bir cisim yerine, etkileşen cisimlerden oluşan bir sistemle ilgileniyorsak, durum bu kadar kolayca göz önüne getirilemez. Yine de her an için kinetik enerjideki değişimleri telafi eder. Yine burada da, enerji izole bir sistemde korunmuş olur.

Partiküllerin göreli pozisyonlarına bağlı olan potansiyel enerji (geleneksel olarak *V* ile gösterilir) dolayısıyla, makine imalatçılarının makinenin iç konfigürasyonundaki bir değişikliğin sonunda üreteceği hareketi ölçmelerini sağlayan niceliğin bir genellemesidir (örneğin makinenin parçası olarak düşündüğümüz *m* kütlesinin yüksekliğinin değişimi ona *mgh* kadar bir potansiyel enerji kazandırır). Dahası, potansiyel enerji, her bir an için tanımlanacak sistemin her değişik noktasına her bir anda etkiyen kuvvetler takımını hesaplamamıza imkân tanır. Her noktadaki potansiyel enerjinin uzay koordinatı, *q*'ya göre türevi bu noktaya bu koordinat yönünde uygulanan kuvveti verir. Newton'un hareket kanunları böylece kuvvet yerine potansiyelin fonksiyonu ana nicelik alınarak formüle edilebilir; bir nokta kütlenin her andaki hız değişimleri (ya da momentumu *(p)* yani kütle ve hızın çarpımı *(mv)*) potansiyelin o kütlenin *q* koordinatına göre türevi hesaplanarak ölçülür.

Ondokuzuncu yüzyılda bu formülasyon yeni bir fonkisyonun, Hamilton fonksiyonunun (*H*) devreye girmesiyle genelleştirildi. Bu fonksiyon basitçe, total enerjiyi, yani sistemin potansiyel ve kinetik enerjisinin toplamını temsil eder. Ancak bu enerji, artık pozisyonlar (*q*) ve hızlar (*dq/dt*) cinsinden ifade edilmez. *Kanonik* değişkenler —koordinatlar (*q*) ve momentumlar (*p*)— denen birimler cinsinden ifade edilir. Basit örneklerde, meselâ serbest bir partikül için, hız ve momentum arasında doğru orantılı bir ilişki (*p*= *mdq/dt*) vardır, fakat genelde bu ilişki daha karmaşıktır.

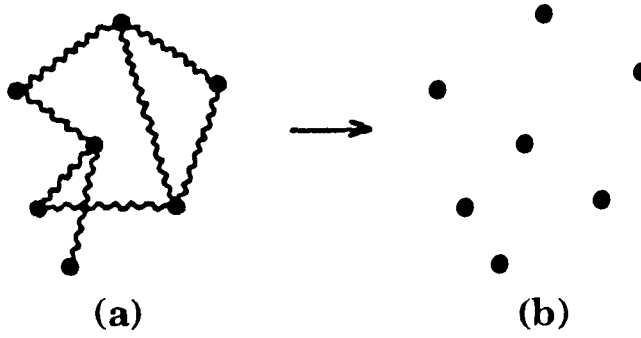
Tek bir fonksiyon, yani Hamilton fonksiyonu, *H (p, q)* bir sistemin dinamiğini *tümüyle* tanımlar. Tüm tecrübi bilgimiz *H* biçimine sokulur. Bu fonksiyon bilindikten sonra, en azından prensipte, olası tüm problemleri çözebiliriz. Meselâ, koordinatın ve momentumların zaman içindeki değişimleri basitçe *H*'nın *p*'ye ya da *q*'ya göre türeviyle hesaplanır. Dinamiğin Hamiltoncu formülasyonu bilim tarihinin en büyük başarılarından biridir. Bu formülasyon giderek elektriği ve manyetizmi kapsayacak şekilde genişletildi. Kuantum mekaniğinde, ileride de göreceğimiz gibi Hamilton'un *H* anlamının genelleştirilmek zorunda kalındığı doğrudur: burada artık basit bir koordinatlar ve momentumlar

fonksiyonu değil, yeni bir tür entite, bir operatör haline gelir. (Bu konuya Bölüm VII'de döneceğiz). Şöyle ya da böyle Hamiltoncu tanım bugün hâlâ büyük önemini korumaktadır. Hamilton türevleri yardımıyla koordinatların ve momentumların zaman boyu değişmelerini veren denklemlere *kanonik* denklemler denir. Bu denklemler tüm dinamik değişmelerin genel özelliklerini içerir. İşte tabiatın matematikselleştirilmesinin zaferi ile karşı karşıyayız. Klasik dinamiğin uyguladığı tüm dinamik değişmeler bu basit matematiksel denklemlere indirgenebilir.

Bu denklemleri kullanarak, klasik dinamiğin öngördüğü, yukarıda sözü edilen tüm genel özellikleri doğrulayabiliriz. Kanonik denklemler *geri-dönüşlüdür*; zamanın tersine yön değiştirmesi matematiksel olarak hızın tersine yön değiştirmesine denktir. Kanonik denklemler *korunumludur* da: Sistemin enerjisini kanonik değişkenlerle —koordinatlar ve momentumlar— ifade eden Hamilton fonksiyonunun kendisi de zaman boyunca ürettiği değişikliklerle korunur.

Hamiltoncu biçimdeki hareket denkleminin kurulabileceği çok değişik bakış açılarının ya da "temsiller"in varolduğuna daha önceden de dikkat çekmiştik. Bunların hepsi de değişik koordinat ve momentum seçeneklerine karşılık gelir. Dinamiğin temel problemlerinden biri de, olası en basit dinamik tanımı elde edebilmek için gerekli q ve p kanonik değişkeni çiftinin seçiminin nasıl yapılacağının duyarlı bir şekilde belirlenmesidir. Meselâ Hamilton fonksiyonunu klasik enerjiye indirgeyen kanonik değişkenleri arıyor olabilir ve yalnızca momentumlara (koordinatları bir kenara bırakarak) bağlı kalabiliriz. Garip ki bu durumda momentumlar hareketin sabiteleri olur. Gerçekte, önceden gördüğümüz gibi, momentumların zaman boyu değişmeleri, kanonik denklemlere göre, Hamilton fonksiyonunun koordinatlara göre türevine bağlıdır. Bu türev kaybolduğunda, momentumlar gerçekte hareket sabitelerine dönüşür. Bu bir "serbest partikül" sisteminde olanlara benzer. Bir serbest partikül sistemine geçtiğimizde temsili değiştirerek etkileşimi "saf dışı bırakmış" oluruz. Bunun mümkün olduğu sistemleri "entegre edilebilir sistemler" olarak tanımlarız. Herhangi bir entegre edilebilir sistem, böylece, her biri birbirinden ayrı, tamamen bağımsız bir bi-

çimde değişen, Aristo'nun gök cisimlerine atfettiği türden, sonsuz ve kesiksiz bir hareket halinde olan bir birimler takımıyla temsil edilebilir (Şekil 1).



(Şekil 1) : Aynı dinamik sistemin iki türlü temsili:
a) Etkileşen bir noktalar takımı olarak; noktalar arasındaki etkileşim dalgalı çizgilerle gösteriliyor.
b) Her noktanın diğerlerinden tamamıyla bağımsız hareket ettiği bir noktalar takımı. Potansiyel enerji elimine edildiğinden, noktaların göreceli hareketleri göreceli konumlarına bağlı değildir.

Daha önce de belirttiğimiz gibi dinamikte "her şey belirlidir". Bunun buradaki anlamı ise şu: Ta ilk andan başlayarak, hareketin çeşitli sabitelerinin değeri bellidir; bunun dışında hiçbir şey "olmaz", "vukû bulmaz". İşte burada bilim tarihinin dramatik anlarından birine, tabiatın tasvirinin neredeyse tümüyle statik bir tabloya indirgendiği ana gelmiş oluruz. Aslında değişkenler üzerinde yapılacak zekice bir ayarlamayla, tüm etkileşimlerin yokedilmesi mümkündür. Entegre edilebilir sistemler serbest parçacıklara indirgenebilir olmaları nedeniyle, dinamik sistemlerin ilk örneği —prototipi— olarak görülüyordu. Fizikçiler ve matematikçiler kuşaklar boyu her bir tür sistem için, etkileşmeleri elimine edecek "uygun" değişkenler bulmaya çalıştılar. Çok genişçe çalışılmış örneklerden biri üç-cisim problemiydi; ve belki de bu problem dinamik tarihindeki en önemli problem oldu.

Hem Dünyadan hem Güneşten etkilenen Ayın hareketi, bu problemin bir örneği idi. Bu örneği entegre edilebilir bir sistem biçiminde ifade etmek için ta ondokuzuncu yüzyılın sonlarına doğru Bruns ve Poincaré'nin bunun imkânsızlığını göstermesine kadar sayısız teşebbüsler yapıldı. Bu sonuç büyük bir şaşkınlık getirdi ve aslında, entegre edilebilir sistemlere dayalı bir dinamiğin olası tüm genellemelerinin sonunu getirdi. Bruns ve Poincarè'nin buluşları dinamik sistemlerin izomorfik —eşbiçimli— olmadıklarını gösteriyordu. Basit, entegre edilebilir sistemler gerçekten de etkileşimsiz birimlere indirgenebilirdi, fakat genel anlamda, etkileşimler elimine edilemezdi. Bu buluş, zamanında pek iyi anlaşılmamış da olsa, dinamik dünyanın homojen ve entegre edilebilir sistemler kavramına indirgenebilir olduğu inancının sonunu haber verdi. Gelişme ve etkileşme içinde bir çokluk olarak tabiat, böylece, zamansız ve evrensel şablona indirgenmeye direnmişti.

Aynı yönde başka işaretler de vardı. Hareket yörüngelerinin determinist kanunlara karşılık geldiğini daha önce belirtmiştik; başlangıç şartları bilindiğinde dinamik hareket kanunları yörüngenin gelecekteki ya da geçmişteki her noktasının hesaplanmasını sağlar. Ancak bir yörünge belli tekil noktalarda yapısı gereği belirsizleşebilir. Sözgelimi katı bir sarkaç niteliksel olarak farklı iki tip davranış gösterebilir: ya salınır ya da dolanır. Eğer ilk itiş sarkacı ancak sıfır hızında bir dikey pozisyona getirecek kadarsa, bundan sonra hangi yönde düşeceği ve dolayısıyla hangi tip hareketi yapacağı belirsizdir. İnfinitesimal —sonsuz küçük— bir müdahale bile sarkacın salınmaya ya da dolanmaya geçmesine yeter. (Hareketin "kararsızlığı" problemi tümüyle Bölüm IX'da tartışılacaktır.)

Maxwell'in bu tekil noktaların önemini başından beri vurgulaması manidardır. Barut pamuğunun patlayışını anlattıktan sonra şöyle devam eder Maxwell:

> Buna benzer tüm olgularda ortak bir durum söz konusudur: sistemin, harekete dönüşebilecek nitelikte, fakat sistemin ancak, çoğu kez sonsuz küçüklükte ve genellikle sonuçta elde edilen enerjiyle orantılı olmayan bir işi kullanarak ulaşabileceği belli bir konfigürasyona gelme-

> den bu dönüşüme geçmeyen bir miktar potansiyel enerjisi vardır. Meselâ, bir dağ yamacında buzlanmayla yerinden gevşeyip tekil bir noktada dengede duran bir kaya, koca ormanları tutuşturan küçük bir kıvılcım, dünyayı savaşa götüren küçük bir söz, her bir insanı arzusunu yapmaktan alıkoyan küçük bir tereddüt, tüm patatesleri küflendiren küçük bir spor, bizleri filozof ya da aptal yapan küçük farklılıklar. Her varlığın belli bir düzeyden sonra tekil noktaları olur: Düzey yükseldikçe bu noktalar da artar. Bu noktalarda fiziksel büyüklüğünü sınırlı bir varlığın hesaba katamayacağı kadar küçük etkiler en büyük sonuçları bile doğurabilir. İnsanoğlunun çabasıyla elde edilmiş tüm büyük sonuçlar bu tekil noktaları farkedip değerlendirmeye dayanır.[14]

Bu türden tekil noktalar içeren sistemlerin belirlenmesi için uygun matematiksel tekniklerin olmayışına ve bu tür tekil noktaların oynadığı esaslı rolleri, ileride göreceğimiz gibi, daha derinlemesine kavramamızı sağlayan bugünkü kimyasal, biyolojik bilgi düzeyine henüz erişilmemiş olması nedeniyle, bu kavram daha ileri düzeye götürülemedi.

Ancak, ne kadar da olsa, Leibniz'in monadlarından (4. kısmın sonuç bölümüne bak) günümüze kadar, (meselâ, Bohr modelindeki elektronların sabit durumları bk. Bölüm VII), entegre-edilebilir sistemler, dinamik sistemlerin en ideal modeli olageldi ve fizikçiler aslında Hamilton denklemlerinin çok özel bir sınıfı olan bu modelin özelliklerini genelleştirmeye çalıştılar. Entegre-edilebilir sistemler son zamanlara kadar tam anlamıyla çalışılmış tek sistemler sınıfı oldu. Ayrıca tüm problemleri temsil edebilecek —problemleri anlamsız olarak tanımlamak şartıyla— bir kapalı sistem her zaman için heyecan vericidir. Dinamik öyle bir dildir ki, tanımı gereği bir bütün olarak, tanımladığı dünyanın bir uzantısıdır. Basit ya da karmaşık tüm problemleri hepsini her zaman aynı genel biçime sokabildiği için birbirine benzer sayar. Bu da tüm problemlerin çözümleri açısından bakıldığında da birbirine benzer olduğu ve entegrasyon sürecinin çok ya da az karmaşık oluşu sonucu yeni hiçbir şeyin ortaya çıkmayacağı hükmüne eğilimi artırmıştır. Bugün artık yanlış olduğundan emin olduğumuz, işte bu iç homojenlik-

---

14. J.C. Maxwell, *Science and Free Will*, Campbell ve Garnett'de, a.y., s. 443. L. Campbell & W. Garnett, The Life of James Clerk Maxwell (London, Macmillan, 1882).

tir. Ayrıca, mekanik dünya görüşünde, gözlemlenebilen tüm nesneler şu ya da bu şekilde hareketle referanslandırıldığı sürece kabul edilebilirdi. Ama artık öyle değil. Meselâ kararsız partiküllerin, hareketle ilişkilendirilebilir fakat aynı zamanda tamamıyla değişik tür bir gözlemlenebilir nesne olan ve belli bir ömre sahip ve Bölüm IV ve V'de açıklayacağmız gibi, daha çok geri-dönüşsüz süreçlerle ilişkili bir enerjisi vardır. Teorik fizik bilimine yeni gözlemlenebilir nesneler sokma ihtiyacı bizi mekanik dünyanın ötesine geçmeye zorlayan itici kuvvetlerden biri oldu; ve hâlâ da itmeye devam ediyor.

LAPLACE'IN CİNİ

Yukarıda söz ettiğimiz dinamik tanımlamalardan yola çıkan tüm genellemelerin bir sembolü vardır —Laplace'ın tasarımında, istenen anda kâinatın bir parçasını oluşturan kitlenin hem pozisyonunu hem hızını gözlemleyebilen hem geçmişe, hem geleceğe doğru gelişimini izleyebilen bir cin. Şüphesiz, kimse bir fizikçinin gün gelip Laplace'ın cininin bilgisinden yararlanacağını hayal etmemişti bile. Laplace bile bu kurguyu yalnızca cehaletimizin boyutlarını ve belli süreçlerin istatistiksel tanımlanmasına olan ihtiyacı göstermek için kullanmıştı. Laplace'ın cininin problematiği olayların akışının deterministçe tahmininin gerçekten mümkün olup olmadığı sorusu ile değil, bunun *prensipte* (*de jure*) mümkün olup olmayacağı sorusu ile ilgilidir. Bu imkân meselesi dinamik kanunlara ve başlangıç şartlarına dayalı karakteristik dualitesi ile mekanistik tanımlamada ima ediliyordu.

Aslında, dinamik bir sistemin determinist bir *kanun*la yönetildiği gerçeği, her ne kadar pratikte başlangıç şartlarını bilmeyişimiz nedeniyle determinist tahmin imkânımızı gölgelese de, sistemin Laplace'ın cininin gördüğü şekliyle "objektif gerçekliği"nin, cehaletimizin yol açtığı ampirik yetersizliklerimizden ayırdedilmesine izin verir. Klasik dinamik çerçevesinde deterministçe bir tanımlama pratikte ulaşılmaz olabilir; ancak gittikçe artan kesinlikte bir tanımlar dizisini belirleyen bir *limit* olarak durur.

İşte Bölüm IX'da anlatacağımız gibi, klasik dinamiğin yenileşmesiyle sarsılan şey, dinamik kanunlardan ve başlangıç şartlarından oluşmuş bu dualite oldu. İleride göreceğiz ki, hareket o kadar karmaşıklaşabilir, yörüngeler o kadar değişebilir ki, ne kadar duyarlı olursa olsun hiçbir gözlem bizi başlangıç şartlarına tam kesinlikte götüremez. Fakat bu noktada klasik mekaniğin dayandığı dualite yıkılır. Yalnızca yörüngeler demetinin ortalama davranışını tahmin edebiliriz.

Modern bilim tabiatla kurulan animistik birliğin yıkılmasıyla doğdu. Aristocu dünyada insanın hem yaşayan hem bilen bir yaratık olarak yeri vardı. Dünya insanın ölçülerine göre yapılmıştı. İlk deneysel diyalog sosyal ve felsefî meşruluğunu, bir başka birlikten, bu defa Hıristiyanlığın anlaşılabilir Tanrı'sı ile tabiat arası birlikten kazandı. Dinamiğin, bilimin modeli olması ve hâlâ da öyle kalması ölçüsünde, bu tarihî durumun belli bazı uzantıları günümüze kadar süregeldi.

Bilim hâlâ ilahî ya da insanüstü bir bakışla çizilmiş bir kutsal dünya tasviri olma özelliğini koruyor. Bu bilim Newton'un, yani dünyanın gerçekliğinin ilham edildiği Mesih'in bilimidir; onu insan topluluğunun çabalarının sonucu olarak tanımlamış sosyal ve tarihî çerçeveye yabancı bir *vahyedilmiş* bilimdir. Bu tür ilhamlı söylemlere tüm fizik tarihi boyunca rastlanır. Her kavramsal buluşta fiziğin bütünleşme noktasına geldiği ve pozitivizmin ihtiyatlı maskesinin düştüğü her yerde ilham ortaya çıkar. Ampere'in oğlunun açıkça söylediğini fizikçiler her fırsatta tekrarladılar: Bu söz —evrensel çekim, enerji, alan teorisi, elementer partiküller— yaratılış sözüdür. Her fırsatta —Laplace'ın zamanında, ondokuzuncu yüzyılın sonunda, hatta şimdilerde— fizikçiler fiziğin defterinin dürüldüğünü ya da dürülmek üzere olduğunu söylediler. Tabiatın sonuna kadar savunduğu tek bir kale kalmıştı. Ki bu kalenin düşmesiyle tabiat savunmasız kalacak, bilgimize mağlup olmuş ve boyun eğmiş olacaktı. Bu yüzden farkında olmadan çok eski bir inancın zikrini tekrarlıyorlardı. Mesih'in gelişini ve onunla bilimde yeni bir Mesih devrinin açılışını müjdeliyorlardı.

Kimileri bu kutsal iddiayı, bu birazcık naif coşkuyu önemsemezlikten gelebilir fakat şu bir gerçektir ki tabiatla diyalog beraberinde yeni

teorik diller, yeni sorular ve yeni cevaplar arayışı getirerek hep aynı şekilde süregeldi. Fakat biz bilim adamının "asıl" çalışması ile yargılama, yorumlama ve çalışmasını yönlendirme tarzı arasında kesin bir ayırımı kabul etmiyoruz. Bunu kabul etmek bilimi tarihsel olmayan bir sonuçlar birikimine indirgemek ve bilim adamlarının neyi aradıklarını, ulaşmak istedikleri ideal bilgiyi, ara sıra birbiriyle çatışmalarının ve iletişim kuramamalarının sebebini gözardı etmek demektir.[15]

Tekrarlamak gerekirse, modern bilimin mitosunun ürettiği muammayı formüle eden Einstein'dır. Mucizenin ta kendisi, ona göre, bilimin varoluşuydu, yani tabiat ve insan zihni arasında bir çakışma bulmamız idi. Benzer şekilde, ondokuzuncu yüzyılın sonunda, du Bois Reymond, Laplace'ın cinini modern bilimin mantığının yeniden biçimlenişi olarak değerlendirirken şunu ekler: *"Ignoramus, ignorabimus"*: Bilimin dünyası ile bilen, algılayan ve bu bilimi biçimlendiren insan zihni arasındaki ilişkiyi hiçbir zaman anlayamayacağız.[16]

Tabiat binlerce sesle konuşuyor ve biz tabiatı henüz dinlemeye başladık. Ne ki, iki yüzyıla yakın bir süredir, Laplace'ın cini hayal gücümüze musallat oldu; herşeyi anlamsız kılan kabuslar getirdi. Eğer dünya gerçekten de —sonuçta, yine bize benzeyen ve bizimle aynı bilgilere sahip, fakat daha keskin duyularla ve daha güçlü hesaplama gücüyle donanmış— bir cinin bir anlık durumdan yola çıkarak geleceğini ve geçmişini hesaplayabildiği bir dünya olsaydı, bizim tanımlayabileceğimiz basit sistemleri, bir cinin ancak tanımlayabileceği daha karmaşık sistemlerden niteliksel olarak ayıran hiçbir şey olmasaydı, o zaman bu dünya bir yoğun totolojiden ibaret olurdu. İşte bu, atalarımızdan devraldığımız bilimin bize meydan okuyuşudur; artık büyüsünden kurtulmamız gereken tılsım da budur.

---

15. Bu sorun Fransız filozof Michel Serres'in başlıca konularından biridir. Örneğin bkz., onun *La naissance de la physique dans le texte de Lucrèce* adlı eserinin "Şartlar" bölümüne (Paris: Minuit, 1977). M. Serres'in bazı eserleri Johns Hopkins Üniversitesi'nin Fransız Etüdleri Bölümü sayesinde İngilizce'ye kazandırılmıştır. Bkz. M. Serés, *Hermes: Literature, Science, Philosophy*. (Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1982).

16. Laplace'ın cinin akıbeti konusunda bkz. E. Cassirer, *Determinism and Indeterminism in Modern Physics* (New Haven, Conn.: Yale University Press, 1956), ss. 3-25.

3

İki Kültür

DİDEROT VE CANLILIK TARTIŞMASI

Nisbet, ilerleme fikrinin tarihi üzerine yazdığı ilginç kitabında şöyle der:

> Yaklaşık üç bin yıl boyunca Batı medeniyetinde hiçbir fikir, ilerleme fikrinden daha önemli, en azından onun kadar önemli olmamıştır.[1]

İlerleme fikrinin bilgi birikiminden daha güçlü bir desteği olmamıştır. Bilginin yavaş yavaş artışındaki göz alıcı ihtişam aslında başarılı, kollektif insan çabasının muhteşem bir örneğidir.

Onsekizinci yüzyılın sonlarında ve ondokuzuncu yüzyılın başında başarılan kayda değer keşifleri bir hatırlayalım: Isı teorileri, elektrik, manyetizm ve optik. Onsekizinci yüzyılda zaten açıkça biçimlenmiş bilimsel ilerleme fikrinin ondokuzuncu yüzyıla da hakim olmasına şaşırmamak gerekir. Belirttiğimiz gibi, bilimin Batı kültüründeki konumu kararsızlığını o zamanlar da koruyordu. Bu da Aydınlanma'nın doruk noktasından bu yana gelen fikirler tarihine dramatik bir öge katar.

---

1. R. Nisbet, *History of the Idea of Progress* (New York: Basic Books, 1980), s. 4.

Yüzyüze geldiğimiz seçenekleri daha önce de belirtmiştik: ya bilimi, insanı yalnızlaştırdığı anlaşılan sonuçlarıyla olduğu gibi kabullenmek, ya da anti-bilimci bir metafiziğe dönmek. Modern insanın hissettiği terkedilmişlikten, Pascal'ın, Kierkegaard'ın, Monod'un tarif ettiği yalnızlıktan da söz etmiştik. Heidegger metafiziğinin anti-bilimci önermelerini de anlatmıştık. Şimdi ise Batı düşüncesinin, Diderot, Kant ve Hegel'den başlayıp Whitehead ve Bergson'a kadar geçirdiği serüvenin bazı yanlarını biraz derinlemesine tartışmak istiyoruz; ki bu düşünürlerin hepsi de modern bilimin kapsamını irdeleyip sınırlamak ve aynı zamanda bu bilime ona kökten aykırı gözüken yeni perspektifler kazandırmaya kalkışmışlardı. Artık bu teşebbüslerin büyük ölçüde başarısız kaldığı herkesçe kabul ediliyor. Örneğin, Kant'ın dünyayı olgusal (*phenomenal*) ve ideal (*noumenal*) kürelere ayırışını, ya da Bergson'un 'sezgi'sini bilimle aynı öneme sahip bir bilginin edinilmesinin alternatif yolu olarak kabul edebilecek çok az kimse vardır. Yine de bu tür teşebbüsler düşünce mirasımızın bir parçasıdır. Düşünceler tarihi bu teşebbüslere gönderme yapmadan anlaşılamaz.

Burada ayrıca, gerçek'in bilimsel olarak yararlı olandan ayrılması üzerine kurulan bilimsel pozitivizmi de kısaca tartışacağız. İlk bakışta, bu pozitivist görüş, I. Berlin'in "Karşıt-Aydınlanma" diye tanımladığı, daha önce söz ettiğimiz metafiziksel görüşlerle açıkça çatışır gibi görünür. Oysa, temel varsayımları aynıdır: Bilimi, pratik önemini kabul etsek, ya da pozitivistlerin yaptığı gibi başka tür kavrama çabası ihtimalini reddetsek bile, gerçek bilginin temeli olmaktan çıkarmalıyız.

Bizi şimdi bekleyen şeyin ne olduğunu anlamak için tüm bu gelişmeleri hatırlamalıyız. Bilim ne ölçüde, insan da içinde olmak üzere, tabiatın anlaşılabilirliğinin temelidir? İlerleme fikri bugün ne anlama gelir?

Aydınlanmanın zirveleşen isimlerinden Diderot, kuşkusuz anti-bilimci düşünceyi temsil etmez. Aksine Diderot'nun bilimin her türlü bilginin kapısını açacağına olan güveni tamdır. Kaldı ki, bilimin Diderot'yu takiben, tutarlı bir tabiat görüşü oluşturmadan önce hayatı anlamak zorunda kalmış olmasının nedeni de budur.

Modern bilimin doğuşunda vitalist yaklaşımların özellikle Aristocu nihaî sebepçiliğin terkedilmesinin önemli olduğunu önceden de söylemiştik. Ancak canlı maddenin organizasyonu meselesi çözümsüz kaldı ve klasik bilim için bir tehdit haline geldi. Diderot, henüz Newtoncu zafer zirvesini yaşarken, bu problemin fizikçilerce bastırıldığını belirtir. Diderot'ya bu fizikçilerin uyanıkken kavrayamadıkları ama hep rüyalarına giren bir meseleydi. Fizikçi d'Alembert'in rüyası şöyledir:

> "Yaşayan bir nokta... Hayır, hayır bu yanlış. Başlangıçta hiçbir şey yoktu, sonra canlı bir nokta oluştu. Bu canlı noktaya bir diğeri, sonra bir diğeri katıldı ve ardarda gelen katılmalarla birleşik bir varlık oluştu, çünkü ben bir birlik'im, bundan eminim... (Dediği gibi kendisi bunu çok iyi hissediyordu). Fakat bu birlik nasıl ortaya çıktı?"
>
> "Bak dinle Sayın Filozof, ben bir birikimi, ince, duyarlı cisimlerden oluşmuş bir dokuyu anlayabilirim, ama bir hayvanı asla. Bir bütün, birleşik bir sistem, kendi birliğinin farkında bir birey! Bunu anlayamıyorum, hayır bunu anlayamıyorum."[2]

Diderot, d'Alembert'le yaptığı hayalî söyleşide, birinci tekil şahıs gibi konuşarak mekanist açıklamanın yetersizliğini gösterir:

> Şu yumurtaya bir bak: Onunla yeryüzünün bütün teoloji okullarını ve bütün kiliselerini yıkabilirsin. Nedir bu yumurta? Döllenmeden hemen önce içine sadece duyarsız, hissiz bir madde konmuştu... Bu madde nasıl oluyor da yeni bir organizasyona, bir duyarlılığa, canlılığa dönüşüyor? Isıyla. Isı yumurtanın içinde ne etki yapar? Hareket. Hareketin etkisi ne olur? Bana cevap vereceğine yerine otur da bu etkileri kendi gözlerimizle an an izleyelim. Önce kıpır kıpır oynayan bir benek oluşur, büyüyen ve renklenen bir iplikçiğe dönüşür, sonra gövde oluşur, bir gaga; kanat çıkıntıları, gözler, ayaklar belirir, sarımtırak bir hamur açılır ve barsaklara dönüşür ve artık canlı bir yaratık var elinde... Şimdi kabuk çatlıyor ve kuş dışarı çıkıyor, geri geliyor, yakınıyor, acı çekiyor, seviyor, arzuluyor, hoşlanıyor. Senin hissettiğin bütün duyguları hissediyor, senin yaptığın herşeyi yapıyor. Yine Descartes'dan başlayıp bunun gördüklerini taklit eden sade ve basit bir makine olduğunu iddia etmeyi sürdürecek misin? Neden küçük çocukları kendine güldüresin! Ve neden filozoflar, eğer o makineyse sen de

2. D. Diderot, *d'Alembert's Dream* (Harmondsworth Eng.: Penguin Books, 1976), ss. 166-67.

> onlardan birisin diye karşılık vermesin sana! Yok eğer kendinle bir hayvan arasındaki tek farkın bir organizasyon farkı olduğunu kabul edersen, duyarlılık ve akıllılık göstermiş ve tutarlı davranmış olursun; fakat, o zaman, senin söylediğinin aksine, senin de duyarlılığını, hayatını, hafızanı, bilincini, arzularını, düşüncelerini belli şekilde ve düzenlenmiş, vasıfsız başka bir maddeyle döllenmesi, ısıya ve harekete maruz kalmasıyla elde ettiğin sonucuna varılacaktır... Kendi fikirlerine bir kulak ver. Ne kadar zavallıca olduklarını bir gör. Her şeyi açıklayan basit bir hipoteze —duyarlılığın ve maddenin ortak özelliği olduğu ya da maddenin organizasyonunun bir sonucu olduğu hipotezine— razı olmayı reddederek, nasıl da alışılmış anlayışın karşısına çıktığı bir gizemler büyüsüne, çelişkilere ve saçmalıklara kapılandığını anlamaya başlayacaksın.[3]

Rasyonel mekaniğe, maddenin vasıfsız kitleden ve hareketten ibaret olduğu iddiasına karşı çıkarak, Diderot fiziğin en eski ilham kaynaklarından birine, yani embriyonun büyümesi, farklılaşması ve organizasyonuna meydan okur. Beden biçimlenirken gaga, gözler ve barsaklar da biçimlenir; biyolojik bir "mekân"da adım adım bir organizasyon kurulur; homojen olduğu belli bir ortamdan karmaşık ve koordineli süreçlerin etkisiyle farklılaşmış biçimler tam zamanında ve tam yerinde belirir.

Vasıfsız bir kitle, hatta gravitasyonel etkileşim kuvvetleriyle canlılık verilmiş Newtoncu anlamda bir kitle bile, nasıl olur da, organize aktif lokal yapıların başlama noktası olabilir? Newtoncu sistemin bir dünya sistemi olduğunu görmüştük: Hiçbir lokal cisimler konfigürasyonu, bir özel kimlik belirtmez; hiçbiri, genel ilişkilerle birbirine bağlanmış cisimler arasında öylesine varolmuş bir yakınlıktan öte anlam taşımaz.

Ancak Diderot umudunu yitirmez. Bilim yalnızca bir başlangıçtır; rasyonel mekanik ise ilk ve tümüyle soyut bir denemedir yalnızca. Embriyo örneği bu denemenin iddialarının evrenselliğini reddetmeye yeter. Diderot bu yüzden olacak, Euler, Bernoulli ve d'Alembert gibi büyük "matematikçiler"in çalışmalarını, ustalarının dehasının hayranlık uyandırıcı şahitleri olan, fakat artık terkedilmiş, sahipsiz, hayatsız birer kalıntı olan Mısır Piramitlerine benzetir.

---

3. D. Diderot, "Conversation Between d'Alembert and Diderot", *d'Alembert's Dream*, ss. 158-59.

Ayrıca, ona göre organize canlı maddeleri inceleyen bu yeni bilim henüz başlamıştı. Arkadaşı d'Holbach kimya çalışmakla meşgulken, Diderot kendisine tıbbı seçmişti. Kimyanın ve aynı zamanda tıbbın problemi, vasıfsız maddenin yerine kendisini organize edebilen ve yaşayan varlıklar üretebilen *aktif* bir madde bulmaktı. Diderot bu maddenin duyarlı olması gerektiğini öne sürer. Bir taş bile kendisini oluşturan moleküllerin belli kombinasyonları diğerlerine tercih etmeleri ve isteyip istemediklerini belirlemeleri açısından duyarlı sayılabilir. O halde bütün olarak organizasyonun duyarlılığı da, tıpkı bir arı sürüsünün hep birlikteki davranışının, bir arı ile diğeri arasındaki etkileşimlerin toplamı oluşu gibi kendi parçalarının duyarlılığının toplamıdır. Diderot, buradan yola çıkarak arı peteğinin ruhu olmadığı gibi insan ruhunun da olması gerekmediği hükmüne varır.[5]

Diderot'nun fiziğe ve evrensel hareket kanunlarına karşı vitalist protestosu, dolayısıyla, ruhçu dualizmi tüm biçimleriyle reddetmesinden ileri geliyordu. Tabiat ancak insanın varoluşunu anlaşılabilir kılacak bir biçimde tanımlanmalıdır. Yoksa mekanist dünya görüşünde olduğu gibi, tabiatın bilimsel tanımı, insanı ruhla donatılmış bir otomat ve dolayısıyla tabiata yabancılaşmış birşey olarak tanımlayacaktır.

Diderot'nun zamanının fiziğine karşı kullandığı ve materyalist natüralizmin kimya ve tıptan oluşmuş bu iki katlı temeli ondokuzuncu yüzyılda da sürer. Biyologlar hayvan makinesini, döllenme tohumlarının başından beri varoluşunu ve canlılar zincirini —hepsi de teolojiye yakın problemler[6]— öne sürerken, kimyacılar ve fizikçiler, kimyada ve hayattaki gerçek süreçlerin karmaşasıyla baş etmek zorundaydılar. Kimya ve tıp, onsekizinci yüzyılın sonlarında fizikçilerin *esprit de système*'ine tabii süreçlerin çeşitliliğini içeren bir bilim oluşturma adına karşı çıkanlar için ayrıcalıklı birer bilim olmuştu. Bir fizikçi salt bir *esprit*, henüz yetişmemiş bir çocuk olabilirdi, fakat bir hekim, bir kimyacı deneyimli birer yetişkin olmalıydı: belirtileri yorumlayabilmeli, ipuçları

4. D. Diderot, *Pensées sur l'Interprétation de la Nature* (1754), *Oeuvres Complètes*, Tom II (Paris: Garnier Frères, 1875), s. 11.
5. Diderot *Dream*'de bu fikri fizikçi Bordeu'ya atfeder.
6. Örneğin bkz., A. Lovejoy, *The Great Chain of Beings* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1973).

çıkarabilmeliydi. Bu anlamıyla kimya ve tıp birer sanattır. Fikir yürütme, uygulama ve sabırlı bir gözlem gerektirirler. "Kimya bir çılgınlıktır", der Venel *Encylopédi*'ye Diderot için yazdığı ve kimyanın Newtoncu soyut emperyalizme karşı tumturaklı bir savunması olan makalesinde.[7] Fizikçilerin canlı süreçleri hareketsiz bir takım mekanizmalara ve evrensel kanunların açılımına indirgemelerine karşı, kimyacıların ve hekimlerin protestosunun Diderot'nun zamanında ne kadar yaygın olduğunu göstermek için, zamanın önde gelen bir ismini, vitalizmin babası ve ilk tutarlı kimyasal sistematiğin kurucusu Stahl'ı anmak isteriz.

Stahl'a göre, evrensel kanunlar, canlılara ancak onları ölüme ve yıkıma götürmesi açısından uygulanabilir; canlı varlıkları oluşturan madde öylesine nazik, öylesine kolayca dağılabilir ki, eğer sadece genel maddesel kanunlarla idare ediliyor olsaydı, bozulmaya ve dağılmaya bir an bile direnemezdi. Eğer bir canlı yaratık, ömrü bir taşla yahut başka bir cansız nesneninkine kıyasla ne kadar kısa olsa da, genel fizik kanunlarına rağmen yaşamayı sürdürecekse, kendi içinde vücudunun ahenkli dengedeki dokusunu ve yapısını sürdürecek bir korunum ilkesine sahip olmalıdır. Bir canlının kendini oluşturan maddelerin dağılmaya son derece yatkın özelliklerine karşılık şaşırtıcı uzunlukta bir ömür sürmesi, dolayısıyla, "tabiî, sürekli, aslî bir ilke"ye, cansız maddelerle ilgili kanunlara yabancı ve kanunların kaçınılmaz kıldıkları sürekli dağılmaya, çözünmeye karşı sürekli savaşan bir özel nedene işaret eder.[8]

Bu tür bir hayat analizi bize hem yakın, hem uzak düşüyor. Bize

---

7. Tarihçi Gillispie, Diderot'nun Encyclopédie'da matematiksel fiziğe karşı gösterdiği tepki ile Akademinin kapanışı ve Lavoisier'in ölümü ile açığa çıkan devrimcilerin bu resmi bilime gösterdikleri düşmanlık arasında bir ilişki olduğunu öne sürer. Bu tartışmalı bir konudur, fakat şurası kesindir ki Newton'ın Fransa'daki zaferi Napolyon'un kurumlarıyla örtüşmektedir; bu da devlet akademisinin zanaatkârlara karşı olan son zaferini simgelemektedir. Bkz., C.C. Gillispie, "The Encylopedia and the Jacobin Philosophy of Science: A Study in Ideas and Consequences", *Critical Problems in the History of Science*, nşr. M. Clagett (Madison, Wis.: University of Wisconsin Press, 1959), ss. 255-89.

8. G. E. Stahl, "Veritable Distinction à établir entre le mixte et le vivant du corps humain", *Oeuvres medicophilosophiques et pratiques*, Tome II (Montpellier: Pitrat et Fils, 1861), özellikle ss. 279-82.

yakın düşüyor, çünkü hayatın tekilliğinin ve nazikliğinin farkında. Bize uzak düşüyor, çünkü Stahl da Aristo gibi hayatı bir oluşma, gelişme olarak değil, statik terimlerle, korunumlu terimlerle tanımlıyor. Stahl'in kullandığı terminolojiye son zamanların biyolojik literatüründe, örneğin enzimlerin bozunuma "karşı durdukları" ve vücudun, fiziğin kaçınılmaz olarak mahkum ettiği ölümden sıyrılmasını sağladığı şeklindeki ifadelerde hâlâ rastlamak mümkün. (Bkz. Bölüm V).

Aslında Stahl'in vitalizmi, fizik kanunları bozunma ve çözünmeye doğru gidişle özdeşleştirildiği sürece geçerlidir. Bugün "vitalist ilke"nin yerini nadir mutasyonların canlı yapıyı "yöneten" genetik mesajda zamanla birikimi almıştır. Yine de moleküler biyolojiden yola çıkan bazı genellemeler hayatı tabiatın sınırları içine çekiyor, yani hayatın fizik kanunları ile bağdaşabilir olduğunu, ancak bir rastlantıdan ibaret olduğunu ileri sürüyor. Monod bunu açıkça ifade etmişti: "Hayat fizik kanunlarına uymaz, ama onunla bağdaşabilir. Hayat tekilliğini keşfetmemiz gereken bir olaydır."

Ancak maddeden hayata geçiş bir başka şekilde de görülebilir. İleride göreceğimiz gibi, uzak denge durumlarında, kendi kendini organize edebilen *(self-organizational)* yeni süreçler belirir. (Bu konular Bölüm V ve VI'da ayrıntılı olarak ele alınacaktır.) Bu şekliyle biyolojik organizasyon *tabiî* bir süreç olarak gözükmeye başlar.

Ne var ki, hayat problematiği bu son gelişmelerden çok önceleri şekillenmişti. Politik bir geçiş süreci içindeki Avrupa'da entellektüel manzara, Karşıt-Aydınlanma ile yakından ilgili Romantik hareketin gösterdiği biçimde düzenlenmişti.

Stahl otomat benzetmesini eleştiriyordu, çünkü otomatın amacı canlı varlıklardaki gibi kendi içinde değildir; kendi iç organizasyonu da ustası tarafından belirlenir. Diderot, hayatın incelenmesini bilimin ulaşacağı düzeyin dışında tutmak bir yana dursun, henüz emekleme devrini yaşadığını düşündüğü bilimin geleceğinin temsilcisi olarak görüyordu. Bu tür görüşler aradan birkaç yıl geçmeden sarsıldı.[9]

9. Stahl ile Romantikler arasında "organizasyon"un anlamının geçirdiği değişim konusunda bkz., J. Schlanger, *Les métaphores de l'organisme.*

Hareket kanunları ile tanımlanan mekanik değişme ve aktivite, artık yapaylıkla, ölümle eş anlama gelir olmuştu. Onun karşısında ise, artık çok alışık olduğumuz bir kompleks içinde bütünleşmiş hayat, kendi kendinelik, özgürlük ve ruh kavramları vardı. Bu karşıtlık bir yanda aritmetik hesaplama ve ayarlama, diğer yanda aklın serbest spekülatif aktivitesi arasındaki karşıtlık ile paralel yürüyordu. Filozof ancak spekülasyon yoluyla tabiatın özündeki ruhani aktiviteye ulaşabilirdi. Bilim adamına gelince, bilim adamının tabiatla ilişkisi, tabiatın ayarlanabilir ve ölçülebilir bir takım nesneler olarak ele alınmasına indirgenebilir; böylece tabiatı sahiplenebilir, hükmü ve kontrolü altına alabilir ama anlayamazdı. Bu yüzden tabiatın anlaşılabilirliği bilimin kavrayışı dışında kalıyordu.

Burada amacımız felsefe tarihi yazmak değil. Yalnızca bilime felsefeden gelen eleştirinin o zamanlar ne ölçüde acımasızlaştığını, bazı modern antibilim tarzlarını andırdığını vurgulamaktır. Eleştirinin işi artık sadece, —Diderot'nun ifadesiyle— çocukları da güldürebilmek için yüksek sesle tekrarlanacak, oldukça naif, dar görüşlü bir takım genellemeleri reddetmekten ibaret deneysel ve matematiksel tabiat bilgisini üreten yaklaşım tarzını reddetmektir. Bilimsel bilgi kısıtlılıkları için değil, yapısı gereği eleştirilir; başka bir yaklaşıma dayalı *rakip* bir bilgi öne sürülür. Bilgi birbirine zıt iki araştırma tarzına bölünür.

Felsefî açıdan bakıldığında, Diderot'dan romantiklere, ya da daha kesin olmak gerekirse, bilime karşı bu iki eleştirel yaklaşımın birinden diğerine geçişini Kantçı eleştirinin bilimi genel olarak, bilimin Newtoncu uygulaması ile özdeşleştirmesi ana tema kabul edilerek Kant'ın aşkın (*transcendental*) felsefesinde buluruz. Dolayısıyla, bilimin kendisine karşı çıkmadan, klasik bilime karşı çıkmak imkânsızlaşmıştır. Newtoncu fiziğe getirilen her türlü eleştirinin bu yüzden değişik türden bir bilgi adına, rasyonel tabiat anlayışını küçümsemeyi hedeflediği düşünülmelidir. Kant'ın yaklaşımı bugünlere kadar süren yankılar yaptı. Bu nedenle, *Critique of Pure Reason (Saf Aklın Eleştirisi)* kitabında sunduğu ve Aydınlanmanın ilerlemeci görüşlerine karşı, henüz tanımladığımız kapalı ve sınırlı bir bilim kavramı sunan bakış açısını özetlemeyi düşündük.

KANT'IN ELEŞTİREL ONAYI

Bilimi ve tabiatı birbirine bağlayan rasyonel ilke olarak iş görmüş Tanrı anlayışının yitirilmesiyle kargaşaya giren entellektüel yapıda düzen tekrar nasıl sağlanacaktı? Bilim adamları, bilimin yaratılış sırrını çözümlediğinin artık ancak mecazî olarak söylenebildiği bir zamanda global gerçekliğe nasıl ulaşacaklardı? Tanrı artık suskundu ya da en azından insan aklı ile aynı dili konuşmuyordu. Dahası, zamanın dışladığı bir tabiatta bizim subjektif deneyimimizden geriye ne kalıyordu? Özgürlük, kader, etik değerler ne anlama geliyordu?

Kant, iki gerçeklik düzeyinin varolduğunu ileri sürdü: Bilime karşılık gelen olgusal (*phenomenal*) düzey, etik'e karşılık gelen ideal (*noumenal*) düzey. Olgusal düzeyi insan zihni oluşturur. İdeal düzey insan zihnini aşar; insanın etik ve dinî hayatını destekleyen bir ruhani *(Spiritual)* realiteye karşılık gelir. Bir şekilde, Kant'ın çözümü, hem etikin gerçekliğini hem de klasik bilimin ifade ettiği şekliyle objektif dünyanın gerçekliğini kabul edenler için olası tek çözümdür. Tanrı yerine, artık insanın kendisi, algıladığı tabiatın düzenleyicisi olmuştur. Kant, hem bilimsel bilgiyi hem de insanın bilimin tanımladığı dünyaya yabancılaşmasını temize çıkarır. Bu açıdan bakıldığında, Kantçı felsefenin açıkça klasik bilimin içeriğini telaffuz ettiğini görebiliriz.

Kant, eleştirel felsefesinin konusunu *aşkın (transcendental)* olarak tanımlar. Deney nesneleriyle ilgilenemez, aksine bu nesnelerin sistematik bilgisinin mümkün olduğu (ona göre fiziğin varoluşu bunu ispatlar) *a priori* gerçeğe dayanır ve bu tür bilginin *a priori* şartlarını belirlemeye çalışır.

Bunu yapmak için, dış dünyadan aldığımız doğrudan duyumlarımızla, objektif "rasyonel" bilgi türü arasında bir ayırım yapılmalı: Objektif bilgi pasif değildir; kendi objelerini biçimlendirir. Bir fenomeni deney objesi olarak ele aldığımızda, onu denemeden önce baştan *a priori* belirli bir takım ilkelere uyduğunu varsayarız. Bu fenomen olası bir bilgi objesi olarak algılandığı kadarıyla, bizim zihnimizin sentetik aktivitesinin bir ürünüdür. Kendimizi kendi bilgimizin biçimlendirdiği objeler ortasında buluruz ve bu anlamda bilim adamının kendisi tabiatta keşfettiği evrensel kanunların kaynağıdır.

Deneyimin a priori şartları aynı zamanda deneyim objelerinin varoluşunun şartlarıdır. Bu ünlü ifade Kant'ın "aşkın" araştırması ile başarılmış "Kopernikçi Devrim"i özetler. Suje (özne) artık objesinin (nesne) etrafında onu yöneten kanunları, onu çözümleyebilecek dili bulmak için "dolanıp durmaz". Artık öznenin kendisi merkezdedir, kendi kanunlarını nesneye dayatır ve algılanan dünya bu öznenin dilini konuşur. Dolayısıyla Newtoncu bilimin, dünyayı dışarıdan, neredeyse tanrısal bir bakış açısından tanımlayabiliyor olmasına şaşırmamak gerek!

Algılanan tüm temaların kendi zihnimizin kanunlarıyla yönetiliyor olması, bu nesnelerin somut bilgisinin yararsız olacağı anlamına gelmez. Kant'a göre, bilim tabiatla diyaloga girmez, ona kendi dilini dayatır. Yine de her bir olgu için bu genel dilde saklı özel mesajı keşfetmelidir. Yalnızca a priori kavramların bilinmesi yararsız ve boştur.

Kantçı bakış açısıyla, bilimsel mitosun sembolü haline gelmiş Laplace'ın cini bir yanılsamadır, fakat *rasyonel* bir yanılsamadır. Her ne kadar sınırlı bir sürecin sonucu bu haliyle meşruluk dışında olsa da bilimin itici gücü olmuş meşru bir inancın —tabiatın, bütünüyle bilim adamlarının ortaya çıkarmayı başardığı kanunlara itirazsız tâbi olduğu inancı— ifadesidir. Nereye giderse gitsin, neyi sorgularsa sorgulasın, bilim her zaman aynı cevapları olmasa da, aynı türden cevapları elde edecektir. Olası tüm cevapları içeren tek bir evrensel söz dizimi *(syntax)* vardır.

Deneyüstü *(transcendental)* felsefe böylece fizikçinin tüm pozitif bilgisinin kesin biçimi bulduğu iddiasını onayladı. Ancak aynı zamanda, felsefeyi bilime karşılık egemen bir konuma getirdi. Artık bilimsel aktivitenin sonuçlarının felsefî anlamını aramak gerekmiyordu. Deneyüstücü açıdan bu sonuçlar gerçek anlamda yeni bir şeyi getirmez. Felsefenin konusu bilimin sonuçları değil, bilimin kendisidir; yinelenen ve kapalı bir çaba olarak ele alındığında bilim deneyüstü yorumlamaya kararlı bir temel sağlar.

Dolayısıyla, Kant'ın eleştirel felsefesi bir taraftan bilimin tüm iddialarını onaylarken, gerçekte bilimsel aktiviteyi hem kolay, hem yararsız sayılan problemlerle sınırlar. Bilime, olguların monoton dilinin çö-

zümü gibi usandırıcı bir iş verirken, kendine insanın "kaderi" ile ilgili soruları ayırıyor: İnsan neyi bilebilir, insan ne yapmalıdır; insan neyi umut edebilir? Bilimin üzerinde çalıştığı dünya, pozitif bilginin erişebildiği dünya "yalnızca" olgular dünyasıdır. Mesele sadece bilim adamının eşyayı kendi içinde bilmesinin imkânsızlığı değil, sorduğu soruların bile insanlığın gerçek problemiyle ilgisiz oluşudur. Güzellik, özgürlük ve etik, pozitif bilginin konusu olamaz. Bunlar felsefenin alanı içinde olan ideal dünyaya aittir. Olgusal dünyadan tamamen ayrıdırlar.

Kant'ın hareket noktasını, insanın bilimsel tanımlamada oynadığı aktif rolü vurgulamasını kabul edebiliriz. Deneyciliğin hipotetik olarak üzerinde çalışılan kanunlarla yönetilen şartları seçme ve bunları net deneysel cevaplar verecek şekilde ayarlama sanatı olduğuna ilişkin çok şey söylenmişti. Her bir deney için belli ilkeler öngörülür ve dolayısıyla bu ilkeleri o deney belirleyemez. Ancak, önce de gördüğümüz gibi, Kant, işi daha ileri götürür. Olası bilimsel bakış açılarının çeşitliliğini, öngörülen ilkelerin çeşitliliğini reddeder. Klasik bilimin mitosuna bağlı kalarak Kant, bilimin tabiatta çözümlediği *tek* dili, fiziğin dayandığı ve dolayısıyla insanın anlama kategorileri ile özdeşleşecek bir a priori ilkeler takımını arar. Böylece Kant bilim adamının aktif seçim ihtiyacını, belli soruların sorulmasına ve deneysel cevaplar aranmasına izin veren özel bir teorik dile karşılık gelecek bir problematik şartın seçilmesi ihtiyacını reddeder.

Kant'ın eleştirel onayı bilimsel çabayı sessiz ve kendi içinde sistematik, kapalı bir şey olarak tanımlar. Felsefe böyle davranarak, çatlağı daha da açar ve derinleştirir, bütün pozitif bilgi alanını önemsiz görüp bilime terkederken, kendisine tabiata yabancı görülen özgürlük ve etik alanını ayırır.

BİR TABİAT FELSEFESİ? HEGEL VE BERGSON

Kant'ın bilim ve felsefe arasında sağladığı ateşkes pek kalıcı nitelikte değildi. Post-Kantçı filozoflar bilimden ayrı ve gerçekte ona karşı olmuş bilgiye gidecek yeni bir yol öneren, yeni bilim felsefesi adına bu

ateşkesi bozdular. Deneysel diyalogun kısıtlamalarından kurtulan spekülasyonların egemenliği başladı. Ve yanı sıra bilim adamları ve filozoflar arasındaki diyalogu korkunçlaştırdı. Çoğu bilim adamı için tabiat felsefesi, gerçeklere çok hoyrat davranan ve aslında gerçeklerin genelde yalanladığı kibirli, saçma spekülasyonlarla eşanlamlıydı. Diğer taraftan çoğu filozoflar içinse, tabiat, çalışmanın ve bilimle yarışmanın tehlikelerinin sembolü haline gelmişti. Sonuçta, bilim, felsefe ve hümanist çalışmalar arası çatlak karşılıklı küçümseme ve korku ile daha da derinleşti.

Bu tür spekülatif tabiat yaklaşımlarının bir örneği olarak Hegel'i ele alalım. Hegel'in felsefesi kozmik boyutlara sahipti. Onun sisteminde giderek artan karmaşıklık düzeyleri vardı ve tabiatın amacı en sonunda kendi spiritual unsurunun kendini gerçekleştirmesidir. Tabiat tarihi insanın ortaya çıkışıyla —yani kendini kavrayabilen ruhun gelişiyle— doyuma ulaşmış olur.

Hegelci tabiat felsefesi sistematik olarak Newtoncu bilimin tüm reddettiklerini bir araya getirir. Özelde mekaniğin tanımladığı basit davranışlar ve canlı varlıklar gibi daha karmaşık türden davranışlar arasındaki niteliksel fark üzerine kuruludur. Bu düzeyler arası indirgenme imkânını da kabul etmez; çünkü, farkın yalnızca görünüşte olduğu ve tabiatın, temelde homojen ve sade olduğu fikrini reddeder. Her bir düzeyin bir öncekini belirlediği bir hiyerarşik düzenin varlığını onaylar.

Romans de la matière havasında ve gravitasyonel etkileşimden insan arzularına kadar uzayan evrensel panoramalar öne süren Newtoncu yazarların aksine, Hegel bu düzeyler arasındaki ayırımın (ki onun kendi yorumundan tamamen ayrı olarak, tabiatın giderek artan bir karmaşa sergilemesi fikrine ve her yeni düzeyde anlamı daha da zenginleşen bir kavrama karşılık geldiğini söyleyebiliriz) kendi zamanındaki tabiat biliminin matematiğine *aykırı* düştüğünü gayet iyi biliyordu. Bu yüzden bu bilimin anlamının sınırlarını belirlemeye, matematiksel tanımlamanın en sıradan şartlarla sınırlı olduğunu göstermeye koyuldu. Mekanik matematikleştirilebilirdi, çünkü maddeye yalnızca mekân-zaman özellikleri atfediyordu. "Bir tuğla, tuğla olduğu için bir adamı öldür-

mez, yalnızca kazandığı hız yüzünden öldürür; bu demek oluyor ki adam mekân ve zaman tarafından öldürüldü."[10] Adamı kinetik enerji *($mv^2/2$)* dediğimiz şey —kütle ve hızı birbirine dönüşebilir şeyler olarak tanımlayan bir soyut nicelik— öldürdü; aynı öldürücü etki, bunlardan birini azaltıp diğerini artırmakla da elde edilebilir.

Hegel'in matematikleştirmenin bir şartı olarak kabul ettiği ve mekanik tanımlama düzeyinde daha geniş spektrumda fiziksel özellikler içeren "daha yüksek" bir düzeye çıkıldığında sağlanamayacağını öne sürdüğü şey işte bu birbirine dönüşebilirlik özelliği idi.

Bir anlamda Hegel'in sistemi zaman ve karmaşıklığın kritik problemlerine tutarlı bir felsefî cevap getirdi. Ancak kuşaklar boyu bilim adamları için bir tiksinti ve nefret sembolü oldu. Birkaç yıl içinde Hegel'in tabiat felsefesinin kendi iç açmazları Hegel'in sistemini dayandırdığı bilimsel arka planının yıpranmasıyla daha da abartıldı, çünkü Hegel, doğal olarak, Newtoncu sisteme reddiyesini, kendi zamanının bilimsel kavramlaşmasına dayandırmıştı.[11] Ve şaşırtıcı bir hızla unutulmaya yüz tutan da işte bu kavramlaşmalardı. Klasik bilime alternatif olacak bir bilime, deneysel ve teorik destek bulmak açısından ondokuzuncu yüzyılın başlarından daha elverişli bir zaman düşünülemezdi. Gerçi o zaman bilimin deneysel alanının gözle görülür bir şekilde genişlemesine ve Newtoncu bilimle çelişir gözüken teorilerin çoğalmasına şahit oldu, ancak bu teorilerin çoğundan, ortaya atıldıktan birkaç yıl sonra vazgeçilmek zorunda kalındı.

Ondokuzuncu yüzyılın sonlarına doğru Bergson kendi zamanının bilimine makul bir alternatif ararken, spekülatif bir bilgi biçimi olarak sezgiye yöneldi. Fakat sezgiyi Romantiklerinkinden tamamen farklı bir biçimde sundu. Açıkça sezginin bir sistemi üretemeyeceğini, ancak hep kısmî ve farkedilemeyecek büyük bir dikkatle dökümlenmesi gereken sonuçlar verebileceğini vurguladı. Aksine, genelleme "zekâ"nın bir özelliğiydi, ki en büyük başarısı da klasik bilimdi. Bergson'un sezgisi

10. *Philosophy of Nature*, § 261.
11. Bu, Knight'in şu yazıdaki sonucudur: "The German Science in the Romantik Period", *The Emergence of Science in Western Europe*.

ise yoğunlaşmış bir dikkat, eşyanın tekilliğine daha derinlemesine nüfuz edebilmek için giderek zorlaşan bir çaba idi. Şüphesiz iletişim için, sezgi dile dökülmeliydi "aktarabilmek için fikirleri araç olarak kullanmak zorundadır."[12] Bunu sonsuz bir sabır ve dikkatle yaparken aynı zamanda "gerçekliği kucaklamak"[13] için imajlar ve kıyaslamalar toplar. Bu şekilde genel terimlerle ve soyut düşüncelerle iletilemeyecek olan şeyleri giderek artan bir kesinlikle ortaya koyar.

Bilim ve sezgisel metafizik "aynı derecede duyarlı ve kesindir, ya da olmak üzeredir. Her ikisi de gerçekliğin kendisine dayanır. Fakat herbiri tek başına gerçeğin yarısını alır ve öyle ki, tamamen ayrı yönlerde düşünce aktivitesi göstermiyorlarsa, isteyen ikisinde bilimin iki alt dalını veya metafiziğin iki bölümünü görebilir."[14]

Bu iki ayrı yönün tanımı, bilimsel gelişmenin tarihî sonucu olarak da değerlendirilebilir. Bergson'a kalırsa, artık mesele kendi zamanının fiziğine bilimsel alternatifler bulmak değildi. Ona göre, kimya ve biyoloji kesinlikle mekaniği kendi modelleri olarak seçmişti. Diderot'nun kimya ve tıbbın geleceği için beslediği umutlar böylece sönmüş oluyordu. Bergson'a göre, bilim bir bütündür ve dolayısıyla bir bütün olarak yargılanmalıdır. Ve bilimi, amacı maddeye egemen olmak olan ve anlayış kategorilerinin bu egemenliği sağlamak için ihtiyaç duyduğu soyutlama ve genellemelerle gelişen pratik zekânın bir ürünü olarak sunarken yaptığı da buydu. Bilim dünyayı sömürmek gibi vazgeçilmez bir ihtiyacımızın ürünüdür ve kavramlarını, eşyayı kullanma, kestirmeler yapma ve yinelenebilir hareketler elde etme gibi ihtiyaçlarımız belirler. Rasyonel mekanik ve bu nedenle bilimin özünü, gerçek somut örneğini temsil eder. Diğer bilimler ise çalışma alanı eylemsiz ve örgütsüz olduğu ölçüde başarısı artan bir yaklaşımın muğlak, biçimsiz görünümleridir.

Bergson'a göre bilimsel rasyonelliğin tüm kısıtlılıkları tek ve kesin bir kısıtlılığa indirgenebilir: Zamanı determinist kanunlarca birbirine

12. H. Bergson, *La pensée et le mouvant* in *Oeuvres* (Paris: Editions du Centenaire, PUF, 1970), s. 1285: Çev: *The Creative Mind* (Totowsa, N.J.: Littlefield, Adams, 1975), s. 42.
13. Ibid., s. 1287; çev., s. 44.
14. Ibid., s. 1286; çev., s. 44.

bağlı anlık durumların ardışıklığına indirgediği için süreyi (*duration*) anlamakta yetersizdir. "Zaman ya bir düzmecedir, ya da hiçbir şey".[15] Tabiat değişimdir, sürekli yeninin ortaya çıkışıdır, esasen baştan belli hiçbir modele bağlı olmayan açık bir gelişme süreci içinde yaratılmakta olan bir bütünlüktür. "Hayat zaman içinde ilerler ve süreklilik gösterir."[16] Bu ilerlemede, insan aklı sadece kullanılabilir ve hesaplanabilir unsurlar biçimine sokabildiklerini ve tamamen onların komşuluklarından ibaret olan zamanla karşılaştırabildiklerini kavrayabilir.

> Dolayısıyla, fizik, "bu zamanı yapan olaylarla *T* hareketlisinin kendi yörüngesi üzerindeki kanunlar arasındaki eşzamanlılığı eleştirmekten ibaret kalır. Olayları, onları her an yeni biçimlere bürüyen ve onlara sürekli yenilikten birşeyler katan bütünden koparır. Onları, yaşayan bütünlüğün dışında kalıyormuş gibi soyut olarak, bir başka deyişle mekâna yayılmış bir zaman içinde ele alıyor. Çok aşırı deformasyona uğramadan izole edebilmeleri için yalnızca olaylarla ya da olaylar sistemiyle ilgilenir, çünkü kendi metodunu yalnızca bunlara uygulayabilir. Fiziğimiz bu tür sistemlerin nasıl izole edileceğinin bilindiği günden başlar."[17]

Sıra sürenin kendisini anlamaya geldiğinde, bilim çaresizdir. Burada sezgiye, yani "zihnin yine zihinle doğrudan görülmesine"[18] ihtiyaç vardır. Salt değişim, gerçek süre ruhani *(Spiritual)* birşeydir. Ruha, süreye ve salt değişime ancak sezgi erişebilir.[19]

Bergson'un, post-Kantçı felsefenin başarısız kaldığı biçimde başarısız kaldığını söyleyebilir miyiz? Bergson oluşturmak istediği sezgiye dayalı metafiziğin somutlaşamaması ölçüsünde başarısızdı. Hegel'in aksine bütünüyle kökleşmiş bilimin —yani ilahlaştırılmış haliyle, klasik bilimin— mahkemesini geçecek kadar şanslıydı ve dolayısıyla hâlâ problemimiz olan problemler tanımladı. Fakat post-Kantçı eleştirmenler gibi zamanın bilimini genel bilimle özdeşleştirdi. Bu yüzden bilime

15. H. Bergson, *L'évolution créatrice* in *Oeuvres*, s. 784; çev. *Creative Evolution* (Londra: Macmillan, 1911), s. 361.
16. Ibid., s. 538; çev., s. 54.
17. Ibid., s. 784; çev., s. 361.
18. Bergson, *La pensée et le mouvant*, s. 1273; çev., s. 32.
19. Ibid., s. 1274; çev., 33.

aslında sadece *de facto* olan *de jure* sınırlılıklar atfetti. Sonuç olarak bilimin ilgili alanları ve diğer entellektüel aktiviteler için başından beri statükoyu tanımlamaya çalışageldi. Böylece onun için tek perspektif olarak karşıt yaklaşımların hiç olmazsa diğerleriyle beraber var olabileceği bir yol ortaya koymak kaldı.

Nihaî tahlilde Bergson'un klasik bilimin başarılarının özetleyiş şekli bir ölçüde kabul edilebilir olsa bile onun bilimsel çabanın nihaî sınırlarının ifadesi olduğunu artık kabul edemeyiz. Onu daha çok bilimin şu sıralar geçirmekte olduğu metamorfoz ile yürütülmeye başlayan bir program olarak görebiliriz. Özellikle şunu biliyoruz ki hareketle bağlantılı bir zaman, zamanın fizikteki anlamını değiştirmez. Bu yüzden Bergson'un eleştirdiği kısıtlılıklar artık aşılıyor, fakat bilimsel yaklaşımdan ya da soyut düşünceden vazgeçerek değil, klasik dinamiğin kavramlarının kısıtlılığını kavrayarak ve daha genel şartlarda geçerli olacak yeni formülasyonlar bularak.

SÜREÇ VE GERÇEKLİK: WHITEHEAD

Belirttiğimiz gibi, Kant, Hegel ve Bergson'un ortak yanı gerçekliğe klasik bilimin yaklaşımından farklı bir yaklaşım aramalarıdır. Bu aynı zamanda, kesinlikle pre-Kantçı kalan Whitehead'in felsefesinin de ana hedefiydi. En önemli kitabı *Process and Reality*'de (*Süreç ve Gerçeklik*) bizi Klasik Çağ'ın büyük filozoflarına ve onların kesin kavramsal deneycilik arayışına götürür.

Whitehead insan deneyimini tabiata ait bir süreç olarak, fiziksel varlık olarak anlama çabasındaydı. Bu arayış onu, bir yandan subjektif deneyimi bilinçlilik, düşünce ve duyusal algı cinsinden tanımlamış felsefî geleneği reddetmeye, bir yandan da tüm *fiziksel* varlığı zevk alma, hissetme, isteme, lezzet ve arzulama cinsinden kavramaya —yani ondördüncü yüzyılda doğmuş olan kendi ifadesiyle "bilimsel materyalizm"e savaş açmaya— itti. Böylece Bergson gibi, Whitehead de onyedinci yüzyıl biliminin geliştirdiği teorik tablonun temel yetersizliklerine dikkat çekmeye koyuldu.

"Onyedinci yüzyıl en sonunda, matematikçilerce çizilmiş, matematikçilerin işine yarayacak bir bilimsel düşünce tablosu çıkardı. Matematiksel düşüncenin en büyük özelliği soyutlamaları ele alma, onlardan çok net, güvenilir, ve üzerinde düşünmek istediğimiz şey bu soyutlamalar olduğu sürece, tümüyle doyurucu akıl yürütme çizgileri çıkarma yeteneğidir. Bilimsel soyutlamaların göz alıcı başarısı bir taraftan maddeye mekân ve zamanda basit konumlar vererek, diğer taraftan zihne algılamayı, acı çekmeyi, akıl yürütmeyi verip bilimin tabiata müdahalesini yok sayarak bunları en somut gerçeklik ürünleriymiş gibi kabul etme görevini felsefenin üzerine attı.

Böylece modern felsefe yıkıldı. Üç ayrı uç arasında karmaşık bir şekilde salınmaya başladı. Bir tarafta maddeyi ve zihni eşit temellerde kabul eden dualistler, diğer iki tarafta da zihni maddenin içine koyan ve maddeyi zihnin içine koyan iki tür monist var. Fakat bu soyutlamalarla ileri-geri oynama işi asla onyedinci yüzyıl bilimsel tablosuna, yersiz biçimde, bir somutluk hamledilmesiyle ortaya çıkan asıl kargaşanın üstesinden gelemez.[20]

Ne var ki, Whitehead bunu sadece geçici bir durum olarak görüyordu. Bilim bir kargaşanın tutsağı olarak kalmaya mahkûm değildir.

Daha önceden bilime karşı olmayan bir tabiat felsefesi oluşturmanın mümkün olup olmayacağı sorusunu ortaya atmıştık. Whitehead'in kozmolojisi bu yoldaki en hırslı girişimdir. Whitehead bilim ve felsefe arasında temel bir aykırılık görmüyordu. Amacı insan deneyimi ve fiziksel süreçler probleminin tutarlı bir şekilde ele alınabileceği bir kavramsal alan tanımlamak ve problemin çözümlenebileceği şartları belirlemekti. Yapılması gereken şey, taşlardan insana kadar varlığın tüm biçimlerini tanımlamak için gerekli ilkeleri formüle etmekti. Whitehead'e göre, kendi çabasını "felsefe" yapan işte bu evrenselliktir. Her bilimsel teori dünyanın karmaşası içinden özel bir takım ilişkiler seçip soyutlayabilir, ama felsefe insan deneyiminin bir kısmını diğerine tercih edemez. Kavramsal deneyleri kullanarak, ister fiziğe, ister fizyolojiye, ister psikolojiye, etike, vs. ait olsun deneyimin tüm boyutlarına uyabilecek bir tutarlılık inşa etmelidir.

Whitehead tabiatı oluşturan ögeleri tüm değişimler ve etkileşimler boyunca kimliklerini hiç değiştirmeden kalan sürekli bireysel varlıklar olarak tanımladıkça, tabiatın sürekli yenileyici değişiminin asla anlaşı-

lamayacağını galiba başkalarından çok kesin bir şekilde anlamıştı. Fakat şunu da anlamıştı ki, tüm sürekliliği bir yanılsamadan ibaret görmek varlığı (*being*), oluş (*becoming*) adına reddetmek, varlıklar yerine, sürekli ve değişim içinde bir akışı koymak felsefeyi her zaman bekleyen bir tuzağa tekrar düşmek —"açıklamanın göz alıcı sihirlerine kapılmak"[21]— demekti.

Dolayısıyla Whitehead'e göre, felsefenin görevi sürekliliği ve değişimi bağdaştırmak, eşyayı süreçler olarak kavramak; varlıkları oluşun (*becoming*) biçimlendirdiğini, bireysel kimliklerin doğup öldüğünü göstermekti. Whitehead'ın sisteminin ayrıntılarını vermek bu kitabın alanı dışında kalır, ama yalnızca, bir *ilişki* felsefesi ile —hiçbir tabiat ögesi değişen ilişkilerin sürekli destekçisi değildir; her biri kendi kimliğini diğerleriyle olan ilişkisiden alır— bir *yenileyici oluş* felsefesi arasındaki bağlantıyı gösterdiğini vurgulamakla yetinelim. Oluşumu sırasında her bir varlık birimi dünyanın çeşitliliğini bütünler. Çünkü bu çeşitliliğe ek bir ilişkiler takımı katar. Her yeni varlık biriminin yaratılışıyla "çokluk bire dönüşür ve çokluğa bir eklenir".[22]

Bu kitabın sonuç bölümünde, Whitehead'in süreklilik ve değişim meselesiyle, fakat bu defa fiziğin ortaya attığı bir problem olarak, yine karşılaşacağız; dünya ile yaptıkları geri-dönüşsüz etkileşimlerle biçimlenmiş varlıklardan söz edeceğiz. Günümüzde fizik, birimler ve ilişkiler arasındaki ayırımı ve bağıntıyı belirtme ihtiyacını keşfetti. Fizik artık bir etkileşimin gerçek bir etkileşim olması için ilişkili şeylerin "tabiatı"nın bu ilişkilerden geliyor olması, aynı zamanda ilişkilerin de ilişkili şeylerin "tabiatı"ndan kaynaklanıyor olması gerektiğinin farkında. (Bakınız Bölüm X). Bu, meselâ, temel parçacık fiziğinde, tüm parçacıkların evrensel bağlılığını ileri süren "bootstrap" felsefesinin de ifade ettiği "kendi içinde tutarlı" tanımlamaların habercisidir. Ancak Whitehead'in *Process and Reality*'yi yazdığı sıralar fizi-

20. A.N. Whitehead, *Science and the Modern World*, s. 55
21. A.N. Whitehead, *Process and Reality: An Essay in Cosmology* (New York: The Free Press, 1969), s. 20.
22. Ibid., s. 26.

ğin durumu oldukça farklıydı ve Whitehead'in felsefesi yalnızca biyolojide karşılığını buldu.[23]

Whitehead ve Bergson örnekleri bilim ve felsefe arası ikiliğin ancak bilimin bir açılım, bir genişleme yapması ile aşılabileceğini ikna ediyor. Bu bilimsel açılım ancak zaman anlayışımızı gözden geçirmekle mümkündür. Zamanı inkâr etmek —yani geri-dönüşümlü kanunların açılımından ibaret göstermek— tabiatın canlı varlıklar ve özellikle de insan üretebileceği hipoteziyle uyumlu bir tabiat anlayışı geliştirme fırsatından da vazgeçmek demektir. Ve bizi anti-bilimci bir felsefe ile insanı yalnızlaştıran bir bilim arasında seçim yapmaya mahkûm eder.

"IGNORAMUS, IGNORABIMUS": POZİTİVİSTİN BASKISI

Klasik akılcılığın, klasik bilimdeki açmazlarını aşmanın bir başka yolu da bilimsel olarak en çok ürün verecek olanı "gerçek" olandan ayırmaktı. Bu Kantçı ayrılığın bir başka biçimidir. 1865'de "Tabiat Bilimlerinin Amacı Üzerine" yaptığı konuşmada Kirchoff bilimin nihaî amacının her olguyu harekete, yani böylece teorik mekaniğini tanımlayabileceği hale indirgemek olduğunu belirtmişti. Benzer bir ifadeyi, Alman üniversitelerinin Avrupa biliminin merkezi olmaya başladığı sıralar bu üniversitelere egemen olan kimyacı, hekim, fizikçi ve fizyolog Helmholtz da sarfetmişti. Şöyle diyordu Helmholtz: "Tabiat olguları yalnızca mekânın şartlarına bağlı olan değişmez hareket kuvvetlerine sahip maddî parçacıkların hareketlerine dayandırılabilir."[24]

Tabiî bilimlerin hedefi, dolayısıyla, tüm gözlemleri Newton'un biçimlendirdiği ve Lagrange, Hamilton gibi önde gelen fizikçi ve mate-

23. Hem Joseph Needham hem de C.H. Waddington organizmayı bir bütün olarak *pozitif* bir tarzda açıklama çalışmalarında Whitehead'ın etkisinin önemini kabul etmektedir.

24. H. Helmholtz, *Uber die Erhaltung der Kraft* (1847). çev. S. Brush, *Kinetic Theory* Cilt I, *The Nature of Gases and Heat* (Oxford: Pergamon Press, 1965), s. 92. Ayrıca bkz., Y. Elkana, *The Discovery of the Conservation of Energy* (London: Hutchinson Educational, 1974) ve P.M. Heimann, "Helmholtz and Kant: The Metaphysical Foundations of Uber die Erhaltung der Kraft", *Studies in the History and Philosophy of Sciences*, Cilt 5 (1974), ss. 205-38.

matikçilerce geliştirilmiş kanunlara indirgemekti. Bu kuvvetlerin neden var olduğunu ve Newton'un eşitliklerine girdiğini sormamalıydık. Dinamik kanunları formüle ederken gerçi maddeyi ve kuvvetleri kullanıyoruz, ama bu yine de bu kavramları "anlamamızı" gerektirmez. Kuvvetlerin ve kütlelerin "niçin"i, asıl yapısı bize gizli kalır. Daha önce de söz ettiğimiz gibi Du Bois Reymond bilgimizin sınırlılığını açıkça ifade etmişti: "Ignoramus, Ignorabimus". Bilim kâinatın sırlarına erişmemizi sağlamaz. O halde bilim ne işe yarar?

Mach'ın ünlü görüşüne daha önce de başvurmuştuk: Bilim Darwinci hayat mücadelesinin bir parçasıdır. Deneyimlerimizi düzenlememize yardımcı olur. Bir düşünce ekonomisi sağlar. Matematiksel kanunlar olanaklı deneylerin sonuçlarını özetlemeye yarayan geleneklerden başka birşey değildir. Ondokuzuncu yüzyılın sonlarına doğru bilimsel pozitivizm büyük bir entellektüel itibar yaşadı. Ve bu, Fransa'dan Duhem ve Poincaré gibi önde gelen düşünürlerin çalışmalarını etkiledi.

"Aşağılık metafizik"in ortadan kaldırılması yolunda bir adım daha attığımızda Viyana Okuluna geliriz. Burada bilime tüm pozitif bilgi ve bu pozitif bilgiye düzen verecek felsefe üstünde bir yetki verilir. Bu tüm rasyonel bilginin ve sorgulamanın, tümüyle bilimin emri altına girmesi demekti. Öndegelen yeni pozitivist filozoflardan biri olan Reichenbach "zamanın yönü" üzerine yazdığı kitapta, şunu ileri sürer:

> Zaman problemini fiziğin yöntemi ile çözmekten başka yol yoktur. Fizik kadar zamanın tabiatı ile ilgilenen başka bir bilim yoktur. Eğer zaman objektif ise fizikçi gerçeği bulmuş olmalı. Eğer Oluş (*Becoming*) diye birşey varsa, fizikçi bunu bilmeli. Yok eğer zaman sadece subjektif bir şey ve Varlık *(Being)* zamansız ise, fizikçi gerçekliğin inşasında zamanı gözardı edebilmeli ve dünyayı zamanın yardımı olmaksızın tasvir edebilmeli... Fizik çalışmadan zamanın tabiatını araştırmak umutsuz bir çabadır. Zamanla ilgili felsefe probleminin bir çözümü varsa, bu çözüm matematiksel fiziğin denklemleri içinde yazılıdır.[25]

25. H. Reichenbach, *The Direction of Time* (Berkeley: University of California Press, 1956), ss. 16-17.

Reichenbach'ın çalışması, fiziğin zaman konusunda ne söyleyebileceğini görmek isteyenler için oldukça ilgi çekici bir çalışmadır. Ama zaman problemini fizolofların değil bilim adamlarının problemi olarak sunması nedeniyle bir tabiat felsefesi kitabı sayılamaz.

O halde felsefeye hangi rol kalır? Sık sık felsefenin bilimin bilimi olması gerektiği söylenmiştir. Buna göre felsefenin hedefi, bilimin metodlarını irdelemek, kullanılan kavramları gerçeklemek ve netleştirmek olacaktır. Böyle bir yol bilimlerin önceki haliyle "kraliçe"sini onların hizmetçisi gibi birşey yapacaktır. Şüphesiz kavramların netleştirilmesi işinin daha da ilerlemeye izin vermesi bu şekilde anlaşılacak bir Felsefenin, —mantık, semantik gibi— diğer metodları kullanarak biliminkilerle karşılaştırılabilecek kadar yeni bilgiler üretmesi de pekâlâ mümkündür. "Analitik Felsefe"yi Anglo-Amerikan çevrelerde böylesine yaygın yapan işte bu umuttur. Böylesi bir araştırma tarzının alanını küçümsemek istemiyoruz. Ancak bizi burada ilgilendiren problemler oldukça farklıdır. Amacımız mevcut bilgiyi netleştirmek ya da gerçeklemekten çok, bilgideki köklü bazı boşlukları kapatmaktır.

YENİ BİR ÇIKIŞ

Bu kitabın ilk kısmında bir yandan klasik bilimin tabiatla kurduğu diyalogu, bir yandan da bilimin kararsız kültürel konumunu anlattık. Başka türlüsü de olamazdı. Bu bölümde bazı alternatif bilgi edinme yöntemlerini tartıştık. Yanı sıra bilimi gerçeklikten ayıran pozitivist görüşe değindik.

Bilimsel toplantılarda en heyecanlı anlar çoğu kez bilim adamları şöyle ya da böyle hiçbir pratik yararı, hiçbir hayatî önemi yokmuş gibi gözüken soruları —kuantum mekaniğinin olası yorumları ya da genişleyen bir kâinatın zaman kavramımızdaki rolü gibi başlıklar— tartışırken yaşanır. Eğer bilimi sembolik aritmetik hesaplamalara indirgeyen pozitivist görüş kabul edilseydi, bilim itibarını önemli ölçüde yitirirdi. Newton'un teorik kavramalar ve aktif bilgi sentezi dağılırdı. Yunan ve Roma devrinden hatırladığımız bir duruma geri döner, bir tarafta tek-

nik, pratik bilgi, diğer tarafta teorik bilgi arasında, iki yakası bir araya gelmez bir boşluk oluşturmuş olurduk.

Eskiler için, tabiat bir hikmet kaynağı idi. Ortaçağ tabiatı Tanrı'dan sözederdi. Modern devirlerde tabiat öylesine suskunlaştı ki, Kant bilim ve hikmetin, bilim ve gerçekliğin tamamen birbirinden ayrılması gerektiğine hükmetti. Son iki yüzyıldır bu ikilikle (*dichotomy*) birlikte yaşıyoruz. Artık bunun sona erme vakti geldi. Söz konusu bilim olduğunda zaman buna oldukça elverişli. Mevcut bakış açımızla bilginin yeniden bütünleşmesi yolunda ilk adım ondokuzuncu yüzyılda ısı teorisinin ve termo-dinamik kanunlarının keşfedilmesidir. Termo-dinamik bir "karmaşıklık bilimi"nin ilk biçimi gibi gözüküyor. Şimdi ortaya atılışından son gelişmelere kadar, bu bilimi, "karmaşıklığın bilimi"ni anlatmak istiyoruz.

İKİNCİ KİTAP

Karmaşıklık Bilimi

4

Enerji ve Endüstri Çağı

GRAVİTASYONUN RAKİBİ: ISI

Ignis mutat res. Yüzyılların hikmeti kimyayı her zaman "ateşin bilimi"yle ilgili tutmuştur. Ateş, onsekizinci yüzyıl boyunca deneysel bilimin parçası oldu ve bilimi, mekanist dünya görüşü adına reddettiği geri-dönüşlülük ve karmaşıklık gibi başlıkları gözden geçirmeye zorladı.

Ateş maddeyi dönüşüme uğratır; ateş kimyasal reaksiyonlara, erime ve buharlaşma gibi süreçlere neden olur. Ateş petrolü yakar ve ısı açığa çıkarır. Ondokuzuncu yüzyıl bilimi tüm bu genel bilgiler içinde, tek bir gerçek üzerinde, yani yanmanın ısı ürettiği ve bu ısının da hacim artışına neden olduğu; sonuç olarak yanmanın iş ürettiği gerçeği üzerinde yoğunlaştı. Ateş böylece yeni tür bir makineye, üzerine bir endüstri toplumu kurulan bir teknolojik buluşa, yani ısı motoruna kapı açtı.[1]

İlginçtir ki, James Watt'ın buharlı motorun son rötuşlarını yaptığı aynı üniversitede Adam Smith de, *Wealth of Nations* (Ulusların Zenginliği) kitabı üzerinde çalışıyor ve endüstriyel büyümenin geleceği ve be-

1. W. Scott, Bu sorunların yeniliği için bkz., *The Conflict Between Atomism and Conservation Theory,* Kitap II ve bu kavramların içinde teşekkül ettiği endüstriyel bağlam için bkz., D. Cardwell, *From Watt to Clausius* (Londra, Heinemann, 1971). Burada özellikle ilginç olan bir tarafta endüstriyel problemlerin belirlediği ihtiyaç ile öbür tarafta işlevsel tanımlarla oluşturulan pozitivist basitleştirmeler arasındaki yakınlaşmadır.

lirleyici etkenleriyle ilgili veriler topluyordu. Adam Smith'in kömür için bulabildiği tek kullanım alanı işçilerin ısınma ihtiyaçlarının karşılanmasıydı. Onsekizinci yüzyılda, rüzgar, su ve hayvanlar ve bunların çektiği basit makineler hâlâ anlaşılabilir tek güç kaynakları konumundaydı.

İngiliz buharlı motorunun hızla yayılması, ısının mekanik etkisine yeniden ilgi duyulmasına yol açtı. Bu ilgiden doğan termodinamik de, bu yüzden, ısının *tabiatı*yla, ısının "mekanik enerji" üretme *olasılıkları*yla ilgilendiği kadar ilgilenmedi.

Biz, "karmaşıklık bilimi"nin doğumu için Isére valisi Baron Jean-Joseph Fourier'nin ısının katı maddelerde yayılımına getirdiği matematiksel tanımlama nedeniyle Fransız Bilimler Akademisi'nin ödülünü aldığı 1811 yılını öneriyoruz.

Fourier'nin vardığı sonuç, şaşırtıcı biçimde basit ve şıktı: Isı akışı sıcaklık farkı ile doğru orantılıdır. Çarpıcı olanı, bu basit kanunun maddeye, katı, sıvı ya da gaz halinde uygulanabilir olmasıdır. Daha önemlisi, cismin kimyasal kompozisyonu ister demir, ister altın, ne olursa olsun, kanun geçerliliğini korur. Yalnızca ısı akışı ile sıcaklık farkı arasındaki orantı sabitesi her madde tipi için özeldir.

Belliydi ki, Fourier'nin kanunun evrensel karakteri, Newton kanunlarının tanımladığı dinamik etkileşimlerle doğrudan ilişkili değildir ve dolayısıyla ortaya atılmış olması yeni tür bir bilimin başlangıç noktası sayılabilir. Aslında Fourier'nin matematiksel ısı iletimi tanımlamalarının basitliği maddenin moleküler açıdan bakıldığında görülen karmaşıklığı ile kesin bir çelişki gösterir. Bir katı, bir gaz ya da sıvı sayısız moleküllerden oluşmuş makroskobik sistemlerdir, fakat ısı iletimi yine de tek bir kanunla tanımlanır. Fourier, sonuçlarını Laplace ekolünün Avrupa bilimine egemen olduğu sıralar biçimlendirmişti. Laplace, Lagrange ve öğrencileri hep birlikte boş yere Fourier'nin teorisini eleştirdiler ve sonuçta vazgeçmek zorunda kaldılar.[2] İhtişamının zirvesinde Laplacecı

2. J. Herivel, *Joseph Fourier: The Man and the Physicist* (Oxford: Clarendon Press, 1975). Bu biyografide şunu öğreniyoruz: Fourier, Bonaparte ile Mısır'a yaptığı geziden ısının kalıcı deperdisyonuna neden olan bir hastalıkla dönmüştür.

rüya böylece ilk engeline çarptı. Noktası noktasına en az mekanik hareket kanunları kadar matematiksel kesinlikle, fakat Newtoncu dünyaya tamamen aykırı bir fiziksel teori yapılmıştı ve o andan itibaren matematik, fizik ve Newtoncu bilim eş-anlamlı olmaktan çıkacaktı.

Isının iletimi kanununun ortaya konmasının kalıcı etkileri oldu. İlginçtir ki, Fransa'da ve İngiltere'de günümüze kadar uzanan değişik tarihî çizgilerin başlangıç noktası ısının iletimi kanunuydu.

Fransa'da Laplace rüyasının bitmesi, bilimin pozitivist bir sınıflandırmayla August Comte'un öne sürdüğü kesin sınırlı belirlenen bir takım bölümlere ayrılmasına yol açtı. Comtecu bilim bölümlemesini —fizikte ısı ve çekim olmak üzere iki sabite vardır— Michel Serrès etraflıca inceledi.[3] Daha kötüsü, Comte'un da sonradan belirteceği gibi, bu iki sabitenin birbirine karşıt oldukları ortaya çıktı. Gravitasyon kazandığı ya da ilettiği hareketten başka hiçbir şekilde gravitasyondan etkilenmeden gravitasyona *boyun eğen* bir eylemsiz maddeye etkir. Isı maddeyi *dönüştürür,* durum değişimlerini belirler ve iç özelliklerin değişmesine yol açar. Bir bakıma, onsekizinci yüzyılın anti-Newtoncu kimyacılarının ve kütleye atfedilen salt mekan-zamansal davranışla, maddenin özel aktivitesi arasındaki farkı öne sürmüş herkesin itirazlarının tasdiki demekti. Bu ayırım Comte'un hepsini ortak bir düzen belirtisi —yani denge belirtisi— altında mütalâa ettiği bilimlerin sınıflandırılmasının bir temeli olarak kullanıldı. Kuvvetler arası mekanik dengeye, pozitivist sınıflandırma da, termal denge kavramını ekledi.

Diğer yandan İngiltere'de ısının iletimi teorisi, ayrı bilgi alanlarının birleştirilmesi çabasından vazgeçilmesi anlamına gelmedi. Aksine yeni bir araştırma çizgisine, bir geri-dönüşsüz süreçler teorisinin adım adım biçimlendirilmesine kapı açtı.

Fourier'nin kanunu, homojen olmayan bir sıcaklık dağılımı gösteren izole bir cisme uygulandığında, temel dengenin tedricen sağ-

3. Özellikle bkz., Comte'un *Philosophie Première* (Oxford: Clarendon Press 1975) adlı eserinin girişine, "Auguste Comte auto-traduit dans l'encyclopédie" in *La Traduction* (Paris: Minuit, 1974) ve "Nuage", *La Distribution* (Paris: Minuit, 1977).

landığını gösterir. Isı iletiminin sonucu, sıcaklık dağılımının homojenlik sağlanıncaya kadar eşitlenmesidir. Herkes biliyordu ki, bu bir geri-dönüşsüz süreçtir; bir yüzyıl kadar önce Boerhave de ısının her zaman dağılarak eşitlendiğine dikkat çekmişti. Karmaşık olgular bilimi —çok sayıda partiküller arası etkileşimi ele alan— ve zamansal asimetri'işi, böylece ta başından birbirine bağlanmıştı. Fakat ısı iletimi, bir mühendislik açısından görüldüğü şekliyle, dağılım (*dissipation*) mefhumuyla ilişkilendirilene kadar, geri-dönüşsüzlüğün yapısının araştırılmasında hareket noktası olmadı.[4]

Şimdi, ısı bilimini, ondokuzuncu yüzyılın başlarında aldığı şekille bir daha etraflıca ele alalım. Mekanik gibi, ısı bilimi de hem bir orijinal fiziksel *obje* kavramı, hem bir makineler ya da *motorlar* tanımı —yani sebep ve sonucu özel bir mekanik iş üretim şekli olarak görmeyi— getirdi.

Isının katıldığı fiziksel süreçler üzerindeki çalışmalar bir sistemi, dinamikte olduğu gibi, bileşenlerinin konumu ve hızı ile değil (ki bir hacimlik gazda yahut cm^3 boyutlarındaki bir katı parçada 10^{23} kadar molekül vardır) sıcaklık, basınç, hacim, vesaire gibi *bir makroskobik parametreler takımı* ile tanımlamayı gerektirir. Ayrıca sistemin çevresiyle ilişkisini tanımlayan *sınır şartlarını* da hesaba katmak zorundayız.

Bir makroskobik sistemin karakteristik özelliklerinden biri olan özgül ısıyı (*specific heat*) örnek olarak ele alalım. Özgül ısı, hacim ya da basınçtan biri sabit tutulmak şartıyla bir sistemin sıcaklığını bir derece artırmak için gerekli ısı miktarının bir ölçüsüdür. Özgül ısıyı çalışmak için —meselâ, sabit hacimde— sistem çevresiyle etkileşime getirilmeli; bir taraftan hacmi sabit tutulup basıncının değişmesine izin verilirken dışarıdan bir miktar ısı almalı.

Daha genel ifadesiyle, bir sistem *mekanik* etkiye (meselâ bir piston kullanarak basınç veya hacimden biri sabit tutulabilir), *termal* etkiye

4. C. Smith "Natural Philosophy and Thermodynamics: William Thomson and the Dynamical Theory of Heat", *The British Journal for the Philosophy of Science*, c. 9 (1976), ss. 293-319 ve M. Crosland ve C. Smith, "The Transmission of Physics from France to Britain, 1800-1840", *Historical Studies in the Physical Sciences*, c. 9 (1978), ss. 1-61.

(sisteme belli bir miktar ısı verilebilir, ya da sistemden alınabilir, ya da sistem ısı alış-verişi ile belli bir sıcaklığa getirilebilir) veya *kimyasal* etkiye (sistem ve çevresi arasında bir reaktantlar ve reaksiyon ürünleri akışı) maruz bırakılabilir. Önceden de sözünü ettiğimiz gibi, basınç, hacim, kimyasal kompozisyon ve sıcaklık makroskobik sistemlerin tanımlanmasında başvurulan fiziko-kimyasal parametrelerdir. *Termodinamik* bu özelliklerdeki değişimlerin korelasyonunu arayan bilimdir. Dolayısıyla dinamik objelerle karşılaştırıldığında, termodinamik objeler yeni bir görüş açısı getirir. Teorinin amacı sistemdeki değişmeleri parçacıklar arası etkileşimler cinsinden kestirmek değil; onun yerine, sistemin kendine dışarıdan dayattığımız ayarlamalara nasıl tepki verdiğini kestirmeyi amaçlıyor.

Mekanik bir motor dış dünyadan aldığı potansiyel enerjiyi iş şeklinde geri verir. Sebep de, sonuç da aynı yapıdadır ve, hiç olmazsa ideal olarak, birbirine eşittir. Tam tersi *ısı* motoru; sistemin mekanik özelliklerinin dönüşümü de içinde olmak üzere, maddesel durum değişikliklerini, büyümeyi ve genişlemeyi öngörür. Elde edilen mekanik enerji sadece bir hareket aktarımı olarak değil, gerçek bir dönüşüm sürecinin sonucu olarak görülmelidir. Buna göre ısı motoru yalnızca pasif bir cihaz değildir; kelimenin tam anlamıyla hareket *üretir*. İşte burası yeni bir problemin kaynaklandığı yerdir: Sistemin hareket üretme kapasitesini *yenilemek* için, sistem başlangıç konumuna geri getirilmelidir. Bu durumda bir *ikinci* sürece, iş üreten değişimi *telafi edecek* ikinci bir durum değişimine ihtiyaç vardır. Bir ısı motorunda, ilk sürecin tersi olacak bu ikinci süreç, sistemin tekrar başlangıç sıcaklığını, basıncını ve hacmini alıncaya kadar soğutulmasını içerir.

Isı motorlarının verimliliği *(efficiency)*, yani yapılan iş ile *birbirini karşılıklı telafi edecek iki süreci üretmesi* için sağlanması gerekli ısı arasındaki oran problemi tam olarak geri-dönüşsüz süreçler kavramının fiziğe girdiği yerdir. Fourier'nin kanunlarının bu bağlamdaki önemini ileride tekrar ele alacağız. Evvelâ enerjinin korunumu ilkesinin oynadığı temel rolü anlatalım.

ENERJİNİN KORUNUMU İLKESİ

Enerjinin klasik dinamikteki merkezî konumuna daha önce de değinmiştik. Hamilton fonksiyonu (kinetik ve potansiyel enerjiler toplamı) kanonik değişkenler —koordinatlar ve momentumlar— cinsinden ifade edilir ve kendisi hareket sırasında sabit kalırken bu değişkenlerde değişmelere yol açar. Dinamik değişim, potansiyel ve kinetik enerjinin yalnızca göreceli büyüklüklerini değiştirir, ikisinin toplamını korur.

Ondokuzuncu yüzyıl başları beklenmedik bir deneysel uyanışa şahit oldu.[5] Fizikçiler hareketin, cisimlerin uzaydaki göreceli kanunlarını değiştirmekten çok daha fazla şeyler yaptığının farkına vardılar. Laboratuvarlarda tanımlanan yeni süreçler adım adım, sonunda fiziğin tüm yeni alanlarını mekanik gibi daha geleneksel dallara bağlayacak bir çerçeve oluşturdular. Bu bağlantılardan birini Galvani tesadüfen buldu. Galvani'ye kadar, yalnızca statik elektrik yükleri biliniyordu. Galvani bir kurbağanın bedenini kullanarak, ilk deneysel elektrik akımını oluşturdu. Çok geçmeden Volta kurbağadaki "Galvanik" kasılmalarını aslında ondan gelen elektrik *akımının* etkisi olduğunu farketti. 1800'de, Volta bir kimyasal pil yaptı; böylece kimyasal reaksiyonlarla elektrik üretilebildi. Hemen ardından elektroliz geldi: Elektrik akımı kimyasal affinitelerde değişiklik yapabilir ve kimyasal reaksiyonlar üretebilir. Fakat bu akım ışık ve ısı da üretebiliyordu ve 1820'de Oersted elektrik akımlarının yaptığı manyetik etkileri keşfetti. Seebeck 1822'de bunun tersinin de doğru olup ısının da elektrik üretebildiğini ve 1834'te maddenin elektrikle nasıl soğutulabileceğini keşfetti. Sonraları 1831'de Faraday manyetik etkileri kullanarak elektrik akımı oluşturdu. Bir yeni etkiler çerçevesi yavaş yavaş bir bütün halinde belirmeye başlıyordu. Bilimsel ufuk umulmadık bir hızda genişliyordu.

1847'de kritik adımı atan Joule oldu: Kimya, ısı bilimi, elektrik,

5. Bunu izleyen görüşler için bkz., Y. Elkana, *The Discovery of the Conservation of Energy Principle* ve Thomas Kuhn'un ünlü makalesi "Energy Conservation as an Example of Simultaneous Discovery", *Critical Problems in the History of Science* ve T. Kuhn'un bu kitabında yayınlanmıştır bu makale: *The Essential Tension* (Chicago: University of Chicago Press, 1977).

manyetizm ve biyoloji arasındaki bağlantının bir "*korunum*" olduğu anlaşıldı. "Bir şey"in niteliksel olarak dönüşüme uğradığı halde niceliksel olarak korunduğunu öne süren korunum fikri mekanik hareket sırasında olan şeyi geneller. Önce de gördüğümüz gibi, potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşürken veya tersi olurken, toplam enerji korunur. Joule, fiziko-kimyasal dönüşümler için bir *eşdeğer (equivalent)* tanımladı ve böylece korunan niceliğin ölçülebilmesini sağladı. Bu nicelik daha sonra[6] "enerji" diye anılır olacaktı. Joule ilk eşdeğeri belli bir miktar suyun sıcaklığını bir derece yükseltmek için gerekli mekanik enerjiyi ölçerek belirledi. Böylece yeni keşiflerin göz alıcı çeşitliliği içinden ortak bir öge çıkarılmış oldu. Enerjinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik sistemlerin uğradıkları çeşitli dönüşümler boyunca korunumu, yeni süreçlerin anlaşılmasına kılavuzluk eden bir ilke olacaktı.

Şüphesiz enerjinin korunumu ilkesi ondokuzuncu yüzyıl fizikçileri için öylesine önemliydi ki, birçoğu için bu, tüm tabiatın bütünleşmesi anlamına geliyordu. Joule bu kanaati bir İngilizce metinde dile getirir:

> "Mekanik, kimyasal ya da vital olsun tüm tabiî olgular hemen hemen canlı kuvvetin (N.B.; kinetik enerji) ve ısının birbirine dönüşümleriyle yürüyen sürekli bir cazibe dönüşümünden ibarettir. Öyle ki, kâinatta devamlı sürdürülen bu düzendir, —hiçbir şey eskimez, hiçbir şey kaybolmaz, fakat makine tümüyle, karmaşıklığı ile pürüzsüz ve âhenkli biçimde çalışır ve gerçi Ezekiel'in ürkütücü tasvirindeki gibi "çark, çark içinde olabilir" ve her şey karmaşık ve görünür bir karmaşaya ve neredeyse sonsuz bir sebepler, sonuçlar, dönüşümler ve düzenlemeler çeşitliliğine katışık olabilir, fakat düzen yine mükemmel şekliyle korunabilir— tüm varlık Tanrı'nın yüce iradesinin hükmü altındadır.[7]

Helmholtz, Mayer ve Liebig gibi Alman bilim adamlarının —ki üçü de Joule'ün fikrini katı bir pozitivist pratik temele dayanarak reddedecek bir kültüre mensuptur— durumu çok daha çarpıcıdır. Keşiflerini yaptıkla-

6. Elkana enerji kavramında meydana gelen yavaş billurlaşmayı izledi. Bkz., onun kitabı ve "Helmholtz's Kraft: An Illustration of Concepts in Flux", *Historical Studies in the Physical Sciences*, c. 2 (1970), ss. 263-98.

7. J. Joule, "Matter, Living Force and Heat" *The Scientific Papers of James Prescott Joule*, c. 1 (Londra: Taylor & Francis, 1884) ss. 265-76. (alıntı, s. 273)

rı sıralar, hiçbiri, kesin olarak söylemek gerekse, fizikçi değildi. Diğer taraftan üçü de solunum fizyolojisiyle ilgileniyordu. Solunum, Lavosier'den bu yana, bir canlı varlığının işleyişinin oksijenin yanması, ısı açığa çıkması ve kasın yaptığı iş gibi kesin fiziksel ve kimyasal terimlerle tanımlanabileceği bir model problem olmuştu. Bu yüzden romantik spekülasyona karşı ve deneysel bilime katkıda bulunmaya hevesli fizyologları ve kimyacıları çeken bir problemdi. Ancak bu üç bilim adamının solunumun ve sonra tüm tabiatın bir tür temel "eşdeğerlik"le yönetildiği sonucuna nasıl varlıklarını düşününce, Alman felsefî geleneğinin onları pozitivist konuma tamamen aykırı düşen bir anlayışla yüklemiş olduğunu söyleyebiliriz: Hiç tereddütsüz hepsi de tüm tabiatın bütün ayrıntısıyla bu tek korunum ilkesiyle yönetildiği sonucuna vardı.

İçlerinde en dikkat çekici olanı Mayer'in konumuydu.[8] Mayer, Java'daki Hollanda kolonilerinde bir genç doktor olarak çalışırken, bir hastasının toplardamar kanının parlak kırmızılığı dikkatini çekti. Bu onu sıcak, tropikal iklimde yaşayanların, vücut sıcaklıklarını sağlamak için daha az oksijen yakması gerektiği ve bunun da kanlarındaki parlak rengi verdiği sonucuna götürdü. Mayer devamla enerjinin kaynağı olan oksijen yakımı ile vücut sıcaklığının sağlanmasında gerekli enerji tüketimi arasında, ısı kayıplarına ve elle yapılan işlere rağmen bir denge kurmaya çalıştı. İşte bu önemli bir adımdı, çünkü kanın parlaklığı, hastanın "tembelliği"nden de ileri geliyor olabilirdi. Fakat Mayer, işi daha ileriye vardırdı ve oksijen tüketimi ile ısı kaybı arasındaki dengenin tüm olguların altında yatan yok edilemez bir "kuvvetin" varlığının özel göstergesi olduğuna hükmetti.

Tabiî olguları geçirdiği tüm dönüşümler boyunca sabit kalan bir temel gerçekliğin ürünü olarak görme eğilimi şaşırtıcı olarak Kant'ı hatırlatır. Kant'ın etkisi kimi fizyologların tuttuğu bir başka fikirde, vitalizmi, felsefî spekülasyon olarak bilimsel metodoloji probleminden

8. Mayer'in "On the Forces of Inorganic Nature" ve "The Motions of Organisms and Their Relation to Metabolism" adlı iki büyük makalesinin İngilizce çevirileri şurada bulunabilir: *Energy: Historical Development of a Concept*, nşr. R. B. Lindsay (Stroudsbourg, Pa.: Benchmerks Papers on Energ I, Dowder, Hutchihson & Ross, 1975).

ayırmada görülür. Bu fizyologlara göre, canlı varlıkların işleyişinin altında yatan bir "vital" kuvvet varsa bile, fizyolojinin *objesi* yine de yalnızca fiziko-kimyasal yapıda olmalıdır. Sözü geçen iki bakış açısıyla da, Kantçılık da —ki matematiksel fiziğin onsekizinci yüzyılda aldığı biçimi onaylamıştır— fiziğin ondokuzuncu yüzyıldaki yeniden doğuşunun köklerinden biri olarak görülebilir.[9]

Helmholtz, Kant'ın etkisini oldukça açık biçimde itiraf eder. Helmholtz'a göre enerjinin korunumu ilkesi tüm bilimin dayandığı bir genel a priori önşartın —tabii dönüşümlerin altında bir temel değişmezin (*invariance*) yaptığı önermesi— fizikteki ifadesi demekti:

> Bilimlerin sorunu ilk etapta, özel tabiî süreçlerin genel kurallara gönderimlenmesi ve bunlardan çıkarsanmasını sağlayacak kanunları bulmaktır.
>
> Tabiatta her değişmenin yeterli bir sebebi olması gerektiği kanısıyla bu yola girdik ve aslında onun zorlamasıyla yürüyoruz. Olguları dayandırdığımız yaklaşık sebepler kendi içinde değişken de olabilir, değişmez de olabilir; bir önceki durumda yukarıdaki kanı bizi değişmeleri açıklayacak sebepleri aramaya iter ve böylece uzun vadede değişmez olan ve dolayısıyla dış şartları aynı olan bütün olaylarda, aynı değişmez sonuçları veren en son sebeplere varıncaya kadar ilerleriz. Teorik tabiat bilimlerinin nihaî hedefi, o halde, tabiî olguların en son ve değişmez sebeplerini ortaya çıkarmaktır.[10]

Enerjinin korunumu ilkesiyle, fizikte en son mekanik genellemeleri getirecek yeni altın çağ fikri şekillenmeye başladı. Beraberinde getirdiği kültürel etkileri çok geniş kapsamlı oldu; toplumun ve insanların bir tür enerji dönüştürücü motorlar olduğu anlayışını doğurdu. Fakat işin hepsi enerji dönüşümü ile bitmiyordu. Enerji dönüşümü tabiatın yalnızca sakin ve kontrol edilebilir yanlarını temsil eder. Oysa daha aşağıda, daha aktif bir başka düzey daha olmalıydı. Nietzsche korunum ve dönüşümden çok ötelerdeki yaratılış ve yok oluşların sesini alanlardan biriydi. Aslında sıcaklık ya da potansiyel enerji farklılıklarında ol-

9. E. Benton, "Vitalism in the Nineteenth Century Scientific Thought: A Typology and Reassessment", *Studies in History and Philosophy of Science*, c. 5 (1974), ss. 17-48.

10. H. Helmholtz, "Über die Erhaltung der Kraft", a.y., ss. 90-91.

duğu gibi, farklılık tek başına yine bir tür farklılık olan sonuçlar üretebilir.[11] Enerjinin korunumu basitçe bir farklılığın yıkılıp yerine bir başka farklılığın yaratılması demektir. Tabiatın gücü böylece eşdeğerliliklerin kullanımıyla gizlenmiş olur. Ancak tabiatın buhar motorlarının kazanıyla, kimyasal transformasyonlarla, hayatla ve ölümle ilgili ve eşdeğerliliklerden ve enerjinin korunumundan öteye geçen bir başka yanı daha vardır.[12] İşte burada termodinamiğin en köklü katkısı, geri-dönüşsüzlük kavramına geliriz.

ISI MOTORLARI VE ZAMANIN OKU

Mekanik aletleri, termal motorlarla, meselâ, lokomotiflerin kızgın kazanlarıyla kıyasladığımızda, ilk bakışta klasik çağ ile ondokuzuncu yüzyıl teknolojisi arasındaki uçurumu görebiliriz. Yine de fizikçiler, başında, bu uçurumun gözardı edilebileceğini, termal motorların, bir kritik gerçeği, yani buhar motorunun kullandığı yakıtın geri dönmeksizin tükenmesini ihmal ederek, mekanik motorlar gibi tanımlanabileceğini düşündüler. Fakat çok geçmeden böyle bir gönül rahatlığının mümkün olmadığı görüldü. Klasik mekaniğe göre tabiatın sembolü saatti; Endüstri çağında ise, tabiat her an tükenebilecek bir enerji deposu demekti. Dünya bir ocak gibi yanıyordu; enerji bir yandan korunsa da, sürekli dağılıyordu.

Sonradan geri-dönüşsüzlüğün ilk nicel ifadesini verecek olan ter-

11. G. Deleuze, *Nietzsche et la philosophie* (Paris: PUF, 1973), ss. 48-55.

12. Zola'nın "Docteur Pascal", *Feux et signaux de brume* (Paris: Grasset (1975)) s. 107 adlı çalışmasında Michel Serres şöyle yazmaktadır: "Pratik olarak kapanmaya yüz tutmuş olan yüzyıl, roman ortaya çıkınca güneş sisteminin muhteşem istikrarıyla yeniden açıldı. Ve şimdi ateşin acımasız düşüşüyle ümitsizlikle dolmuştur. Böylece şiddetli fakat olumlu bir açmaz ortaya çıkmıştır: Ya geride bir şey bırakmayan ezeli ve olumlu mükemmel bir çevrim yani güneşin kozmolojisi; ya da farkını yitirmiş, geridönüşşüz, tarihi ve önemsiz bir çevrim yani kaçınılmaz olarak sönüp yok olmak zorunda olan bir ateş kozmolojisi. Carnot ve diğerlerinin insanın selametle içinde uyuyabileceği o kapalı yeri yani nişi ilâ-nihaye parçaladıkları bir zamanda Laplace'ın nasıl olduğu merak edilmeye değer doğrusu. Biri rüya görüyor, bu kesin: böylelikle de artık kullanılmayan eski sözler kapının açık kısmından yeniden içeri giriyor: ölümsüz ateş, temizleyici alev veya kötü ateş?"

modinamiğin ikinci kanununun orijinal formülasyonunu, Mayer'in (1842) ve Helmholtz'un (1847) enerjinin korunumunun genel formülasyonunu bulmalarından önce, 1824'de Sadi Carnot başardı. Carnot, mekanik motorların tanımlanmasında oldukça başarılı olmuş babası Lazare Carnot'nun çalışmalarını yakından izleyerek ısı motorunu inceledi.

Mekanik motorların tanımı, hareketi bir veri sayar. Modern dilde, enerji ve momentum korunumuna karşılık gelir. Hareket basitçe yeni biçimlere dönüştürülüp diğer cisimlere aktarılır. Fakat mekanik ve termal motorlar arasındaki anoloji Sadi Carnot'ya göre doğaldı. Çünkü, zamanın çoğu bilim adamları gibi, O da mekanik enerji gibi ısının da korunduğunu varsayıyordu.

Bir düzeyden diğerine düşen su, bir değirmeni döndürebilir. Sadi Carnot benzer şekilde iki kaynak varsayar; biri motor sistemine ısı verir, öbürü de değişik bir sıcaklıktadır ve birincinin verdiği ısıyı emer. Motoru çalıştıran ısının motor içinde değişik sıcaklıklardaki iki kaynak arasındaki *hareketi*dir, yani ateşin itici gücü.

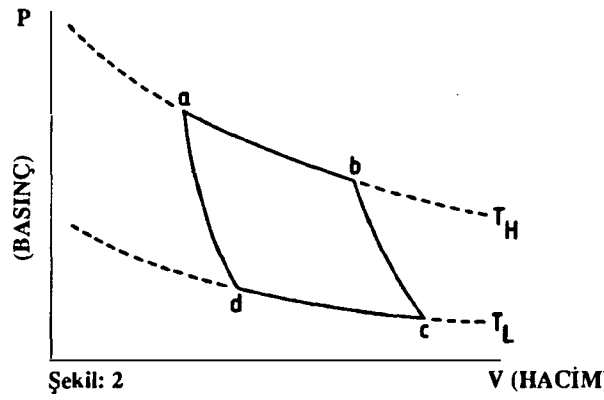
Carnot babasının sorularını yeniden ele aldı:[13] Hangi makine en çok verimlilikte olur? Kayıpların kaynağı neresidir? Isının iş yapmaksızın dağıldığı süreçler nelerdir? Lazare Carnot mekanik bir makineden maksimum verim elde edebilmek için, makinenin sallantıları, sürtünmeyi, ani hız değişikliklerini —kısaca, değişik hızlarda hareket eden cisimlerin anî temaslarının yol açtığı her şeyi— minimuma indirecek şekilde yapılıp çalıştırılması gerektiği sonucuna varmıştı. Böyle yaparak Lazare Carnot tamamen zamanının fiziğini uygulamış oluyordu: Yalnızca sürekli olgular korunumludur; tüm anî hareket değişmeleri "yaşayan kuvvet"in geri-dönüşsüz kaybına sebep olur. Benzer şekilde, ideal *ısı motoru* da, değişik *hızlarda* hareket eden cisimlerin temaslarından kaçınmak yerine, değişik *sıcaklıklardaki* cisimlerin temaslarından kaçınmak zorundadır.

Dolayısıyla, motor devresi, değişik sıcaklıklardaki iki cisim arasındaki doğrudan ısı akımı sıcaklık değişimine yol açmayacak şekilde dü-

13. Carnot baba ve oğul arasındaki devamlılığa Cardwell *(From Watt to Clausis* ve Scott *(The Conflict Between Atomism and Conservation Theory)* dikkatleri çekmiştir.

zenlenmelidir. Bu tür akımların hiçbir mekanik etkisi olmadığından, tamamen verimlilik kaybına yol açarlar.

İdeal Carnot devresi, buna göre değişik sıcaklıklardaki cisimlerin teması olmaksızın, değişik sıcaklıklardaki iki kaynak arasında ısı transferi yapmak gibi paradoksal bir sonucu sağlayan oldukça zekice bir aygıttır. Dört faza bölünmüştür. İki tane izotermal fazı vardır, sistem bu fazların birinde sıcak, diğerinde soğuk ısı kaynağı ile temastadır. Sıcak kaynakla temasta iken ısı emer ve genleşir; soğuk kaynakla temasta iken ısı kaybeder ve büzüşür. Bu iki izotermal faz sistemin kaynaklardan izole edildiği —yani artık sisteme ne ısı girer, ne çıkar; fakat sistemin sıcaklığı genişleme ve büzüşmeye bağlı olarak sırasıyla azalır ve artar— iki fazla birbirine bağlıdır. Sistem bir kaynağın sıcaklığını diğerine geçirene kadar, hacim değişmeye devam eder.



Şekil: 2

Şekil 2: Carnot devresinin basınç-hacim eğrisi: Biri "sıcak" ve T_H sıcaklığında, diğeri "soğuk" ve T_L sıcaklığındaki iki kaynak arasında işleyen bir termodinamik motor. *a* ve *b* durumları arasında izotermal bir değişim vardır: T_H sıcaklığında tutulan sistem ısı emer ve genleşir. *b* ve *c* arasında, sistem termal izolasyonda olduğu halde genleşmeyi sürdürür; sıcaklığı T_H'den T_L'ye düşer. Bu iki adımda mekanik enerji üretilir. *c* ve *d* arasında ikinci bir izotermal değişme vardır: Sistem T_L sıcaklığında tutulurken büzüşür ve ısı açığa çıkarır. *d* ve *a* arasında tekrar izole edilir ve büzüşürken sıcaklığı T_H'ye çıkar.

Bu ideal termal motor tanımının, gerçekleşmesinin temelinde yatan geri-dönüşsüz süreçlerden söz etmeyişi oldukça dikkat çekicidir. Kömürün yandığı ocağın sözü hiç edilmiyor. Model, yanmanın yalnızca iki kaynak arasındaki sıcaklık farkının devamını sağlayan sonucuyla ilgileniyor.

1850'de, Clausius, Carnot devresini enerjinin korunumunun sağladığı yeni perspektifle tanımladı ve iki kaynak gereğinin ve Carnot'nun ortaya koyduğu teorik verimlilik formülünün ısı motorlarının özel bir probleminin ifadesil olduğunu farketti: Motoru başlangıçtaki mekanik ve termal şartlara geri döndürmek için, dönüşümü telafi edecek bir süreç (bu durumda, soğuk bir cisimle temas ederek soğuması) ihtiyacı. Enerji korunumunu ifade eden denge ilişkileri artık iki sürecin sistemin durumu üzerine etkileri, yani kaynaklar arası ısı *akımı* ve ısının işe *dönüşümü* arasındaki yeni eşdeğerlik ilişkileriyle birleşir. Böylece mekanik ve termal etkileri birbirine bağlayan yeni bir bilim, yani termodinamik ortaya çıkar.

Clausius'un çalışması açıkça tabiatın sağladığı hiç bitmezmiş gibi görünen enerji rezervini hesapsızca kullanamayacağımızı gösterdi. Enerji korunumlu süreçlerin hepsi mümkün değildi. Örneğin, bir enerji farklılığı, en azından ona denk bir başka enerji farklılığı yokedilmeden sağlanamaz. Buna göre ideal Carnot devresinde üretilen işin fiyatı, bir kaynaktan diğerine aktarılan ısı ile ödenir. Bir yanda üretilen mekanik işle ifade edilen sonuç, diğer yanda ısının transferi bir denklemle birbirine bağlıdır. Bu denklem her iki yönde de geçerlidir. Aynı makine ters yönde çalışarak üretilen işi harcayıp başlangıçtaki sıcaklık farkını tekrar sağlayabilir. Tek bir ısı kaynağı kullanarak ısı motoru yapmak imkânsızdır.

Tüm gerçek motorların teoride hesap edilen ideal değerden daha az verimli olmasına yol açan kayıpları Carnot gibi Clausius da hesaba katmamıştı. Tanımlamaları tıpkı Carnot'nunki gibi, bir idealizasyona karşılık geliyordu. Ve bu, tabiatın termal motorların verimine getirdiği sınırın tanımına götürdü.

Ancak onsekizinci yüzyıldan bu yana idealizasyonların konumu

değişikliğe uğradı. Enerjinin korunumu ilkesine dayanmış olması nedeniyle, yeni bilim yalnızca idealizasyonları değil, "*kayıplar dahil*" tabiatın kendisini de tanımlama iddiasındaydı. Ve bu geri-dönüşsüzlüğün fiziğe girmesine yol açan yeni bir problem getirdi. Gerçek bir motorda nelerin olduğu, nasıl tasvir edilecekti? Kayıplar enerji dengesi içine nasıl dahil edilecek? Kayıplar verimliliği nasıl düşürüyordu? Bu sorular termodinamiğin ikinci kanununun yolunu açtı.

TEKNOLOJİDEN KOZMOLOJİYE

Gördüğümüz gibi, Carnot ve Clausius'un ortaya attıkları sorular, korunuma ve kompensasyona dayalı ideal motorların tanımlanmasına yol açtı. Ayrıca, enerjinin dağılımı gibi yeni problemlerin sunulması için bir fırsat oluşturdu. Fourier'nin çalışmalarını büyük takdirle karşılayan William Thomson bu problemin önemini anlamakta gecikmedi ve 1852'de termodinamiğin ikinci kanununu formüle eden ilk kişi oldu.

Carnot'nun ısı motorundaki güç kayıplarının olası nedeni olarak teşhis ettiği şey Fourier'nin ısı yayılımı idi. Artık bir ideal devre değil, "gerçek" devre olan, Carnot devresi, böylece ondokuzuncu yüzyılda keşfedilen *iki evrenselin* —enerjinin korunumu ve ısı yayılımı— kesişme noktası oldu. Bu iki keşfin kombinasyonu Thomson'u, kendine ait yeni ilkeyi biçimlendirmeye itti: tabiatta mekanik enerjinin bozunumuna doğru bir *evrensel eğilimin* varlığı. Burada açık kozmolojik çağrışımlar uyandıran "evrensel" kelimesi dikkat çekicidir.

Laplace'ın dünyası, sonsuz ve hiç bitmez hareketlilikte bir makine idi. Thomson'un kozmolojisi ise sadece yeni ideal ısı motorunun bir yansıması olmayıp aynı zamanda enerji korunumlu bir dünyada geri dönüşsüz ısı yayılımının sonuçlarını da hesaba kattığından, bu dünyayı ısının ancak bir miktar geri-dönüşsüz artıklar ve işe yaramaz dağılım pahasına harekete dönüştüğü bir motor olarak tanımlar. Tabiatta iş yapıcı farklılıklar giderek azalır. Dünya bir dönüşümden diğerine geçerken farklılıklarını tüketir ve nihaî bir termal denge durumuna, "ısı ölümü"ne doğru gider. Fourier kanunu gereği en sonunda, mekanik etki üretecek hiçbir sıcaklık farkı kalmayacaktır.

Thomson böylece motor teknolojisinden kozmolojiye baş döndürücü bir sıçrama yaptı ve formüle ettiği ikinci kanun zamanının bilimsel terminolojisine gelip oturdu: enerjinin korunumu, motorlar ve Fourier kanunu. Dahası, belli ki o zamanın kültürel bağlamının oynadığı rol de önemliydi. Zaman probleminin ondokuzuncu yüzyıl boyunca yeni bir önem kazandığı, genelde kabul edilir. Aslında tüm alanlarda —jeolojide, biyolojide, dilde, aynı zamanda insanın sosyal gelişimi çalışmalarında ve etikte— zamanın esaslı rolünün farkına o sıralar varılmaya başlandı. Fakat, ilginçtir ki, fizikte tanımlandığı özel şekliyle, yani homojenliğe ve ölüme doğru bir eğilim olarak zaman, bize biyolojinin ve sosyal bilimlerin tanımladığı ilerleyici karmaşıklaşma ve çeşitlenmeden çok, antik mitolojik ve dinî ilk örnekleri (*archetype*) hatırlatıyor. Bu antik temaların dönüşü o zamanın sosyal ve ekonomik doruklaşmalarının yankıları olarak görülebilir. Tabiatla kurulmuş teknolojik diyalog tarzının hızla değişimi, ondokuzuncu yüzyılın yaşadığı değişimin sürekli ivmelenen temposu, derin bir kaygı uyandırdı. Bu kaygı hâlâ yakamızı bırakmış değil ve devamlı tekrarlanan "sıfır büyüme"li toplumluk ya da bilimsel araştırmalara para ayrılmaması tekliflerinden kâinatın giderek bozulduğuna ilişkin "bilimsel gerçekler"in açıklanmasına kadar varan değişik biçimler almış durumda. Mevcut astrofizik bilgilerimiz hâlâ noksan ve çok şüpheli. Çünkü bu alanda gravitasyonel etkilerin temel bir rolü var ve problemler termodinamiğin ve relativitenin aynı anda kullanılmasını gerektiriyor. Yine de bu alandaki kitapların çoğu kâinatın akıbeti konusundaki tahminlerinde hemfikirler. Örneğin son çıkan kitaplardan birinin vardığı sonuç şöyle:

> Artık gözüken acı gerçek şu ki, kâinatın önlenemez çöküşü, bildiğimiz kadarıyla kesinleşiyor, insandan galaksilere kadar düzenli aktivitelerin hepsini sağlayan organizasyon yavaş yavaş, fakat kaçınılmaz bir şekilde yıkılıyor ve hatta tam bir gravitasyonel çöküşle hiçliğe gidebilir.[14]

Diğerleriyse daha umut verici. Kâinatın enerjisi üzerine yazdığı güzel bir makalede şunları yazmış Freeman Dyson:

---

14. P. Davies, *The Runaway Universe* (New York: Penguin Books, 1980), s. 197.

> Yine de hayatın henüz hayal ettiğimizden çok daha büyük bir rolü olacağı akla yatkın geliyor. Hayat, kâinatı kendi akıbetine götüren tüm aksaklıklardan sıyrılmayı başarabilir. Ve yirminci yüzyıl bilim adamlarının ileri sürme eğiliminde oldukları gibi cansız kâinatın dizaynı hayatın ve zekanın potansiyel imkânlarından kopuk olmayabilir.[15]

Hawking ve diğerlerinin kat ettikleri önemli ilerlemeye rağmen kâinatımızdaki büyük ölçekli dönüşümler hakkında bilgimiz hâlâ yetersizliğini koruyor.

ENTROPİNİN DOĞUŞU

1865'de teknolojiden kozmolojiye sıçrama yapma sırası Clausius'daydı. İşin başında, yaptığı şey sadece ilk çıkarımlarını yeniden formüle etmek oldu. Fakat bunu yaparken yeni bir kavramı, *entropi*yi tanımladı. İlk hedefi korunum ve geri-dönüşlülük kavramlarını birbirinden kesin bir şekilde ayırmaktı. Geri-dönüşlülüğün bu korunumun birlikte göründüğü mekanik dönüşümlerin tersine, fiziko-kimyasal dönüşüm geri-dönüşlü olmasa da enerjiyi koruyabilirdi. Söz gelimi, hareketin ısıya çevrildiği sürtünme örneğinde, ya da Fourier'nin tanımladığı şekliyle ısı iletimi örneğinde bu geçerliydi.

Enerjiyi zaten bir sistemin durumunun bir fonksiyonu olarak —yani yalnızca o durumu tanımlayabilen parametrelerin (basınç, hacim, sıcaklık) değerlerine bağlı bir fonksiyon— biliyoruz.[16] Fakat enerjinin korunumu ilkesinden öte geçip ve Carnot devresinde "işe yarar" enerji alış-verişi ve geri-dönüşsüz olarak tükenen "dağılmış" enerji arasındaki ayırımı ifade etmenin bir yolunu bulmalıydık.

İşte, bu Clausius'un genellikle *S* ile gösterilen yeni fonksiyonunun, entropinin işiydi.

Belli ki, Clausius sadece, bir motorun tamamladığı bir devir sonun-

---

15. F. Dyson, "Energy in the Universe", *Scientific American*, c. 225 (1971), ss. 50-59.
16. Özellikle önemli olan şey, mekanikte olanın aksine, "durum" olarak nitelendirilebilecek herhangi bir termodinamik sistem durumu olmadığını kavramaktı. Bkz., E. DAUB, "Entropy and Dissipation", *Historical Studies in the Physical Sciences* c. 2 (1970), ss. 321-54.

da başlangıç durumuna dönmesi için, net olarak nelerin gerektiğini yeni bir biçimde ifade etmek istemişti. Entropinin ilk tanımı korunum etrafında merkezlenir: İdeal olsun olmasın, her devir sonunda, sistemin durumunun fonksiyonu, yani entropi, başlangıç değerine döner. Fakat entropi ve enerji arasındaki paralellik idealizasyonlardan vazgeçtiğimizde hemen sona erer.[17]

Şimdi kısa bir zaman aralığındaki dt, entropi değişimini, dS, ele alalım. İdeal ve gerçek motorlar için durum oldukça farklıdır. İdeal motorda, dS tümüyle motor ve çevresi arasındaki alış-verişler cinsinden tanımlanabilir. Sistemin enerji aldığı değil de enerji açığa çıkardığı deneyler düzenleyebiliriz. Bu durumda entropi değişiminin basitçe işareti değişir. d_eS diye göstereceğimiz bu tür entropi değişimleri dolayısıyla hem pozitif, hem negatif işaretler alabilmesi itibariyle *geri-dönüşlüdür.* Gerçek bir motorda ise durum çok farklıdır. Burada geri-dönüşlü alış-verişlerin yanısıra, sistem içinde ısı kayıpları, sürtünme ve benzeri gibi *geri-dönüşsüz* süreçlerimiz vardır. Bunlar sistem içinde bir entropi artışına ya da "entropi üretimi"ne yol açarlar. d_iS diye göstereceğimiz bu entropi artışı, dış dünya ile ısı alışverişini tersine çevirme yoluyla işaretini değiştiremez. Tüm geri-dönüşsüz süreçler gibi, (ısı iletimi gibi) entropi üretimi de aynı yönde ilerler. Diğer bir ifadeyle, d_iS yalnızca pozitif olabilir ya da geri-dönüşsüz süreçlerin olmadığı durumlarda

17. *Scientific Autobiography* (Londra: Williams & Norgate, 1950) adlı otobiyografisinde Max Planck ısının hususiyetini ilk defa vurguladığında geri dönüşsüzlük sorununa, ısının başka bir enerji formuna dönüşmesinin yol açtığını belirttiğinde nasıl yalnız kaldığını hatırlatmaktadır. Ostwald gibi enerjiciler tüm enerji biçimlerine aynı statünün verilmesini istiyorlardı. Onlara göre iki yükseklik düzeyi arasında meydana gelen bir cismin düşüşü, tıpkı farklı iki sıcaklıkta olan iki cisim arasında meydana gelen ısı nakli gibi aynı tür üretici farklılıktan dolayı meydana gelmektedir. Böylece Ostwald'ın karşılaştırması, mekanik hareket gibi tamamen geridönüşlü bir süreç ile, ısı difüzyonu gibi fıtraten geridönüşsüz bir süreç arasındaki hayati farklılığı ortadan kaldırmış oldu. O böyle yapmakla Langrange'a atfettiğimiz bir duruma düşmüş olmaktadır: Langrange'ın enerji korunumunu sadece ideal durumlara ait bir özellik saydığı yerde Ostwald, enerji korunumunu herhangi bir doğal dönüşüme ait bir özellik olarak kabul etmiş ve fakat enerji *farklılıklarının* korunumunun (bunu tüm dönüşümler gerektirir, zira ancak bir farklılık başka bir farklılığı meydana getirebilir) rasyonel bir bilimin tek nesnesi olan soyut bir ideal olarak tanımlamıştır.

yoktur. Hatırlatalım, d_iS'nin pozitif işareti düzmece değildir; pekâlâ negatif de olabilir. Mesele değişimin monoton olması, entropi üretiminin zaman geçtikçe, işaretini değiştirmesinin mümkün olmayışıdır.

d_eS ve d_iS işaretleri okuyucunun, d_eS'nin dış dünya ile *alış-verişleri (exchanges) (e)*'e, d_iS'nin sistemin *içindeki (inside) (i)* geri-dönüşsüz süreçlere karşılık geldiğini hatırlaması için seçilmiştir. Entropi değişimi, dS, dolayısıyla, oldukça farklı fiziksel anlamları olan iki terimin, d_eS ve d_iS'nin toplamıdır.[18]

Entropi değişiminin iki parçaya bölünmesi şeklindeki bu garip özelliğini anlamak için, eldeki formüllerimizi enerjiye uygulamakta fayda var. Enerjiyi E ile ve dt gibi kısa bir zaman aralığındaki enerji değişimini de dE ile gösterelim. Elbette, dE'nin enerji alış-verişinden kaynaklanan bir d_eE terimi ile "iç enerji üretimi"ne bağlı bir d_iE teriminin toplamı olduğunu da yazabilirdik. Ancak enerjinin korunumu ilkesi enerjinin asla "üretilemeyeceğini", yalnızca bir biçimden diğerine aktarılabileceğini belirtir. Enerji değişimi dE, buna göre d_eE'ye indirgenir. Diğer taraftan, meselâ bir kaptaki hidrojen moleküllerinin miktarı gibi korunumsuz bir niceliği alırsak, bu nicelik kaba hidrojen molekülü ilave edilmesiyle de, kap içindeki kimyasal reaksiyonlarla da değişebilir. Fakat bu durumda, "üretim"in işareti belirlenmemiştir. Şartlara bağlı olarak, diğer kimyasal bileşenlere hidrojen atomu aktararak hidrojen moleküllerini üretebiliriz de, yıkabiliriz de. İkinci kanunun garip özelliği, üretim terimi d_iS'nin *her zaman pozitif* oluşudur. Entropi üretimi, sistemin içinde geri-dönüşsüz değişmeler olduğunu ifade eder.

Clausius entropi akışı d_eS'i sistemin aldığı (ya da verdiği) ısı cinsinden nicel olarak ifade edebilmişti. Geri-dönüşlülük ve korunum kavramlarının egemenliğindeki bir dünyada bu onun en önemli meselesiydi. Entropi üretimine yol açan geri-dönüşsüz süreçlere gelince sadece

18. Entropi varyasyonunun iki farklı bölüme ayrılışını ortaya seren I. Prigogine'dir, *Etude thermodynamique des Phénomènes irréversibles*, Thèse d'agrégation présentée à la faculté des sciences de l'Université Libre de Bruxelles 1945 (Paris: Dunod, 1947).

$d_iS/dt>0$ eşitsizliğinin varlığını belirtmekle kaldı. Yine de, önemli ilerlemeler kaydedilmişti. Çünkü Carnot devresini bir kenara bırakır ve diğer termodinamik sistemleri göz önüne alırsak, *entropi akışı ile entropi üretimi arasındaki ayırım hâlâ yapılabilir.* Çevresiyle hiçbir alış-verişi olmayan izole bir sistem için, entropi akışı, tanımı gereği, sıfırdır. Geriye sadece üretim yolu kalır ve sistemin entropisi yalnızca artar ya da sabit kalır. Buna göre, burada artık geri-dönüşsüz dönüşümlerin, geri-dönüşlü dönüşümlerin bir yaklaşık biçimi olarak görülmesi söz konusu değildir; artan entropi sistemin *spontan evrimi*'ne karşılık gelir. Entropi böylece, Eddington'un yerinde bir deyimiyle "evrimin belirtisi" ya da "zamanın oku" haline gelir. Tüm izole sistemler için, gelecek demek, artan entropinin yönü demektir.

Hangi sistem bütün olarak kâinatın kendisinden daha iyi "izole edilmiş" olabilir? Bu kavram, Clausius'un 1865'de ifade ettiği termodinamiğin iki kanununun kozmolojik formülasyonunun temeli olmuştur:

Die Energie der Welt ist konstant.
Die Entropie der Welt strebt einem Maximum.[19]

(Dünyanın enerjisi sabittir.

Dünyanın entropisi bir maksimuma doğru gider.) Ç.N.

İzole bir sistemin entropisinin bir maksimuma doğru arttığı fikri, termodinamiği doğurmuş olan teknolojik problemden çok öteye geçer. Artan entropi kayıplarla eşanlamlı değildir ve artık sistemin içindeki *tabiî süreçleri* belirtir. Bunlar sistemi, sonunda, maksimum entropi durumuna karşılık gelen termodinamik "denge"ye götüren süreçlerdir.

Bölüm I'de, Newton'un evrensel dinamik kanunlarının keşfinin sürpriz yanını vurgulamıştık. İşte burada da işin sürpriz yanı bellidir. Sadi Carnot herhalde ideal termal motorların kanunlarını formüle ettiğinde, çalışmasının fizikte kavramsal bir devrime yol açacağını hayal bile edemezdi.

19. R. Clausius, *Ann. Phys.*, c. 125 (1865), s. 353.

Geri-dönüşlü dönüşümler bir sisteme etki etme ya da sistemi kontrol etme imkânını tanımlaması açısından klasik bilime aittir. *Dinamik obje* kendi başlangıç şartları aracılığıyla kontrol edilebilirdi. Benzer şekilde, geri-dönüşlü dönüşümler cinsinden tanımlandığında, *termodinamik obje* ise kendi sınır şartları aracılığıyla kontrol edilebilir: sıcaklığı, hacmi, yahut basıncı *derece derece* değişmiş termodinamik dengedeki her sistem, bir dizi denge durumlarından geçer ve ters yönde herhangi bir müdahale, kendi başlangıç durumuna dönmesine yol açar. Böylesi bir değişimin geri-dönüşlü yapısı ve objeyi sınır şartları aracılığıyla kontrol etme işi, birbirine bağlı süreçlerdir. Bu bağlamda, geri-dönüşsüzlük "negatif"tir; sistem, kontrolden çıkar çıkmaz oluşan, "kontrolsüz" değişimler biçiminde kendini gösterir. Fakat tersinden alırsak, geri-dönüşsüz süreçler, tabiatın deneysel araçlarla kullanılmaya kalkıldığında gösterdiği kendiliğinden ve içsel *aktivite*nin son kalıntıları olarak görülebilir.

Böylece, dağılımın "negatif" özelliği termodinamik objelerin, dinamik objelerin aksine, sadece *kısmen* kontrol edilebileceğini gösterir. Ara sıra "zincirden çıkarak" kendiliğinden değişimler gösterebileceklerini gösterir.

Termodinamik bir sistem için tüm değişmeler eşdeğerli değildir. $dS = d_eS + d_iS$ ifadesinin anlamı budur. Denge durumuna doğru giden kendiliğinden değişim, d_iS sınır şartlarının (meselâ çevre sıcaklığı) ayarlanmasıyla belirlenen ve kontrol edilen d_eS değişiminden farklıdır. İzole bir sistem için, denge demek, denge dışı durumların "çekim alanı" demektir. Baştaki önermemizi, buna göre çekici bir duruma doğru giden değişimin diğer tüm değişimlerden, özellikle de sınır şartlarının belirlediği değişimlerden farklı olduğunu söyleyerek genelleyebiliriz.

Max Planck, sık sık tabiatta bulunan iki tür değişimin farklılığını vurgulardı. Tabiat, belli bazı durumlardan "yanaymış" gibi gözüküyor diye yazmıştı bir keresinde. Entropinin geri-dönüşsüz artışı, d_iS/dt bir sistemin kendisini "çeken", kendisinin tercih ettiği ve kendi "hür iradesiyle" gitmekten vazgeçmesi mümkün olmayan bir duruma yaklaşması-

nı tasvir eder. "Bu açıdan bakıldığında, tabiat nihaî durumlarını, başlangıç durumlarından daha az çekici bulduğu olaylara izin vermez. Geridönüşlü süreçler sınırlı durumlardır. Bu süreçlerde, tabiatın başlangıç durumlarına ve nihaî durumlara eşit tercihi vardır; iki durum arasında her iki yönde de geçiş yapılabilmesi bu yüzdendir."[20]

Dinamiğin diliyle karşılaştırıldığında, böylesi bir dil ne kadar da yabancı geliyor! Dinamikte bir sistem, ilk ve son olarak belirlenmiş ve başlangıç noktası hiç unutulmayan (çünkü hareket yörüngesini her zaman başlangıç şartları belirler) bir yörünge üzerinde değişir. Ancak izole bir sistemde *tüm* denge-dışı durumlar, *aynı* türden bir denge durumuna doğru giden bir evrimi sonuç verir. Denge durumuna gelinceye kadar, sistem başlangıç şartlarını —yani bu değişime hazırlanış şeklini— *unutmuş* olur.

Buna göre, özgül ısı ya da denge durumundaki bir sistemin sıkıştırılabilirliği, sistemin kuruluş şeklinden bağımsız özelliklerdir. Çok şükür ki, bu durum maddenin fiziksel hallerinin çalışılmasını büyük ölçüde basitleştirir. Aslında, karmaşık sistemler sayısız partiküllerden oluşur.* Dinamik açıdan olabilecek sonsuz çeşitte dinamik durumlar gözönüne alındığında, bu tür sistemlerin geçirdiği belli bir durumu yinelemek pratik olarak imkânsızdır.

Artık bu durumda tamamen farklı bir tanımlama ile karşı karşıyayız: Hareket dünyasında geçerli olan dinamik ve kendi içinde entropinin artması yönünde evrim gösteren karmaşık sistemler bilimi, termodinamik. Bu ikilik hemen termodinamik kanunlarının formüle edilmesinden bu yana tartışılagelmiş bir problemi, yani bu tanımlamalar arasında nasıl bağlantı kurulacağı sorununu gündeme getirir.

---

20. M. Planck, "The Unity of the Physical Universe", *A Survey of Physics, Collection of Lectures and Essays* (New York: E.P. Dutton, 1925), s. 16.

(*) Fiziksel kimya sıklıkla Avagadro sayısını —yani, bir mol maddedeki (ki, bir mol her zaman aynı sayıda, yani 1 gr hidrojendeki atom sayıları kadar partikül içerir) molekül sayısını— kullanır. Bu sayı 6.10^{23} düzeyindedir ve klasik termodinamik kanunlarının egemen olduğu sistemleri oluşturan partikül sayısının karakteristik çokluk düzeyidir.

BOLTZMANN'IN DÜZENLİLİK İLKESİ

Termodinamiğin ikinci kanunu iki temel öge içerir: 1) "Negatif" olanı ve belli bazı süreçlerin imkânsızlığını (ısının sıcak kaynaktan soğuk olana doğru aktığı fakat tersinin olamıyacağı) belirten ve 2) "pozitif" ve yapıcı olanı. İkincisi aslında birincisinin bir sonucudur; belli süreçlerin imkânsızlığıdır ki, bize izole sistemlerde sürekli biçimde artan entropi gibi bir fonksiyonu tanımlamamıza izin vermiştir. Entropi, izole sistemlerin çekim alanı gibi işler.

Termodinamik formülasyonlar dinamikle nasıl bağdaştırılabilirdi? Ondokuzuncu yüzyılın sonunda çoğu bilim adamı bunun imkânsız olduğunu düşünüyordu. Termodinamik ilkeleri geleneksel fiziğe indirgenemeyecek bir yeni bilimin temellerini oluşturan yeni kanunlardı. Enerjinin hem nitel çeşitliliği, hem de dağılmaya eğilimli oluşu, yeni aksiyomlar olarak kabul edilmek zorundaydı. Bu, "enerjetikçiler"in fiziğin asıl misyonu olarak gördükleri şeyi —tabiî olguların karmaşıklığını, hareket kanunlarının ifade ettiği elementer hareketlerin sadeliğine indirgeme— terketmeyi reddeden "atomistler"e karşı öne sürdükleri iddialardı.

Aslına bakılırsa, mikroskobik düzeyden, makroskobik düzeye geçiş problemleri, bir bütün olarak fiziğin gelişmesi için olağanüstü bir zemin hazırlayacaktı. Bu çizgide ilk adımı atan da Boltzmann oldu. Boltzmann hareket yörüngeleri fiziğinin, termodinamiğin tanımladığı durumları kapsayacak şekilde genişletilmesi için, yeni kavramlar geliştirilmesi gerektiğini hissetmişti. Maxwell'in ayak izlerini izleyerek bu kavramsal keşfi olasılık teorisinde aradı.

Olasılığın karmaşık olayların tanımında rol oynayabilmesi şaşırtıcı değildi: Maxwell sosyolojide "ortalama" insanın bulucusu Quetelet'in çalışmalarından doğrudan etkilenmiş görünüyordu. Bu keşif, fizikte olasılığı bir yaklaşık kestirme aracı olmaktan çok bir açıklayıcı ilke olarak ortaya koyacak, onu bir sistemin, olasılık kanunlarının uygulanabileceği büyük bir popülasyondan oluşmuş olması dolayısıyla yeni tip bir davranış sergileyebileceğini göstermek için kullanacaktı.

Şimdi olasılık kavramının fizikteki uygulamasının basit bir örneğini ele alalım: İki eşit bölmeye ayrılmış bir kutuda, N sayıda parçacıktan oluşmuş bir dizi vardır. Burada problemimiz, parçacıkların bölmeler arasındaki değişik olası dağılımlarının olasılığını —yani birinci bölmede N_1 tane (ve ikinci bölmede $N_2 = N - N_1$ tane) parçacık bulma olasılığı— bulmaktır.

Kombinasyonel analizi kullanarak, N parçacıklarının yerleştirilebileceği değişik tüm dağılım şekillerini hesaplamak kolaydır. Buna göre, N=8 ise sekiz parçacığı yarı bölmeye yerleştirmenin tek bir yolu vardır. Ancak bir yarı bölmeye bir parçacık, diğer yarı bölmeye yedi parçacık koymanın sekiz değişik yolu vardır, tabii eğer parçacıkların klasik fizikteki gibi birbiriyle özdeş olduğunu kabul edersek. Dahası sekiz parçacığın iki ayrı bölme arasında eşit olarak dağıtılması da $8!/4!4!=70$ değişik şekilde (burada $n!=1\cdot2\cdot3\ldots.(n-1)\cdot n$) yapılabilir. Aynı şekilde N'in değeri ne olursa olsun fizikte N_1' N_2 gibi belli bir dağılımı elde etmenin kaç değişik yolu olduğunu veren, *permütasyonlar* denen P sayıda durum tanımlanabilir. Permütasyonun ifadesi $P=N!/N_1!N_2!$ şeklindedir.

Belli bir popülasyon için N_1 ve N_2 arasındaki fark azaldıkça permütasyonların sayısı da artar. Popülasyon eşit iki yarıya bölündüğünde permütasyon sayısı maksimumdur. Ayrıca N'in değeri büyüdükçe, değişik dağılım şekillerine karşılık gelen permütasyonların sayısı arasındaki fark da artar. Makroskobik sistemlerde bulunan 10^{23} ölçeğinde N değerleri için, olası dağılımların ezici çoğunluğu, $N_1=N_2=N/2$ dağılıma karşılık gelir. Çok sayıda parçacıklardan oluşan sistemler için, eşit bir dağılıma karşılık gelen durum dışındaki bütün durumlar, bu yüzden çok uzak bir olasılıktır.

Boltzmann, entropideki geri-dönüşsüz artışın, giderek artan moleküler düzensizliğin, başlangıçtaki herhangi bir simetrisizliğin yavaş yavaş azalmasının (çünkü simetrisizlik maksimum P'ye karşılık gelen duruma kıyaslandığında permütasyon sayısını azaltır) bir ifadesi olarak görülebileceğini ilk farkeden kişidir. Boltzmann bu yüzden entropiyi S,

permütasyonların sayısı ile özdeşleştirmeyi amaçladı: Entropi her makroskobik durumu, bu duruma ulaşım yollarının sayısı cinsinden niteler. Boltzmann'ın ünlü $S=k\ lg\ P^*$ denklemi bu fikrin niceliksel biçimde ifadesidir. Bu denklemdeki oransallık faktörü k, Boltzmann sabitesi diye bilinen bir evrensel sabitedir.

Boltzmann'ın sonuçları, geri-dönüşsüz termodinamik değişimin, giderek artan olasılıklı durumlara doğru bir değişim ve çekici durumun maksimum olasılığa karşılık gelen bir makroskobik durum olduğunu gösterir. Bu bizi Newton'dan öte taşır. Tarihte ilk defa bir fiziksel kavram olasılık cinsinden açıklanmıştır. Ve işe yarayacağı da hemen belli olmuştur. Olasılık, bir sistemin tüm başlangıç simetrisizliğini, tüm özel dağılımları (meselâ bir grup parçacığın sistemin belli bir alt bölgesinde yoğunlaşması, ya da farklı sıcaklıklarda iki gazın karıştırılmasıyla ortaya çıkan değişik hızlar dağılımı) unutuşunu yeterince açıklayabilir. Bu unutuş mümkündür. Çünkü, *sistemin kendine özgü evrimi ne olursa olsun,* sistem en sonunda makroskobik düzensizlik durumuna ve maksimum simetriye karşılık gelen mikroskobik durumlardan birine gidecektir. Çünkü bu makroskobik durumlar olası mikrosbik durumların baskın çoğunluğuna karşılık gelir. Bu duruma bir kez varıldığında, sistem bu durumdan yalnızca çok kısa mesafelerle ve çok kısa sürelerle ayrılır. Diğer bir ifadeyle sistem sadece çekici durum etrafında *dalgalanma* (*fluctuation*) hareketi yapar.

Boltzmann'ın düzenlilik ilkesi, bir sistem için en olası durumun, sistemde süregelen olaylar kalabalığının *istatistiksel olarak birbirlerini eşitlediği* durum olduğuna işaret eder. İlk örnek olayımızda, başlangıçtaki dağılım ne olursa olsun, sistemin evrimi sonunda sistemi eşit dağılıma, $N_1=N_2$, götürür. Bu durum sistemin geri-dönüşsüz makroskobik evrimine son verir. Tabii ki parçacıklar bir yarım bölmeden öbürüne gidip gelmeye devam eder, ancak, ortalama olarak belli bir anda, *bir yönde hareket edenler kadar karşı yönde de hareket edenler olur.* Sonuç

(*) Buradaki logaritmik ifade entropinin aritmetik olarak artan bir nicelik ($S_{1+2}=S_1+S_2$), permütasyonlar sayısının ise geometrik olarak artan bir nicelik ($P_{1+2}=P_1 \cdot P_2$) olduğunu ifade eder.

olarak, hareketlerin denge durumu $N_1 = N_2$ etrafında yalnızca küçük, kısa ömürlü dalgalanmalara neden olur. Boltzmann'ın olasılıklı yorumu, bu şekilde denge termodinamiğinin çalıştığı çekici durumun özgüllüğünün anlaşılmasını mümkün kılar.

Tabii, öykünün hepsi bu değil. Bu yüzden bu kitabın üçüncü kısmını konunun daha ayrıntılı tartışılmasına ayırdık. Şimdilik birkaç not vermekle yetinelim. Klasik mekanikte (ve ileride göreceğimiz gibi, aynı zamanda kuantum mekaniğinde) her şey başlangıç durumlarıyla ve hareket kanunlarıyla belirlidir. O halde olasılık nasıl olur da tabiat tanımına girer? Burada genellikle sistemin kesin dinamik durumunu bilemeyişimiz öne sürülür. Bu, entropinin subjektivist yorumudur. Böyle bir yorum, geri-dönüşsüz süreçler sürtünmeye ve daha genel olarak, termal motorların işleyişindeki kayıplara karşılık gelen basit nüanslar olarak görüldüğü takdirde kabul edilebilirdi. Fakat günümüzde durum değişti. İleride göreceğimiz gibi, geri-dönüşsüz süreçler büyük bir yapıcı öneme sahiptir: Onlarsız hayat mümkün olmazdı. Subjektivist yaklaşım bu yüzden hayli tartışmalıdır. O zaman, kendimiz de tümüyle kendi cehaletimizin, yalnızca makroskobik durumları gözlemliyor olmamızın bir sonucu muyuz?

Dahası, hem termodinamikte, hem de termodinamiğin olasılıkçı yorumunda, zamanda bir simetrisizlik ortaya çıkar: Entropi geleceğe doğru artar, geçmişe doğru değil. Zamanın yönüne bağımlı olmaksızın, değişmez olan dinamik denklemlerini göz önüne aldığımızda bunun imkânsız olduğu gözüküyor. İleride göreceğimiz gibi, ikinci kanun dinamikle bağdaşır, fakat ondan çıkarsanamaz bir seçilim ilkesidir; dinamik sistem için varolan olası başlangıç şartlarını sınırlar. İkinci kanun, dolayısıyla klasik ya da kuantum dinamiğinin mekanistik dünyasından köklü bir ayrılışı işaretler.

Buraya kadar parçacık sayısının ve aynı zamanda toplam enerjinin sınır şartlarıyla sabit tutulduğu izole sistemleri tartıştık. Ancak, Boltzmann'ın yorumunu çevresiyle etkileşen açık sistemlere de uzatmak mümkündür. T sıcaklığı çevreden ısı alış-verişiyle sabit tu-

tulacak biçimde sınır şartlarıyla belirlenmiş bir kapalı sistemde, denge maksimum entropi cinsinden değil, benzer bir fonksiyonun yani serbest enerjinin minimumu cinsinden tanımlanır: $F=E-TS$ (E, sistemin enerjisini ve T Kelvin ölçeğinden sıcaklığı —suyun donma noktasını 273 K ve kaynama noktasını 373 K kabul eden bir ölçek— ifade eder).

Bu denklem, dengenin enerji ve entropi arasındaki rekabetin bir sonucu olduğunu gösterir. Sıcaklık, iki faktörün ağırlığını belirleyen şeydir. Düşük sıcaklıklarda, enerji egemen olur ve kristaller gibi *düzenli* (zayıf-entropi) ve *düşük-enerji* yapılanmaları elde ederiz. Bu yapıların içinde her molekül komşularıyla etkileşir ve buradaki kinetik enerji, her molekülün komşularıyla etkileşiminden ortaya çıkan potansiyel enerjiye kıyasla küçüktür. Her parçacığı komşularıyla yaptığı etkileşimlerle hapsolmuş olarak hayal edebiliriz. Ancak, yüksek sıcaklıklara gelindiğinde entropi ve dolayısıyla da moleküler düzensizlik egemen duruma geçer. Göreceli hareketin önemi artar ve kristalin düzenliliği bozulur; sıcaklık yükseldikçe önce sıvı durumuna, sonra gaz durumuna geçeriz.

Bir izole sistemin S entropisi ve sabit sıcaklıktaki bir sistemin F serbest enerjisi, "termodinamik potansiyeller"e birer örnektir. S ve F gibi termodinamik potansiyellerin uç değerleri, sınır şartları, bu potansiyellerin tanımına karşılık gelen sistemlerin kendiliğinden gitmeye yatkın oldukları çekici durumları belirtir.

Boltzmann'ın ilkesi ayrıca (sıvı faz ve katı faz gibi) bazı yapıların birlikte varoluşunu veya kristalize bir ürünle aynı ürünün çözeltideki biçimi arasındaki dengeyi çalışmak için de kullanılabilir. Ancak, hatırlamakta yarar var ki, denge yapıları sadece moleküler düzeyde tanımlanır. Bir kristal yapıyı kararlı kılan ve ona makroskobik özelliklerini kazandıran, 10^{-8} cm gibi ölçeklerde, yani moleküllerdeki atomların çapı ile aynı ölçekte işleyen moleküller arası etkileşimdir. Kristalin büyüklüğü ise bu yapının bir iç özelliği değildir. Denge durumunda kristal fazındaki maddenin miktarına bağlıdır.

CARNOT VE DARWIN

Denge termodinamiği, çok sayıda fiziko-kimyasal olaya ikna edici açıklamalar getirir. Yine de denge yapıları kavramının, tabiatta karşılaştığımız farklı yapıları kapsayıp kapsamadığı sorulabilir. Buna cevap ise "hayır"dır. Denge yapıları mikroskobik elementlerin (moleküller, atomlar) hareketlerinin bir istatistiksel eşitlenmesi olarak görülebilir. Tanım gereği, denge yapıları global düzeyde eylemsiz (*inert*)dirler. Bu nedenle aynı zamanda da "ölümsüz"dürler. Bir kez biçimlendiler mi izole edilebilir ve çevresiyle bunun ötesinde hiçbir etkileşime girmeden süresiz olarak aynen korunabilirler. Oysa bir biyolojik hücreyi ya da bir şehiri ele aldığımızda durum oldukça farklı olur: Bu sistemlerin özellikleri yalnızca açık sistem olmaları değil, aynı zamanda varlıklarını da açık olmalarına borçlu olmalarıdır. Kendilerine dış dünyadan gelen madde ve enerji akışıyla beslenirler. Bir kristali izole edebiliriz, ancak şehirler ve hücreler çevreleriyle ilişkileri kesildiğinde ölürler. Varlıklarını dayandırdıkları dünyanın bütünleyici parçasını oluştururlar ve kesiksiz olarak kullandıkları madde ve enerji akışından koparılamazlar.

Ancak termodinamik dengeye kökten aykırı olan yalnızca canlı dünya değildir. Hidrodinamik ve kimyasal reaksiyonlar da dış dünya ile madde ve enerji alış-verişiyle yürür.

Boltzmann'ın düzenlilik ilkesinin bu gibi durumlara nasıl uygulanacağını anlamak zordur. Bir sistemin zaman içinde daha düzenli biçim alması permütasyonlar cinsinden anlaşılabilir; düzenli biçime geçildiğinde, başlangıç şartlarının oluşturduğu "farklılıklar"ın unutulmasıyla permütasyonların sayısı maksimuma ulaşır. Fakat bu bakış açısıyla kendiliğinden ısı dağılımını (*convection*) anlamak imkânsızdır. Isı dağılımı bir tutarlılığa, çok sayıdaki moleküller arasındaki işbirliğine yöneliktir. Bu düzensizliğin zıttıdır. Ve yalnızca, nisbeten çok az sayıda permütasyonun karşılık gelebileceği ayrıcalıklı bir durumdur. Boltzmann'ın kendi ifadesiyle, "olasılık dışı" bir durumdur. Eğer ısı dağılımına bir "mucize" gözüyle bakılacaksa, en basit organizmada bile oldukça özgül özellikler sergileyen hayata ne demeli?

Denge modellerinin geçerliliği meselesi tersinden de ele alınabilir.

Denge durumu oluşturmak için, sistemin tabiattan gelen akışlardan "korunması" gerekir. Deyim yerindeyse, "konservelenmesi", ya da bir şişeye konulması gerekir. Tıpkı Goethe'nin *Faust*'unda simyacılara kendini kimin yarattığını anlatan Homunkulus gibi: "Gel beni hafifçe göğsüne bastır ama çok sıkı değil. Yoksa camı kırabilirsin. İşte herşeyin tabiatı böyledir: Doğal olana tüm dünya yetmez, yapay olan ise kapalı bir yer ister." Bizim alışık olduğumuz dünyada denge nadir ve nazik bir durumdur. Dengeye doğru giden bir evrim bile, bizimkisi gibi, bir sistemin kavranabilmesi için kısmen izole edilmesine izin vermeye yetecek kadar güneşten uzakta (güneş sıcaklığında hiçbir "konservelenme" yapılamaz), fakat dengesizliğin kural olduğu bir dünyayı, dengenin ve dengesizliğin birlikte varolduğu "ılık" bir dünyayı ima eder.

Ancak, fizikçiler, uzun bir süre, kristallerin eylemsiz (inert) yapısını kestirilebilir ve yinelenebilir tek fiziksel düzen olarak tanımlayabileceklerini ve dengeye temel fizik kanunlarından çıkarsanabilecek tek evrim biçimi olarak yaklaşabileceklerini düşündüler. Bu yüzden termodinamik tanımlamalardan yola çıkan her genelleme girişimi biyolojinin ve sosyal olayların gösterdiği evrim biçimini nadir ve kestirilemez olarak tanımlayacaktı. O halde, meselâ Darwinci evrim —nadir olayların istatistiksel seçilimi— Boltzmann'ın tanımladığı tüm özel biçimlerin, tüm nadir konfigürasyonların istatistiksel olarak kaybolması gerçeği ile nasıl bağdaştırılabilirdi? Roger Caillois'in[21] sorusuyla: "Hem Carnot, hem Darwin birlikte haklı olabilir mi?"

Darwinci yaklaşımın, özünde, Boltzmann'ın açtığı yola ne kadar benzediğini görmek oldukça ilginç gelebilir. Bu bir rastlantıdan öte bir şeydir. Boltzmann'ın Darwin'e büyük bir hayranlık duyduğunu biliyoruz. Darwin'in teorisi, türlerin kendiliğinden çoğalıp azalmalarını kabullenmesiyle başlar; sonra da seçilim geri-dönüşsüz bir biyolojik evrime yol açar. Dolayısıyla Boltzmann'ınki gibi rastgelelik bir geri-dönüşsüzlüğe yol açar. Ama, yine de oldukça farklı sonuçlara varılır. Boltzmann'ın yorumu başlangıç şartlarının unutuluşunu, başlangıç yapıları-

21. R. Caillois, "La dissymétrie", *Cohérences aventureuses*, Collection Idées (Paris: Gallimard, 1973), s. 198.

nın "yıkılışını" öngörürken, Darwinci evrim kendi kendine organizasyonlarla giderek artan karmaşıklıkla yürür.

Buraya kadarki tartışmamızı toparlarsak, denge termodinamiği, fiziğin tabiatın karmaşıklığı problemine verdiği ilk tepki oldu. Bu tepki, enerjinin dağılımı, başlangıç şartlarının unutuluşu ve düzensizliğe doğru evrim terimleriyle ifade edildi. Sonsuza değin süren geri-dönüşlü yörüngeler bilimi, klasik dinamik, evrim kavramının egemen olduğu ondokuzuncu yüzyılın problemlerine yabancıydı. Denge termodinamiği klasik bilimin diğer bilimlere dayattığı zaman görüşüne karşı çıkar bir konumdaydı: Termodinamiğe göre zaman, bozulma ve ölüm anlamına gelir. Önce de gördüğümüz gibi, Diderot sorulması gerekeni, sormuştu: Duyularla donatılmış biz organize varlıklar, dinamik kanunlarına maruz bir eylemsiz dünyaya nasıl yakışıyoruz? Bir yüzyıldan fazladır bizi zorlayan bir başka soru daha var: Termodinamiğin tanımladığı, giderek düzensizleşen böylesi bir dünyada yaşayan bir varlığın gelişmiş olmasının anlamı nedir? Düzensizliğe doğru giden, termodinamik anlamda bir zamanla, giderek karmaşıklaşan canlıların oluştuğu evrimdeki anlamıyla zaman arasındaki ilişki nedir?

Yoksa Bergson haklı mıydı? Acaba zaman, tümüyle bizim kendi icadımız ve başkaca bir gerçekliğe sahip değil mi?

5

Termodinamiğin Üç Evresi

AKIŞ VE KUVVET

Bir önceki bölümde anlatılan ikinci kanunun tanımına tekrar dönelim.[1] Entropi kavramı evrimin tanımında merkezî bir rol oynar. Önceden değindiğimiz gibi, entropinin değişimi iki terimin —sistem ve dış dünya arasındaki alış-verişle ilgili d_eS terimi ile sistem içindeki geri-dönüşsüz olaylardan kaynaklanan bir üretim terimi, d_iS— toplamı olarak yazılabilir. Bu terim, sıfıra eşitlendiği termodinamik dengeler dışında daima pozitif değerdedir. İzole sistemler için ($d_eS=0$), denge durum maksimum entropi durumuna karşılık gelir.

İkinci kanunun fizik için önemini kavramak için, d_iS entropi üretiminde ya da bir zamanda entropi üretiminde ($P=d_iS/dt$) rol alan çeşitli geri-dönüşsüz olayları daha ayrıntılı olarak açıklamamız gerekiyor.

Bizim için kimyasal reaksiyonların ayrı bir önemi vardır. Isı iletimi gibi, kimyasal reaksiyonlar da geri-dönüşsüz süreçlerin temel-örneğini oluştururlar. Kendilerinin bizzat önemli olmalarının yanısıra, biyo-

1. Bu bölümün ve gelecek bölümün içeriğiyle ilgili bkz., P. Glansdorff ve I. Prigogine *Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations* (New York: John Wiley & Sons, 1971) ve G. Nicolis ve I. Prigogine, *Self-Organization in Non-Equilibrium Systems* (New York: John Wiley & Sons, 1977); burada başka referanslar da bulunabilir.

lojide de temel bir rol oynarlar. Canlı hücre kesintisiz bir metabolik aktivite gösterir. Orada hücrenin beslendiği maddeyi işlemek, temel biyomolekülleri sentezlemek ve artık ürünleri atmak için aynı anda binlerce kimyasal reaksiyon gerçekleşir. Değişik reaksiyon hızları ve reaksiyon yerleri açısından bu kimyasal aktivite oldukça koordinelidir. Biyolojik yapı bu şekilde düzeni ve aktiviteyi birleştirmiş olur. Buna karşılık bir denge-durumu, meselâ, bir kristal olarak yapılanabilse de, eylemsiz kalır. Kimyasal süreçler bir kristalin davranışı ile bir hücrenin davranışı arasındaki farklılığı anlamamızın anahtarı olabilir mi?

Kimyasal reaksiyonları, hem kinetik, hem termodinamik olarak, ikili bir bakış açısından ele almak zorunda kalacağız.

Kinetik bakış açısından, temel nicelik reaksiyon *hızı*dır. Klasik kimyasal kinetik teorisi, bir kimyasal reaksiyonun hızının o reaksiyona katılan ürünlerin konsantrasyonları ile orantılı olduğu kabullenmesine dayanır. Aslında bir reaksiyonun gerçekleşmesi, moleküller arası çarpışmalarla olur ve çarpışma sayısının reaksiyona göre moleküllerin konsantrasyonlarının çarpımı ile orantılı olduğunu varsaymak da oldukça doğaldır.

Misal için A+B →B+Y gibi basit bir reaksiyonu ele alalım. Bu "reaksiyon denklemi" *A* bileşeninden bir molekül, bir *X* molekülü ile karşılaşırsa, her zaman için bir reaksiyon olması ve bir molekül *B* ve bir molekül Y üretilmesi olasılığı varolduğu anlamına gelir. Reaksiyona katılan moleküllerde bu tür bir değişim yapan bir çarpışma bir "reaktif çarpışma"dır. Genellikle çarpışmaların çok az bir kısmı (meselâ $1/10^6$'sı) bu türden bir çarpışmadır. Çoğu kez, moleküller kendi orijinal yapılarını korurlar ve yalnızca enerji alış-verişi yapmakla kalırlar.

Kimyasal kinetik, bir reaksiyonda yer alan değişik ürünlerin konsantrasyonlarındaki değişmelerle ilgilenir. Hareket nasıl Newton denklemleriyle tasvir ediliyorsa, bu kinetik de diferansiyel denklemlerle tasvir edilir. Ancak, bu defa, ivmeyi değil, konsantrasyonlardaki değişmelerin hızlarını hesaplıyoruz ve bu hızlar reaktanların konsantrasyonlarının bir fonksiyonu olarak ifade edilir. *X* molekülünün konsantrasyonundaki değişme hızı, dX/dt, buna göre çözeltideki *A* ve *X* konsantrasyon-

larının çarpımıyla orantılıdır —yani, $dX/dt = -kA \cdot X$, ki burada k sıcaklık ve basınç gibi niceliklere bağlı olan ve A+X→Y+B reaksiyonuna yol açan reaktif çarpışmaların oranını gösteren bir orantı faktörüdür. Aldığımız örnekte, bir X molekülü kaybolur kaybolmaz, hemen bir A molekülü de kaybolduğu ve yerine birer molekül Y ve B oluştuğuna göre konsantrasyon değişmelerinin hızları birbirine bağlıdır. Buna göre: $dX/dt = dA/dt = -dY/dt = -dB/dt$.

Fakat bir X molekülü ile A molekülü arasındaki çarpışma bir kimyasal reaksiyonu başlatabiliyorsa, Y ve B molekülleri arasındaki çarpışmalar da bu reaksiyonun tersini başlatabilir. Dolayısıyla sözkonusu sistem içinde, Y+B →X+A şeklinde ikinci bir reaksiyon olur ve bu X'in konsantrasyonunda, $dX/dt=k'YB$ şeklinde ilave bir değişime yol açar. Bir kimyasal bileşiğin konsantrasyonundaki değişme ileri ve geri reaksiyonlar arasındaki denge ile belirlenir. Bizim örneğimizde, dX/dt (= $-dY/dt$= ....)= $-kAX+k'YB$'dir.

Kendi başına bırakılırsa, bir kimyasal reaksiyonlar sistemi, bir kimyasal denge durumuna doğru kayar. Kimyasal denge, bu açıdan tipik bir "çekici" durum örneğidir. Başlangıçtaki kimyasal kompozisyonu ne olursa olsun, sistem kendiliğinden, ileri ve geri reaksiyonların hiçbir ilave net konsantrasyon değişimine yol açmayacak ($dX/dt=0$) şekilde birbirlerini istatistiksel olarak eşitlediği bu nihaî evreye varır. Bu eşitleme denge konsantrasyonları arasındaki orantının $AX/YB = k'/k = K$ şeklinde belirlendiğini gösterir. Bu eşitlik "kitle etkisi kanunu" ya da Guldberg ve Waage kanunu olarak bilinir ve K denge sabitesidir. Nasıl sabit sıcaklık (izole sistem örneğinde) termal dengeye karşılık geliyorsa, kitle etkisi kanunuyla belirlenen konsantrasyonlar arası oran da aynı şekilde kimyasal dengeye karşılık gelir. Buna karşılık gelen entropi artışı da durur.

Kimyasal reaksiyonların termodinamik tanımlamalarına geçmeden, kinetik tanımlamanın ek bir özelliğine kısaca değinelim. Kimyasal reaksiyonların hızı sadece reaksiyona giren moleküllerin konsantrasyonlarından ve termodinamik parametrelerden (meselâ basınç ve sıcaklık) etkilenmez, aynı zamanda sistem içinde kendileri hiç değişime uğ-

ramadan reaksiyonun hızını değiştirebilen kimyasal maddelerin varlığından da etkilenebilir. Bu tür maddeler "katalizörler" diye bilinir. Katalizörler, örneğin kinetik sabiteleri k veya k'nin değerlerini değiştirebilir veya, hatta sistemi yeni bir "reaksiyon yolu" izlemeye itebilir. Biyolojide, bu rolü, "enzimler" denen özel proteinler üstlenir. Bu makromoleküllerin belli bir reaksiyonun hızını değiştirebilecek bir uzaysal konfigürasyonları vardır. Çoğunlukla, oldukça özgüldürler ve yalnızca tek reaksiyona etki ederler. Enzimlerin katalitik etkilerinin olası bir mekanizması reaksiyona katılan değişik moleküllerin kendilerini bitiştirdiği ve dolayısıyla moleküllerin birbirine dokunma ve etkileşme olasılıklarını artıran değişik "reaksiyon noktaları" göstermeleridir.

Çok önemli bir kataliz tipi de, özellikle biyolojide, bir ürünün kendi sentezinin başlaması için yine kendisinin gerektiği katalizdir. Diğer bir ifadeyle, X molekülünü üretmek için yine X molekülü içeren bir sistemle başlamalıyız. Çoğu kez olduğu gibi meselâ X molekülü bir enzimi *aktive eder*. Kendini enzime bitiştirerek enzimin reaksiyon noktasının kullanıma hazır olduğu özel konfigürasyonunu stabilize eder. Böyle otokataliz süreçlerine, X moleküllerinin varlığında bir A molekülünün X molekülüne dönüştürüldüğü $A+2X \rightarrow 3X$ gibi reaksiyon şemaları karşılık gelir. Dolayısıyla daha çok X üretmek için yine X'e ihtiyacımız vardır. Bu reakisyon aşağıdaki reaksiyon "devresi" ile simgelenebilir:



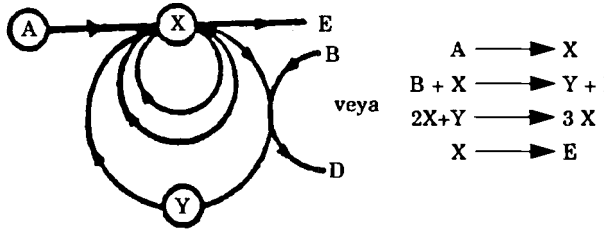
Bu gibi "reaksiyon devreleri"ni içeren sistemlerin bir önemli yanı, bu sistemlerdeki değişimleri tanımlayan kinetik denklemlerin *doğrusal-dışı* diferansiyel denklemler oluşudur.

Yukarıdaki yöntemi buraya da uygularsak $A+2X \rightarrow 3X$ reaksiyonu için elde edeceğimiz kinetik denklem $dX/dt=kAX^2$'dir. Ve burada X'in konsantrasyonunun değişim hızı kendi konsantrasyonunun *karesiyle* orantılı olur.

Biyolojide diğer önemli bir katalitik reaksiyon tipi de, çapraz katalizlerdir. Meselâ, 2X+Y→3X, B+X →Y+D gibi şekil 3'deki devre ile simgelenebilecek reaksiyonlar.

Bu bir çapraz-kataliz örneğidir. Çünkü aynı anda hem Y'den X, hem X'den Y üretilir. Katalizler reaksiyon hızını mutlaka artırmaz; aksine, inhibe de edebilir ki, bu da uygun geri-tepme devreleri ile simgelenebilir.

Katalitik evreli kimyasal süreçleri tanımlayan doğrusal-dışı diferensiyel denklemlerin bu kendine özgü matematiksel özelliklerin, ileride göreceğimiz gibi, dengeye uzak durumlu kimyasal süreçler için hayatî önemi vardır. Bunun yanı sıra daha önceden sözünü ettiğimiz gibi, moleküler biyoloji bu devrelerin metabolik fonksiyonlarda temel bir rol üstlendiği inancını pekiştirmiştir. Meselâ nükleik asitlerle proteinler arasındaki ilişki, çapraz-katalitik etki cinsinden tasvir edilebilir: Nükleik asitler, sonunda yine nükleik asitleri üreten proteinleri üretecek bilgi taşır.



Şekil: 3 Bu çizim konu içinde ileride söz edilecek "Brusselator" reaksiyonlarının reaksiyon yollarını simgeler.

Kimyasal reaksiyonların hızlarının yanısıra, ısı transferi ve madde difüzyonu gibi diğer geri-dönüşsüz süreçlerin hızlarını da hesaba katmalıyız. Geri-dönüşsüz süreçlerin hızları *akışlar* (*fluxes*) olarak da adlandırılır ve *J* harfi ile ifade edilir. Bu hızların ya da akışların biçimini çıkarsayabileceğimiz herhangi bir genel teori mevcut değildir. Geri-dönüşsüz süreçlerin termodinamikleri beraberinde ikinci tür bir nicelik getirir: Hızların ve akışların *J* yanısıra, akışlara "neden olan" "genel kuvvetle-

ri" X kullanır. Bunun en basit örneği ısı iletimindedir. Fourier kanunu bize J ısı akışının sıcaklık farkıyla orantılı olduğunu söyler. Bu sıcaklık farkı ısı akışına neden olan "kuvvettir". Tanım gereği, akış ve kuvvetlerin ikisi birden temel dengede kaybolur. İleride göreceğimiz gibi, entropi artışı $P=d_iS/dt$ akış ve kuvvetlerden yola çıkarak hesaplanabilir.

Şimdi; bir kimyasal reaksiyona karşılık gelen genel kuvvetlerin tanımını ele alalım. A+X→Y+B reaksiyonunu hatırlayın. Denge durumunda, konsantrasyonlar arası orantının nasıl kitle etkisiyle belirlendiğini görmüştük. Theophile De Donder'in gösterdiği gibi tıpkı sıcaklık farkının ısı akışının yönünü belirleyişi gibi kimyasal reaksiyonun hızının yönünü belirleyen $\mathcal{A}$ "*affinite*" biçiminde bir "kimyasal kuvvet" tanımlanabilir. Ele aldığımız reaksiyonda affinite log KBY/AX ile $-K$ denge sabitesidir— orantılıdır. Buradan hemen, kitle etkisi kanununa göre $AX/BY=K$ eşitliğinin sağlanacağı denge durumunda affinitenin, $\mathcal{A}$, kaybolduğu çıkarılabilir. Affinite, sistemi denge durumundan uzaklaştırdığımızda (mutlak değer olarak) artar. Bunu $A+X\rightarrow Y+B$ reaksiyonunda ürün olarak oluşmuş B moleküllerinin bir kısmını sistemden çıkartırsak görebiliriz. Affinitenin sistemin gerçek durumu ile denge durumu arasındaki uzaklığı ölçtüğü de söylenebilir. Ayrıca, önce de değindiğimiz gibi, affinitenin değerlik işareti kimyasal reaksiyonun yönünü belirler. Eğer $\mathcal{A}$ pozitifse, "çok fazla sayıda" B ve Y molekülü var demektir ve net reaksiyon $B+Y\rightarrow A+X$ yönünde ilerler. Tam tersi eğer $\mathcal{A}$ negatifse "çok az sayıda" B ve Y var demektir ve reaksiyon zıt yönde ilerler.

Tanımladığımız şekliyle affinite, kimyasal cisimler arası seçimli ilişkileri —yani moleküllerin "hoşlandıkları" ve "hoşlanmadıkları"— keşfeden simyacıların tanımladığı eski affiniteye bir anlamda kesinlik kazandırmayı amaçlar. Kimyasal aktivitenin mekanik hareket yörüngelerine, dinamik kanunların katı egemenliğine indirgenemeyeceği fikri başından beri vurgulanıyordu. Bu bağlamda Diderot'dan uzun alıntılar yapmak mümkündür. Daha sonra Nietzsche de farklı bir bağlamda, sanki kimyasal cisimler ahlâk kurallarına benzer kurallarla yönetiliyormuş gibi "kimyasal kanunlar"dan söz etmenin gülünç olduğunu belirtmiş ve

buna karşı çıkarak kimyada hiçbir sınır olamayacağını ve her cismin dilediğini yapabileceğini söylemişti. Kimyada mesele "tercih" meselesi değil bir kuvvetler mücadelesi, zayıfın üstünde güçlünün amansız egemenliğidir.[2] Kimyasal denge affinitenin kaybolduğu yer olarak, bu mücadelenin durulmasına karşılık gelir. Bu açıdan bakıldığında termodinamik affinitenin özgüllüğü bu şekliyle, modern dildeki asırlık bir problemi[3], dinamik kanunların legal ve kayıtsız dünyası ile kimyasal reaksiyonların ait olduğu kendiliğinden ve üretken dünya arasındaki ayırım problemini yinelemiş olur.

Dilerseniz, fizik ve kimya arasındaki temel kavramsal ayırıma bir değinelim. Klasik fizikte, en azından sürtünmesiz hareket eden bir saat sarkacı gibi geri-dönüşlü süreçler düşünebiliriz. Dinamikte geri-dönüşsüz süreçleri ihmal etmek her zaman bir idealleştirmeye denk düşer, fakat, en azından bazı durumlarda bu, anlamlı bir idealleştirme olur. Kimyada ise durum oldukça farklıdır. Burada kimyayı yapan süreçler —reaksiyon hızlarıyla karakterize kimyasal dönüşümler— geri-dönüşsüzdür. Bu yüzden kimya klasik ya da kuantum mekaniğindeki geçmiş ve geleceğin denk roller üstlendiği idealize durumlara indirgenemez.

Beklendiği gibi, tüm olası geri-dönüşsüz süreçler entropi artışıyla birliktedir. Her bir süreç, hızının ya da J, akışının, karşılık gelen X kuvveti ile çarpımı oranında entropiye katkıda bulunur. Birim zamandaki toplam entropi artışı, $P=d_iS/dt$, bu katkıların toplamıdır. Her bir katılım JX çarpımı ile gösterilir.

Termodinamiği üç büyük alana bölebiliriz; ve her alanın çalışılması da termodinamiğin gelişmesinde birbirini izleyen üç evreye karşılık gelir. Entropi artışı, akışlar ve kuvvetler hep birlikte *denge-durumunda*

2. F. Nietzsche, *Der Wille zur Macht, Sämtliche Werke* (Stuttgart: Kroner, 1964), aforizm 630.

3. Entropi artışının genel kanununa ne tür içerik verilebilir? Donder gibi teorik bir fizikçi için rasyonel mekanik yaklaşımı için muğlak ve ulaşılamaz olan kimyasal faaliyet, geri dönüşsüz süreç ile aynı anlama gelecek kadar esrarengizdi. Böylece fizikçilerin hiçbir zaman cevap veremediği kimya ile yeni geridönüşsüzlük muamması artık gözardı edilemeyecek bir meydan okumaya katılıyordu. Bkz., Th. De Donder, *L' Affinité* (Paris: Gauthier-Villars, 1962).

sıfırdır. Termodinamik kuvvetlerin "zayıf" olduğu *dengeye yakın durum* bölgesinde, J_k hızları kuvvetlerin doğrusal fonksiyonlarıdır. Üçüncü alana ise, burada genelde hızlar, kuvvetlerin daha karmaşık türden fonksiyonu oldukları için, "doğrusal-dışı" bölge denir. Önce yakın denge-durumlarına uyan doğrusal termodinamiğin bazı genel özelliklerine bir bakalım.

DOĞRUSAL TERMODİNAMİK

1931'de Lars Onsager denge-dışı termodinamiğindeki doğrusal, yakın denge bölgeleriyle ilgili ilk genel ilişkileri keşfetti. Bunlar ünlü "Karşılıklılık İlişkileri"ydi. Nitel ifadesiyle, karşılıklılık ilişkileri, eğer bir kuvvet —diyelim kuvvet "bir" (meselâ, bir sıcaklık farkına karşılık geliyor)— bir akış "iki"yi (meselâ, bir diffüzyon süreci) etkileyebiliyorsa, o kuvvet "iki"nin (bir konsantrasyon farkı) de akış "bir"i (ısı akışı) etkileyebildiğini söyler. Aslında bu doğrulanmıştır. Meselâ bir termal farkın bir difüzyon sürecini başlattığı her olayda, bir konsantrasyon farkının da sistem içinde bir ısı akışına yol açtığını görürüz.

Onsager ilişkilerinin *genel* yapısını da burada vurgulamak gerekir. Meselâ, maddeden bağımsızdır; öyle ki geri-dönüşsüz süreçler ister gaz, ister sıvı, isterse katı ortamda olsun karşılıklılık ilişkileri değişmez. Karşılıklılık ifadeleri herhangi bir mikroskobik kabullenmeden bağımsız olarak geçerliliklerini korur.

Karşılıklılı ilişkileri, geri-dönüşsüz süreçlerin termodinamiğinde elde edilmiş ve bu sahanın bereketsiz ve terkedilmiş değil, termodinamik dengeninkiyle kıyaslanacak verimlilikte üzerinde düşünmeye değer bir çalışma sahası olduğunu gösteren ilk sonuçlardır. Denge termodinamiği ondokuzuncu yüzyılın eseriydi, denge-dışı termodinamiği ise yirminci yüzyılda geliştirildi ve Onsager'in tanımladığı ilişkiler ilginin dengeden denge-dışına kaydığı dönüm noktasını gösterir.

Bu *doğrusal*, denge-dışı termodinamik alanının burada söz edilmeye değer ikinci bir genel sonucu daha vardır. Daha önceden her iki ucu da termodinamik dengenin geri-dönüşsüzce meylettiği denge-du-

rumlarına denk düşen termodinamik potansiyellerden sözetmiştik. Bunlar arasında izole sistemlerin S entropisi ve kapalı sistemlerin belli bir sıcaklıktaki F serbest enerjisi vardır. Dengeye yakın durumdaki sistemlerin termodinamiği de böylesi bir potansiyel fonksiyon gösterir. İlginçtir ki bu potansiyel P *entropi-üretiminin* kendisidir. Minimum entropi üretimi teoremi aslında, Onsager ilişkilerinin geçerlilik menzili içinde —yani, doğrusal bölgede— bir sistemin kendisine dayatılan kısıtlıklarla karakterize bir durağan duruma doğru ilerlediğini gösterir. Bu kısıtlılıklar sınır şartları ile belirlenir. Meselâ, değişik sıcaklıklarda tutulan sistemin iki noktasına, ya da bir reaksiyonu sürekli destekleyip ürünlerini elimine eden bir madde akışına denk düşebilirler.

Sistemin evrimleşiyor olduğu durağan durum o halde, kaçınılmaz olarak, hızları hiç eksilmeyen dağılıcı süreçlerin cereyan ettiği bir denge dışı durumdur. Fakat durağan bir durum olması nedeniyle, sıcaklık yoğunlukları gibi sistemi tanımlayan tüm nicelikler zamandan-bağımsız hale gelir. Benzer şekilde, sistemin entropisi de böylece zamandan bağımsız olur. Dolayısıyla, zaman boyunca gösterdiği değişimi de kaybeder $dS=0$. Fakat şunu biliyoruz ki, entropinin zaman boyunca değişimi iki terimden oluşmuştur —d_eS entropi akışı ve d_iS potizif entropi üretimi. Dolayısıyla $dS=0$ olması, $d_eS = - d_iS<0$ olmasını gerektirir. Çevreden gelen ısı ya da madde akışı negatif bir d_eS entropi akışını belirler, ancak bu sistem içindeki geri-dönüşsüz süreçler nedeniyle oluşan iç entropi d_iS ile uyum içindedir. Negatif d_eS akışıyla sistem dışarıya entropi transfer ediyor demektir. Bu nedenle durağan durumda, sistemin aktivitesi çevresinin entropisini sürekli olarak artırır. Bu tüm durağan durumlar için geçerlidir. Ancak, minimum entropi üretimi teorisinin söyledikleri bununla kalmaz. Sistemin eğilimli olduğu sınır şartlarıyla bağdaşacak kadar küçük olduğu durumdur. Bu bağlamda, denge durumu sınır şartlarının giderek azalan bir entropi üretimine izin verdiğinde gerçekleşen özel duruma denk düşer. Diğer bir ifadeyle, minimum entropi üretimi teorisi bir tür "eylemsizlik" (*inertia*) durumu ifade eder. Sınır şartları sistemin denge durumuna gitmesini engellediğinde sistem yine ikinci sıradaki en iyi şeyi yapar; minimum entropi üretimi durumuna —yani, denge durumuna en yakın "olabileceği" duruma— gider.

Doğrusal termodinamik böylelikle sistemlerin kendilerini besleyen akışlarla bağdaşabilecek minimum aktivite düzeyine doğru eğilimli, kararlı ve kestirilebilir davranışlarını tasvir eder. Doğrusal termodinamiğin tıpkı denge termodinamiği gibi, bir potansiyel —yani entropi üretimi— cinsinden tasvir edilebiliyor oluşu, gerek denge durumuna doğru evrimde, gerekse durağan bir duruma doğru evrimde, başlangıç şartlarının hesaba girmediğini gösterir. Başlangıç şartları ne olursa olsun, sistem, sonunda dayatılmış sınır şartlarıyla belirlenen duruma ulaşır. Bunun sonucu, böylesi bir sistemin sınır şartlarında olabilecek herhangi bir değişikliğe tepkisi tamamen kestirilebilir niteliktedir.

Gördük ki, doğrusal menzilde durum temel olarak dengedekiyle aynı kalıyor. Entropi üretimi durmasa da, bu geri-dönüşsüz sürecin tümüyle genel kanunlardan çıkarsanabilecek bir duruma doğru bir evrim olarak tanımlanmasını engellemez. Bu "oluşma" kaçınılmaz olarak beraberinde tüm farklılıkların, tüm özgüllüklerin yıkılmasını getiriyor. Carrot mu haklı, Darwin mi? Bölüm IV'de bahsedilen bu paradoks çözümsüz kalıyor. Bir yanda tabiî olarak organize olmuş biçimlerin ortaya çıkışı ile, diğer yanda başlangıç şartlarının "unutulması" eğilimi ve sonuçta düzensizliklerin ortaya çıkışı arasında hâlâ bir bağlantı bulunamadı.

DENGEDEN UZAK DURUM

Doğrusal olmayan termodinamiğin kökeninde, ilk bakışta bir başarısızlık olarak görülmüş, oldukça şaşırtıcı birşey yatar: Büyük çabalara rağmen minimum entropi üretimi teoreminin, akışları artık ilgili kuvvetlerin doğrusal fonksiyonları olmayan sistemlere uygulanması imkânsız göründü. Dengeye uzak durumlarda sistem hâlâ belli bir sabit duruma doğru evrimleşiyor olabilir, fakat genelinde, bu durum iyi seçilmiş belli bir potansiyel (dengeye yakın durumlarının entropi üretimi gibi) cinsinden karakterize edilemez.

Herhangi bir potansiyel fonksiyonun olmayışı yeni bir soruyu gündeme getirir: Sistemin evrimleşiyor olduğu durumların kararlılığı için ne

söyleyebiliriz? Aslında çekici durum entropi üretimi gibi bir potansiyelin minimumu ile belirlendiği sürece, kararlılığı garanti edilmiş olur. Bir dalgalanmanın sistemi bu minimumdan kaydırabileceği doğrudur. Ancak termodinamiğin ikinci kanunu, sistemi çekici duruma dönüşe zorlar. Dolayısıyla sistem, dalgalanmalara karşı bağışıktır. Bu yüzden ne zaman bir potansiyel tanımlarsak, sistemlerin, kendilerini baştan belirli ve hiç değişmez bir statik duruma doğru götüren bir evrimi izledikleri *"kararlı bir dünya"*yı tanımlıyoruz demektir.

Ancak bir sistem üzerine etkiyen termodinamik kuvvetler doğrusal bölgeyi aşacak olursa, artık durağan durumun kararlılığından ve dalgalanmalara karşı bağışıklığından söz edilemez. Kararlılık artık genel fizik kanunları sonucu değildir. Burada bir durağan durumun sistemin kendisinin ya da çevrenin oluşturduğu değişik tip dalgalanmalara tepki gösterme tarzını incelememiz gerek. Bazı durumlarda, yapılan analiz bizi, durumun "kararsız" olduğu —böylesi bir durumda, belli dalgalanmalar gerilemek yerine katlanarak büyüyebilir ve tüm sistemi ele geçirip onu minimum entropi üretimine denk gelen durağan durumlardan nitel olarak oldukça farklı olabilen yeni bir düzene doğru evrimleşmeye itebilir— sonucuna götürür.

Termodinamik, denge durumunu yöneten düzen biçiminden kaçmaya yatkın sistemlere ilişkin bir genel başlangıç çıkarımı getirir. Bu sistemler "dengeden uzak" olmak zorundadır. Kararsızlığın mümkün olduğu durumlarda, eşik değerini, yani küçük dalganmaların denge durumuna ya da dengeden uzak duruma özgü "normal" kararlı davranışlardan farklı yeni davranışlara yol açabileceği denge durumundan uzaklığı belirlemek zorundayız.

Bu çıkarsama neden bu kadar ilginç?

Bu türden olgular hidrodinamik ve sıvı akışı alanında çok iyi bilinir. Örneğin, belli bir akış hızına erişildiğinde sıvı içinde türbülansların olabileceği uzun zamandır bilinir. Michel Serres geçenlerde ilk atomistlerin türbülanslı akış ile çok ilgilenmiş olduklarını hatırlatarak[4], türbü-

4. M. Serres, *La naissance de la physique dans le texte de Lucrèce*, a.y.

lansı Lucretçi fiziğin temel ilham kaynağı olarak ele almanın yerinde olabileceğini ileri sürdü. Lucretius'un yazdığına göre, bazan beklenmedik vakitlerde ve yerlerde, atomların sonsuz evrensel akışı çok hafif bir sapma ile —*the "clinamen"*— düzensizleşir. Sonuçta oluşan girdap, kâinatı, tüm tabiî şeyleri meyve verir. Bu *clinamen* —sapmacıklar— yani sürekli, spontan ve kestirilemez sapmalar olgusu teoriye gelişi-güzel, *ad hoc* sokulmuş birşey olarak görülüp, öteden beri Lucretçi fiziğin temel zayıf yanlarından biri olarak eleştirildi. Oysa tam tersi doğrudur— *clinamen* düz akış gibi olayların kararlılığını yitirip spontan olarak türbülanslı akışa dönüşebileceğini açıklamaya çalışır. Bugün hidrodinamik uzmanları sıvı akışının kararlılığını, sıvının ortalama akışına eklenen bir moleküler düzensizliğin etkisinin ölçüsü olan müdahalelerle test ediyorlar. Lucretius'un *clinamen*'inin pek uzağında değiliz!

Türbülans uzunca bir süre düzensizlikle, gürültüyle özdeşleştirildi. Bugün artık bunun doğru olmadığını biliyoruz. Aslında türbülanslı hareket makroskobik ölçekte düzensiz ve kaotikmiş gibi görünürken, mikroskobik ölçekte tam tersine çok ileri derecede organizedir. Türbülansa ilişkin çok sayıda zaman ve mekan ölçekleri, trilyonlarca molekülün birbiriyle tutarlı davranışına karşılık gelir. Bu şekliyle bakıldığında, düz akıştan türbülansa geçiş bir self-organizasyon sürecidir. Sistemin düz akıştayken moleküllerin termal hareketlerinde saklı kalmış bir kısım enerjisi türbülansla makroskobik organize harekete aktarılır.

"Bénard kararsızlığı" kendiliğinden self-organizasyon olgusuna yolaçan durağan durum kararsızlığının bir başka çarpıcı örneğidir. Buradaki kararsızlık yatay bir sıvı tabakasında oluşmuş dikey sıcaklık farkı yüzündendir. Sıvı tabakasının alt yüzeyi, üst yüzeyinden daha yüksek belli bir sıcaklığa kadar ısıtılır. Bu sınır şartlarının sonucu olarak dipten tepeye doğru kalıcı bir ısı akışı olur. Dışarıdan dayatılan sıcaklık farkı belli bir eşik değerine ulaştığında sıvının eylemsizlik hali —yani ısının konveksiyon olmaksızın, yalnızca kondüksiyonla iletildiği durağan durum— kararsız hale geçer. Molekül topluluklarının kendi aralarında uyumlu hareketlerine karşılık gelen bir konveksiyon oluşur ve ısı aktarımının hızını artırır. Buna göre, belli zorlama değerleri (sıcaklık farkı) için, sistemin

entropi üretimi artar; bu minimum entropi teoremi ile çelişir. Bénard kararsızlığı çok dikkat çekici bir olgudur. Üretilen konveksiyon hareketi, aslında sistemin kompleks mekansal organizasyonlarından ibarettir. Milyonlarca molekülün uyumlu hareketiyle, karakteristik büyüklükte heksagonal konveksiyon hücreleri oluşur.

Bölüm IV'de entropiyi permütasyonların, P, sayısı ile ifade edilen olasılıkla ilişkilendiren Boltzmann'ın düzen ilkesini anlatmıştık. Bu ilişkiyi buraya da uygulayabilir miyiz? Molekül hızlarının her bir dağılımına belli sayıda permütasyon karşılık gelir. Bu sayı her bir moleküle atfedeceğimiz belli hızlarla kaç yoldan eldeki hız dağılımını sağlayabileceğimizi ölçer. Tartışma burada permütasyon sayısını moleküllerin iki kutu arasındaki dağılımı cinsinden ifade ettiğimiz Bölüm IV'dekine paralel gider. Burada da düzensizlik olduğunda —yani hız değerleri çok geniş bir dağılım gösterdiğinde— permütasyonların sayısı artar. Tam tersi, uyumlu hareket birçok molekülün hemen hemen aynı hızlarda (hız değerlerinin dar bir dağılım göstermesi) hareket etmesi demektir. Böyle bir dağılıma o kadar düşük sayıda permütasyon *(P)* karşılık gelir ki, self-organizasyon olgusunun neredeyse hiç gerçekleşme şansı yoktur. Ama yine de gerçekleşir. Dolayısıyla görüyoruz ki, her moleküler duruma *a priori* eşit olasılık tanıyan bir hipotezi içerdiğinden, permütasyon sayıları hesabı yanıltıcıdır. Bu hesabın tutarsızlığı öncelikle de yeni davranışın ortaya çıkışı hesaba katıldığında belirgin hale gelir. Bénard kararsızlığı olayında Boltzmann'ın düzenlilik ilkesinin uygulanmasıyla geriliyor olması gereken, fakat gerçekte tam tersine tüm sistemi kaplayana kadar büyüyen şey küçük bir dalgalanma, bir mikroskobik konveksiyon akımıdır. Dayatılan farkın kritik değerinden sonra böylece spontan olarak yeni bir moleküler düzen oluşturulur. Bu dış dünyadan enerji alış-verişiyle kararlılık kazanan dev bir dalgalanmaya karşılık gelir.

Dengeye uzak şartlarda, Boltzmann düzenlilik ilkesinin altında yatan olasılık kavramı, artık gözlemlediğimiz yapılar bir permütasyonlar maksimumuna karşılık gelmediğinden ne geçerliliğini yitirir ve ne de bir serbest enerji minimumuyla $F=E-TS$ ilişkilendirilebilirler. Eşitlen-

me ve başlangıç şartlarını unutma eğilimi artık bir genel özellik değildir. Bu bağlamda, yüzyıllık hayatın kökeni problemi de değişik bir perspektifte yerini alır. Hayatın Boltzmann'ın düzen ilkesiyle bağdaşmaz olduğu, fakat dengeye uzak şartlarda olan türden davranışla bağdaşmaz olamayacağı kesindir.

Klasik termodinamik kristaller gibi "denge yapıları" kavramını sonuç verir. Bénard hücreleri de birer yapıdır, ama oldukça farklı tabiatta yapılardır. İşte bu yüzden, bir yanda yapı ve düzen ve diğer yanda dağılma ya da kaybolma arasındaki, ilk bakışta paradokslu, yakın ilişkiyi vurgulamak için "dağılıcı yapılar" fikrini ortaya arttık. Bölüm IV'de ısı transferinin klasik dinamikte bir kayıp kaynağı sayıldığını görmüştük. Bénard hücresinde ise ısı transferi bir düzen kaynağı olur.

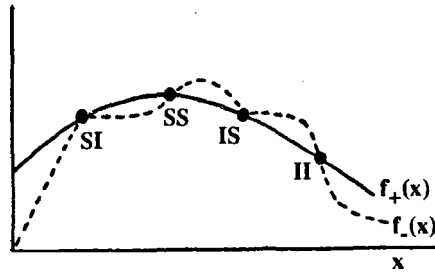
Bir sistemin dış dünya ile etkileşimi, denge-dışı şartlara girmesi böylece yeni dinamik madde durumlarının —dağılıcı yapılar— biçimlenmesinin başlangıç noktası olabilir. Dağılıcı yapılar gerçekte bir üst moleküler organizasyon biçimine denk düşerler. Her ne kadar kristal yapıları tanımlama parametreleri oluştukları moleküllerin özelliklerinden ve özelde, çekme ve itme kuvvetlerinin etki mesafelerinden çıkarılabilirse de, Bénard hücreleri, temelde tüm dağılıcı yapılar gibi, kendilerini oluşturan denge dışı durumun, global durumunun bir yansımasıdır. Onları tanımlayan parametreler makroskobiktir; kristal molekülleri arasındaki mesafeler gibi 10^{-8} cm ölçeklerinde değil, santimetre boyutlarındadırlar. Benzer şekilde zaman ölçekleri de farklıdır— moleküler boyutta zaman aralıklarıyla (moleküllerin 10^{-15} saniyelik boyutlardaki vibrasyon periyodları) değil, saniyeler, dakikalar, hatta saatler gibi makroskobik zaman aralıklarıyla ölçülürler.

Şimdi tekrar kimyasal reaksiyonlar olayına dönelim ve bunların, Bénard probleminden ayrılan bazı temel özelliklerini görelim. Bénard hücresinde kararsızlığın basit bir mekanik kökeni vardır. Sıvı tabakasını dibinden ısıttığımızda, sıvının dip kısmının yoğunluğu azalır ve gravite merkezi yükselir. Dolayısıyla kritik bir noktadan sonra sistemin karışması ve konveksiyonun başlaması şaşırtıcı değildir.

Fakat kimyasal sistemlerde bu türden hiçbir mekanik özellik yoktur. Kimyasal sistemlerden bir self-organizasyon bekleyebilir miyiz? Kimyasal reaksiyonlarla ilgili imajımız moleküllerin uzay içinde hızla gidip geldiğini, kaotik bir şekilde rastgele çarpıştığını varsayar. Böylesi bir imajda self-organizasyona yer yoktur ve kimyasal kararsızlıkların ancak son zamanlarda ilgi konusu olabilmesinin nedenlerinden biri de bu olabilir. Bunun yanı sıra bir başka farklılık daha vardır. *Tüm* akışlar dengeden "yeterince" uzak bir mesafede türbülanslı hale geçerler (geçiş basamağı Reynolds sayısı gibi boyutsuz sayılarla ölçülür). Kimyasal reaksiyonlar için böyle bir şey söz konusu değildir. Dengeye-uzak durum, gerekli fakat yeterli değildir. Birçok kimyasal sistem için, dayatılan zorlamalar ve elde edilen kimyasal değişimlerin hızı ne olursa olsun dengeye yakın bölgede olduğu gibi *durağan durum sabit kalır* ve keyfî dalgalanmalar kesilir. Bu, özelde, $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$.... gibi bir dönüşümler zinciri olan ve *doğrusal* diferensiyel denklemlerle tanımlanabilecek türden sistemler için geçerlidir.

Bir kimyasal sistemi saptırmaya çalışan dalgalanmaların sonunun nereye varacağı ve aynı zamanda evrimleşebileceği yeni durumlar, bu nedenle kimyasal reaksiyonların ayrıntılı mekanizmasına bağlıdır. Dengeye-yakın denge durumlarının aksine dengeye-uzak bir sistemin davranışı ileri derecede özgüldür. Artık sistemin davranışının tümüyle çıkarsanabileceği evrensel geçerlikte bir kanun yoktur. Her bir sistem ayrı bir olaydır; her bir kimyasal reaksiyonlar takımı ayrıca inceleme konusu olmalıdır ve aynı zamanda nitel olarak farklı bir davranış üretebilirler.

Bununla beraber, tek bir genel sonuç, yani kimyasal kararsızlık için geçerli tek bir gerek şart elde edilmiştir: Bir sistemde yürüyen bir kimyasal reaksiyonlar zincirinde, belli şartlar ve durumlarda, durağan durumun kararlılığını bozabilecek *tek reaksiyon tipi* "katalitik devreler"dir —bir kimyasal reaksiyonun ürününün kendi sentezine katıldığı reaksiyonlar. Bu, bizi modern moleküler biyolojinin bazı temel başarılarına yakınlaştırması itibariyle oldukça ilginç bir çıkarımdır. (Bakınız Şekil 4)



Şekil 4: Doğrusal olmayan terimlere karşılık gelen katalitik devreler. Tek bağımsız-değişkenli bir problem örneğinde, bunun anlamı bağımsız değişkenin 1'den daha büyük bir kuvvete sahip olduğu en azından tek bir terimin olmasıdır; bu basit örnekte, böylesi doğrusal-dışı terimlerle durağan durumların potansiyel kararsızlığı arasındaki ilişkiyi rahatlıkla görebiliriz.

Buradaki bağımsız değişken *X*'in zaman boyu değişimini, $dX/dt=f(P)$, ele alalım. $f(X)$'i her zaman için her biri pozitif veya 0 değeri alacak, biri kazancı biri kaybı temsil eden $f_+(X)$ ve $f_-(X)$ gibi ikı fonksiyona bölebiliriz: Öyle ki, $f(X)=f_+(X)-f_-(X)$. Böylelikle, durağan durumlar ($dX/dt=0$); $f_+(X)=f_-(X)$ olduğu değerlere karşılık gelir.

Bu durumlar grafiksel olarak f_+ ve f_-'i temsil eden iki çizginin kesişme noktalarıyla verilir. Eğer f_+ ve f_- doğrusal ise, sadece bir kesişim noktası olabilir. Aksi durumda, kesişmenin tipi bize durağan durumun kararlılığını çıkarsama fırsatı verir.

Buna göre dört olası durum vardır: *SI*: Negatif dalgalanmalara karşı kararlı, pozitiflere karşı kararsız: Eğer sistem hafifçe SI'nin soluna kayarsa f_+ ve f_- arasındaki pozitif fark bu kaymayı tekrar SI'ye geri getirir; sağa doğru kaymalar ise büyüme eğilimi gösterir.

SS: Hem pozitif, hem negatif dalgalanmalara karşı kararlı.

IS: Yalnızca pozitif dalgalanmalara karşı kararlı.

II: Hem pozitif hem negatif dalgalanmalara karşı kararsız.

KİMYASAL KARARSIZLIK EŞİĞİNİN ÖTESİ

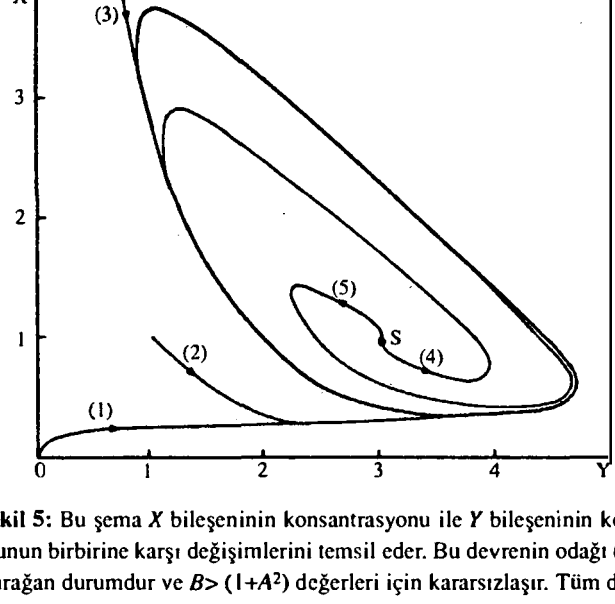
Günümüzde kimyasal kararsızlıklar üzerine çalışmalar oldukça yaygınlaşmıştır. Halen çok sayıda kurum ve laboratuvarda hem teorik, hem deneysel çalışmalar yürütülmektedir. Aslında, ileride açıkça görü-

leceği gibi, bu çalışmalar çok geniş bir bilim adamı kitlesinin —yalnızca matematikçilerin, fizikçilerin, kimyacıların ve biyologların değil, ekonomistlerin ve sosyologların da— ilgi alanıdır.

Dengeye-uzak durumlarda kimyasal kararsızlık eşiğini aştıktan sonra çeşitli yeni olgular belirir. Bunları somut biçimde tanımlamak için son on yılda Brüksel'de geliştirilmiş olan basitleştirilmiş bir teorik modelle işe başlamakta yarar var. Amerikan bilim adamları bu modele "Brusselatör" adı verdiler ve bu ad bilimsel literatürde kullanıldı (Bu alanda coğrafi ilişkiler kural haline geliyor gibi, öyle ki Brusselatör yanında, "Oregonatör" ve son zamanlarda çıkan "Paloaltonatör" de vardır!). Şimdi kısaca Brusselatör'ü anlatalım. Kararsızlıktan sorumlu basamaklardan daha önce söz etmiştik. (Bak. Şekil 3). *A*'dan sentezlenen ve *E*'ye parçalanan *X* ürünü, *Y*'yi üretecek bir çapraz kataliz ilişkisiyle ilişkilidir. *X*, üçlü bir moleküler basamakla *Y*'den elde edilir, fakat reaksiyonun öbür yönünde *Y*, *X* ve *B*'nin ürünü arasındaki bir reaksiyonla sentezlenir.

Bu modelde, *A*,*B*,*D* ve *E* ürünlerinin konsantrasyonları veri parametreleridir ("kontrol maddeleri"). Sistemin davranışı *A*'nın sabit bırakılıp *B*'ye artan değerler vererek anlaşılmaya çalışılır. Böyle bir sistemin evrimleşme eğiliminde olduğu durağan durum —$dX/dt = dY/dt = 0$ olduğu durum— $X_0 = A$ ve $Y_0 = B/A$ konsantrasyonlarına karşılık gelir. Bu durumu kinetik denklemler kurup, durağan durumu arayarak kolayca test etmek mümkündür. Ne var ki, bu durağan durum, *B*'nin konsantrasyonu kritik bir eşik değeri (başka herşey eşit tutulmak kaydıyla) geçer geçmez kararlılığını yitirir. Kritik eşiğe varıldıktan sonra, durağan durum kararsız bir "odak" haline gelir ve sistem bir "limit devir"e varmak üzere bu odağı terkeder.

X ve *Y*'nin konsantrasyonları, durağan kalmak yerine, iyice belirlenmiş periyodları izleyerek salınmaya başlar. Bu salınma periyodu hem reaksiyon hızlarını belirleyen kinetik sabitelere, hem de sisteme bir bütün olarak dayatılan sınır şartlarına (sıcaklık, *A*, *B*, vs.'nin konsantrasyonları) bağlıdır.



Şekil 5: Bu şema *X* bileşeninin konsantrasyonu ile *Y* bileşeninin konsantrasyonunun birbirine karşı değişimlerini temsil eder. Bu devrenin odağı (*S* noktası) durağan durumdur ve $B > (1+A^2)$ değerleri için kararsızlaşır. Tüm değişim çizgileri (ki bunlardan beşi çizilmiş), başlangıç durumları ne olursa olsun, aynı devreyi izlerler.

Kritik eşik değeri aştıktan sonra, sistem dalgalanmalar sonucu $X_0=A$, $Y_0=B/A$ durağan durumunu terkeder. Başlangıç şartları ne olursa olsun, kararlı bir periyodik davranış gösteren limit devresine doğru yaklaşır. Dolayısıyla elimizde bir periyodik kimyasal süreç —bir kimyasal saat— olur. Şimdi bir an durup böyle bir olgunun ne kadar umulmadık birşey olduğunu açıklayalım. Var sayın ki elimizde biri "kırmızı", biri "mavi" iki tip molekülümüz var. Moleküllerin kaotik davranışları nedeniyle belli bir anda, diyelim kabın sol tarafında, daha çok kırmızı molekülümüz olur diye bekliyoruz. Hemen sonra çoğunluk mavi moleküllere geçer ve bu böylece devam eder. Dolayısıyla kap, rastgele kırmızı ve mavi parıltılar nedeniyle, dışarıdan bakıldığında "mor" gözükecektir. Fakat kimyasal saatte böyle *olmaz*; burada sistem bir an tümüyle mavidir, sonra âniden kırmızıya dönüşür, sonra tekrar maviye.

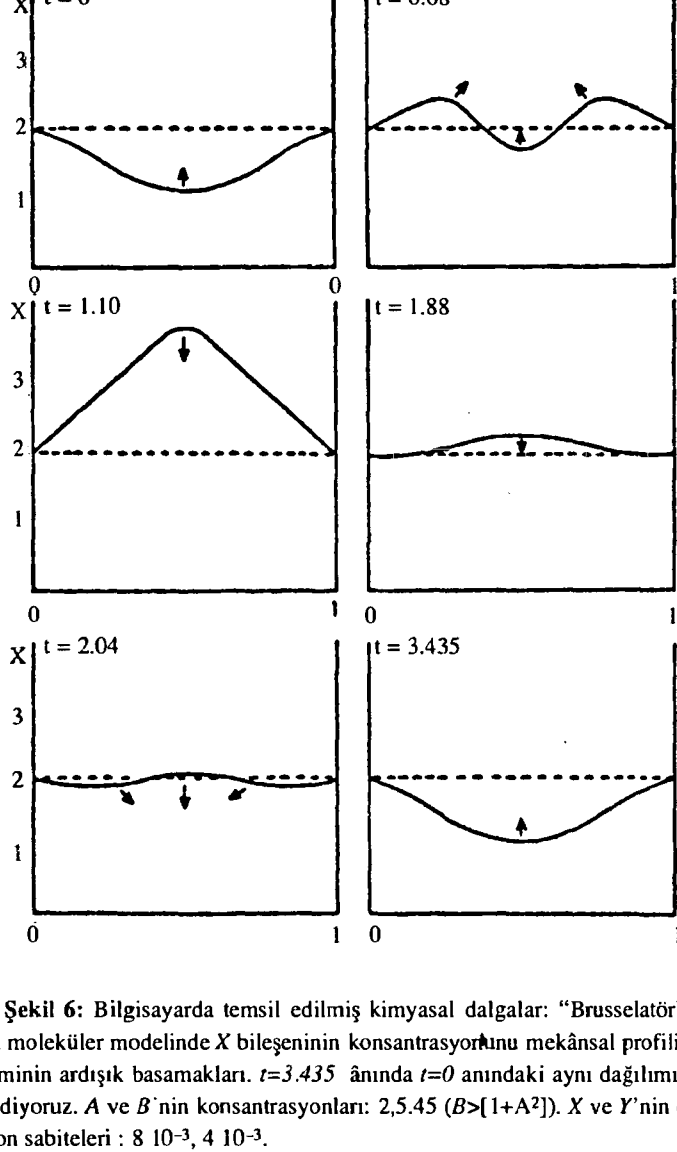
Tüm bu değişimler düzenli zaman aralıklarıyla olduğu için elde iç uyumlu bir süreç vardır.

Milyonlarca molekülün aktivitesinden çıkan böylesi yüksek derecede bir düzen inanılmaz gibi gözükür ve aslında, eğer kimyasal saatler gözlenmiş olmasaydı, kimse böyle bir sürecin olabileceğine inanmazdı. Tüm rengi bir anda değiştirebilmek için moleküller bir şekilde "aralarında iletişiyor" olmalıdır. Çünkü, sistem bir bütün olarak hareket etmek zorundadır. İleride tekrar tekrar, kimyadan nörofizyolojiye birçok alanda açık bir öneme sahip bu anahtar kelimeye, "iletişim"e döneceğiz. Dağılıcı yapılar, belki de bu iletişimin en basit fiziksel mekanizmalarından birini gösteriyorlar.

En basit mekanik sarkaç (*oscillator*) olan yay ile bir kimyasal saat arasında ilgi çekici bir farklılık vardır. Kimyasal saatin, hareket yörüngesinin izlediği limit devreye karşılık gelen iyi belirlenmiş bir periyodu vardır. Tersine, yayın etkiyen kuvvetin büyüklüğüne bağlı bir frekansı vardır. Bu açıdan, zaman ölçüsü olarak, kimyasal saat, yaydan daha güvenilirdir.

Fakat kimyasal saatler tek self-organizasyon tipi değildir. Buraya kadar difüzyon hiç hesaba katılmadı ve tüm maddelerin reaksiyon mekânı boyunca eşitçe yayıldığı var sayıldı. Bu bir idealizasyondur; oysa küçük dalgalanmalar konsantrasyon farklılıklarına ve dolayısıyla difüzyona yol açar. Bu yüzden kimyasal reaksiyon denklemlerine difüzyon da eklemeliyiz. Brusselatör'ün difüzyon-reaksiyon denklemleri bu sistemin kullanabileceği şaşırtıcı çeşitlilikte davranış biçimleri gösterir. Aslında, sistem dengede ve dengeye-yakın durumdayken mekânsal olarak homojenliğini korurken, dengeye uzak bölgede kimyasal saatler böylece sistemin tek tür dağılıcı yapısı olmaktan çıkar. Daha ötede; meselâ salınımlar artık zamana ve mekâna bağımlı gibi görünmeye başlar. Sistemden periyodik olarak geçen X ve Y konsantrasyonlarının kimyasal dalgalarına karşılık gelirler.

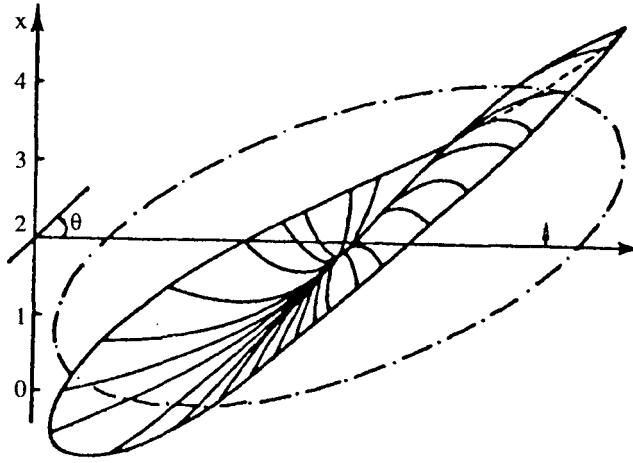
Yanı sıra, özellikle de X ve Y'nin diffüzyon sabiteleri birbirinden oldukça farklı olduğunda, sistem durağan, zamandan bağımsız bir davranış gösterebilir ve kararlı mekânsal yapılar belirebilir.



Şekil 6: Bilgisayarda temsil edilmiş kimyasal dalgalar: "Brusselatör"ün üçlü moleküler modelinde *X* bileşeninin konsantrasyonunu mekânsal profilinin evriminin ardışık basamakları. *t=3.435* ânında *t=0* anındaki aynı dağılımı elde ediyoruz. *A* ve *B*'nin konsantrasyonları: 2,5.45 ($B>[1+A^2]$). *X* ve *Y*'nin difüzyon sabiteleri : 8 10^{-3}, 4 10^{-3}.

Burada tekrar duralım. Ve bu kez mekânsal yapıların kendiliğinden oluşumunun, denge fiziğinin kanunları ve Boltzmann'ın düzen ilkesiyle ne kadar çeliştiğini açıklayalım. Böylesi yapılara karşılık gelen permütasyonların sayısı tek düze bir dağılıma karşılık gelen sayıya kıyasla oldukça küçüktür. Yine de denge-dışı süreçler klasik bakış açısından imkânsız gözüken durumlara yol açabilir.

Söz konusu problem bir yerine iki ya da üç boyutta çalışıldığında, belli bir sınır şartları takımıyla bağdaşan değişik dağılıcı yapıların sayısı daha da artırılabilir. Meselâ dairesel, iki boyutlu bir mekânda, mekânsal olarak yapılanmış durağan durum, ayrıcalıklı bir eksenin ortaya çıkmasıyla karakterize olabilir.



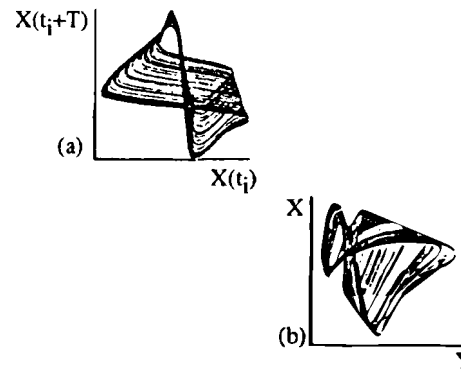
Şekil 7: Bilgisayarda elde edilmiş ayrıcalıklı eksenli durağan durum. X konsantrasyonu yatay düzlemde ρ,θ geometrik koordinatlarının bir fonksiyonudur. Tek düze kararsız çözülmeye (X_0, Y_0) uygulanan saptırmanın yeri bir okla işaretlenmiştir.

Özellikle embriyonun ortaya çıkışının ilk evrelerinden birinin, sistem içinde bir farklılık oluşumu olduğunu hatırlarsak, bu yeni ve oldukça ilginç simetri-kırıcı bir süreç demek olur. Bu problemlere daha sonra bu bölümde ve Bölüm VI'da döneceğiz.

Buraya kadar "kontrol maddeleri"nin (*A*, *B*, *D* ve *E*) reaksiyon sistemi içinde tekdüze biçimde dağıldığı var sayıldı. Eğer bu basitleştirmeden vazgeçilirse, ek olgular gerçekleşebilir. Meselâ, sistem kendini tanımlayan parametrelerin bir fonksiyonu olan bir "tabiî hacim" alabilir. Böylece sistem kendi içsel hacmini—yani, mekânsal olarak yapılanan ya da periyodik konsantrasyon dalgalarınca geçilen bölgeyi belirler.

Bu sonuçlar dengeye uzak durumda olabilecek olguların çeşitliliği hakkında yine de çok yetersiz bir tablo verir. Önce dengeye uzak durumdaki çeşitli durumların olasılığından söz edelim. Belli sınır şartları için birden çok durağan durum —meselâ, biri *X* maddesinden zengin, diğeri fakir— belirebilir. Bir durumdan diğerine geçiş biyolojik sistemlerde tanımlandığı şekliyle kontrol mekanizmalarında önemli bir rol oynar.

Lyapounov ve Poincaré'nin klasik çalışmalarından beri, odak gibi karakteristik noktalar ya da limit devirleri gibi çizgiler matematikçilerce kararlı sistemlerin "çekicileri" diye zaten biliniyordu. Yeni olan bunların kimyasal sistemlere uygulanmasıdır.



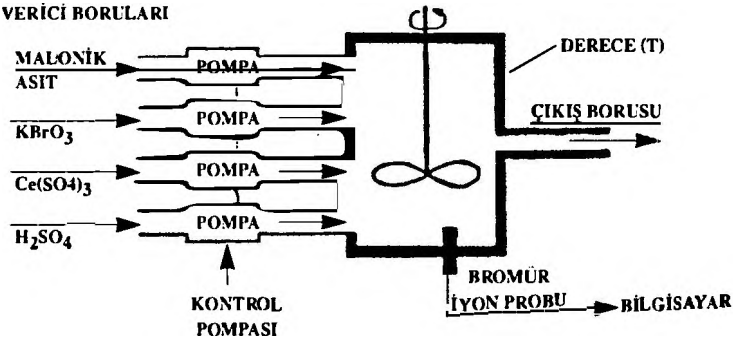
Şekil: 8. a) Belousov-Zhabotinsky reaksiyonunda t_i ve $t_i + T$ anlarındaki Brom-iyon konsantrasyonları (krşt. R.H. Simoyi, A. Wolf ve H.L. Swinney, *Physics Review Letters*, cilt 49, (1982), s. 245; bak. J. Hirsch, "Condensed Matter Physics" and on computers (Yoğun Hal Fiziği ve bilgisayarlar üzerine), *Physics Today* (Mayıs 1983), ss. 44-52)

b) Dışarıdan periyodik olarak *X* bileşeni verilen bir Brusselatör için Hao Bai-lin'in hesapladığı çekici (*attractor*) çizgileri (kişisel bilgi alış-verişi).

Sırası gelmişken, Turing tarafından 1952'de yayımlanan reaksiyon difüzyon sistemlerindeki kararsızlıklarla ilgili ilk makaleyi de hatırlamakta fayda var. Son yıllarda yeni tür çekiciler tanımlandı. Bu çekiciler ancak bağımsız değişkenlerin sayısı arttığında beliriyorlar (Brusselatör'de X ve Y diye iki bağımsız değişken vardır). Özelde, periyodik davranışa karşılık gelmeyen "garip çekiciler" de elde edebiliriz.

Hao Bai-lin'in bazı hesaplamalarını özetleyen Şekil 8, Brusselatör'ü dışarıdan periyodik X verilmesi yoluyla genelleyen bir model için hesaplanmış çok karmaşık çekici çizgileri hakkında bir fikir verebilir. Burada dikkat çekici olan, tanımladığımız olasılıkların birçoğunun hem inorganik kimyada hem de bir takım biyolojik durumlarda gözlemleniyor olmasıdır.

İnorganik kimyadaki en ünlü örnek 1960'ların başında keşfedilen Belousov-Zhabotinsky reaksiyonudur. Bu reaksiyona karşılık olarak , Moyes ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş reaksiyon şeması, Oregonatör, daha karmaşık olmakla birlikte, temelde Brusselatör'e benzerdir. Belousov-Zhabotinsky reaksiyonu, bir organik asidin (Malonik asit) Cerium, manganez ya da ferroin gibi uygun katalizörlerden birinin varlığında potasyum bromatla oksidasyonundan ibarettir.



(Şekil 9): Belousov-Zhabotinsky reaksiyonundaki salınımları çalışmak için kullanılan kimyasal reaktörün şematik temsili. Reaktörde sistemi homojen tutmak için bir karıştırma cihazı da vardır. Reaksiyonun otuzdan fazla ürünü ve ara maddesi vardır. Değişik reaksiyon yollarının gelişimi (diğer faktörler arasından) pompalarla kontrol edilen girişlere bağlıdır.

Aynı sistem içinde değişik biçimde oto organizasyonlara —kimyasal saat, kararlı mekânsal farklılaşma veya makroskobik mesafelerdeki kimyasal etkinlik dalgaları— yol açacak değişik deneysel şartlar kurgulanabilir.[5]

Şimdi en büyük ilgi alanı olmuş bir konuya dönelim: Bu sonuçların canlı sistemlerin anlaşılmasına katkısı.

MOLEKÜLER BİYOLOJİYLE BULUŞMA

Bu bölümün başlarında dengeye uzak şartlarda çeşitli türden self-organizasyon süreçleri olabileceğini göstermiştik. Bunlar kimyasal salınımların ya da mekânsal yapıların belirmesine yol açabilirler. Yine bu tür olguların ortaya çıkması için temel şartın katalitik etkilerin varlığı olduğunu görmüştük.

"Doğrusal olmayan" reaksiyonların sonuçlarının (reaksiyon ürünlerinin varlığı) her ne kadar kendi "sebepleri" üzerinde geri-besleyici etkileri olsalar ve göreceli olarak inorganik dünyada nadir bulunuyor olsa da, moleküler biyoloji bu reaksiyonların yaşayan sistemlerin neredeyse genel kuralı olduğunu keşfetmiştir. Oto-kataliz (X'in varlığının kendi sentezini hızlandırması), oto-inhibisyon (X'in varlığının kendi sentezi için gerekli bir katalizi durdurması) ve çapraz kataliz (iki ayrı reaksiyon zincirine ait iki ürünün birbirlerinin sentezlerini karşılıklı aktive etmeleri) metabolik fonksiyonun iç uyumunu sağlayan klasik düzenleme mekanizmasını oluştururlar.

Burada ilginç bir farklılığın altını çizelim. İnorganik kimyadaki bilinen örneklerde, reaksiyona katılan moleküller basit ama reaksiyon mekanizmaları karmaşıktır; sözgelimi Belousov-Zhabotinsky reaksiyonunda otuza yakın bileşen tanımlanmıştır. Tersine, çoğu biyolojik örneklerde, reaksiyon şeması basit ama reaksiyona katılan moleküller (proteinler, nükleik asitler, vs.) ileri derecede karmaşık ve özgüldür. Bu bir rastlantı olamaz. Burada fizik ve biyoloji arasındaki ayırımı işaret-

5. Kimyasal osilasyonlar hakkındaki ayrıntılar için bkz., A. Winfree, "Rotating Chemical Reactions", *Scientific American* c. 230 (1974), ss. 82-95.

leyen bir ilk unsurla karşı-karşıyayız yani biyolojik sistemlerin *bir geçmişi vardır.* Onları oluşturan moleküller bir evrimin sonucudur; çok özgül biçimlerde organizasyon süreçleri oluşturacak oto-katalitik mekanizmalarda görev almak üzere seçilmişlerdir.

Metabolik aktivasyonlar ve inhibisyonlar örgüsünün tanımlanması biyolojik sistemlerin fonksiyonel mantığını anlamada ilk temel basamağı oluşturur. Bu sentezlerin gerekli olduğu anda başlatılmasını ve kullanılmayan ürün biriktiren kimyasal reaksiyonların durdurulmasını içerir.

Moleküler biyolojinin genetik bilginin aktarılması ve kullanılmasını açıklarken kullandığı temel mekanizma da aslında bir geri-besleme devresi, bir "doğrusal dışı" mekanizmadır. Hücre inşası ve işleyişinde kullanılan çeşitli temel proteinlerin sentezi için gerekli tüm bilgiyi bir dizilim biçiminde taşıyan deoksiribonükleik asit (DNA), bu bilginin değişik protein zinciri dizilimleri biçimine aktarılışı sırasında bir dizi reaksiyona katılır. Sentezlenen proteinler arasında olan bazı enzimler yalnızca değişik dönüşüm evrelerini değil, yanı sıra, hücrenin çoğalmasıyla aynı hızda genetik bilgiyi kopyalayan oto-katalitik DNA eşleşme mekanizmasını da aktivite ya da kontrol eden bir geri-besleme etkisi gösterirler.

Burada, iki bilimin çakışması gibi oldukça dikkate değer bir durumla karşı karşıyayız. Burada varılan anlayış için fizik ve biyolojinin birbirini tamamlayan iki ayrı yönde, birinin karmaşıklığa doğru, ötekinin temel parçacıklara doğru, gelişimi gerekmiştir.

Aslında, fiziğin bakış açısıyla, bugün artık denge termodinamiği ile tanımlanabilecek ideal durumlardan çok uzaklardaki "karmaşık" durumları araştırıyoruz. Öbür yandan, moleküler biyoloji, yaşayan yapıları göreceli olarak az sayıda temel biyomoleküllerle ilişkilendirmeyi başardı. Kimyasal mekanizmaların çeşitliliğini araştırırken, metabolik reaksiyonların incelikli yapısını, her bir metabolik zincirin kritik basamaklarıyla ilgili enzimlerin katalitik fonksiyonlarının kontrolü, inhibisyonu ve aktivasyonundaki duyarlı, karmaşık mantığı keşfetti. Böylelikle moleküler biyoloji dengeye uzak durumlarda olabilecek kararsızlıkların mikroskobik temelini sağlamış oldu.

Bir bakıma, yaşayan sistemler çok iyi organize bir fabrikayı andırır: Bir yanda çok sayıda kimyasal dönüşümlere sahne olurken, öbür yanda tekdüzelikten oldukça uzak bir dağılım gösteren biyokimyasal materyaliyle göz alıcı bir "mekan-zaman" organizasyonu gösterirler. Bu durumda işleyiş ile yapıyı ilişkilendirebiliriz. Şimdi kısaca son yıllarda ayrıntılarıyla çalışılmış iki örneği anlatalım.

Önce, glikolizi, yani glikozun parçalanarak tüm canlı hücrelerin ortak temel enerji kaynağı olan enerjiden zengin ATP (Adenozin trifosfat) molekülünün sentezlendiği metabolik reaksiyonlar zincirini ele alalım. Bu reaksiyon zincirinde yıkılan her glikoz molekülü başına iki ADP (adenozi difosfat) molekülü, iki ATP molekülüne dönüştürülür. Glikoz, biyolojinin analitik yaklaşımı ile dengeye uzak şartların incelenmesinin ne kadar tamamlayıcı olduklarını gösteren güzel bir örnektir.[6]

Biyokimya deneyleri, glikolitik zincirle ilgili konsantrasyonlarda zamansal salınımların olduğunu keşfetti.[7] Bu salınımların reaksiyon akışı içinde, ADP ile aktive olan, ATP ile inhibe edilen bir kilit basamakla belirlendiği gösterildi. Bu metabolik işleyişinin düzenlenmesi için çok uygun tipik bir doğrusal-dışı olgudur. Aslında, hücre kendi enerji depolarından her harcayışında, fosfat bağlarını tüketir ve ATP, ADP'ye dönüşür. Hücre için ADP birikimi dolayısıyla yoğun enerji tüketimini gösterir ve enerji stoklarının yenilenmesini gerektirir. Diğer taraftan, ATP birikimi artık glikoz daha yavaş bir hızla parçalanabilir anlamına gelir.

Bu sürecin teorik olarak irdelenmesi, bu mekanizmanın gerçekte bir salınım olgusu, yani bir kimyasal saat üretmeye yatkın olduğunu göstermiştir. Salınım üretmek için gerekli kimyasal konsantrasyon de-

6. A. Goldbeter ve G. Nicolis, "An Allosteric Model with Positive Feedback Applied to Glycolytic Oscillations", *Progress in Theoretical Biology*, c. 4 (1976), ss 65-160; A. Goldbeter ve S. R. Caplan "Oscillatory Enzymes", *Annual Review of Biophysics and Bioengineering*, c. 5 (1976), ss. 449-73.

7. B. Hess, A. Boiteux, ve J. Krüger, "Cooperation of Glycolytic Enzymes", *Advances in Enzyme Regulation*, c. 7 (1969), ss. 149-67; yine bkz., B. Hess, A. Goldbeter ve R. Lefever, "Temporal, Spatial and Functional Order in Regulated Biochemical Collular Systems", *Advances in Chemical Physics* c. XXXVIII (1978), ss. 363-413.

ğerlerinin teorik hesabı ve reaksiyon zincirinin periyodu deneysel sonuçlara uyar. Glikolitik salınımların, hücrenin ATP'ye bağımlı olan tüm enerji süreçleri üzerinde doğrudan ve dolayısıyla ilgili sayısız metabolik zincirler üzerinde dolaylı düzenleyici etkileri vardır.

Biz biraz daha ileri gidebilir ve glikolitik yolda bazı anahtar enzimlerle kontrol edilen reaksiyonların dengeye uzak durumda olduklarını gösterebiliriz. Bu tür hesaplamalar ilk kez Benno Hess[8] tarafından yayınlandı ve o zamandan beri diğer sistemlere uygulanabilecek şekilde genişletildi. Olağan şartlar altında; glikolitik zincir bir kimyasal saate karşılık gelir, fakat bu şartların değiştirilmesi mevcut teorik modellerin tahminleri ile tam uyumlu mekânsal yapı biçimlerini doğurur.

Termodinamik açıdan bakıldığında, yaşayan bir sistem oldukça karmaşık görünür. Kimi reaksiyonlar dengeye yakınken, kimileri değildir. Yaşayan sistem için herşey "canlı" değildir. İçinden gelen enerji akışı bir ölçüde genellikle düz bir akışı olan fakat ara sıra bir çağlayandan aşağıya dökülerek bir kısım enerjisini dışarı veren bir ırmağa benzer.

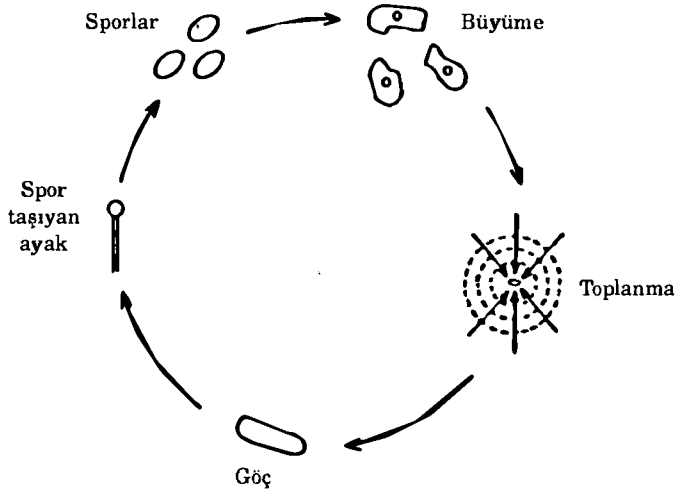
Gelin şimdi de yine kararlılık açısından incelenmiş bir başka biyolojik süreci ele alalım: Bir tür amip olan *Dictyotelium discoideum* adlı küf mantarlarının bir araya gelişi. Bu süreç[9A] tek hücreli ve çok hücreli biyolojinin sınırında kalan ilginç bir olaydır. Bu amiplerin yaşadığı ve çoğaldığı çevre yiyecek açısından yoksullaşınca, çok ilginç bir dönüşüm geçirirler. (Bakınız Şekil A) İzole hücrelerden kurulu bir popülasyonla başlayıp bir araya gelerek onbinlerce hücreden oluşan bir kitle haline gelirler. Bu "psödoplazmodium" daha sonra, tümüyle şekil değiştirdiği bir farklılaşma geçirir. Mevcut hücrelerin yaklaşık üçte birinin bir araya gelmesiyle oluşmuş ve bol miktarda selüloz içeren bir "ayak" oluşur. Bu ayak daha sonra ana kitleden ayrılıp dağılacak, uygun bir besin ortamıyla temas eder etmez çoğalıp yeni bir amip

8. B. Hess, *Ciba Foundation Symposium*, c. 31 (1975), s. 369.

9A. G. Geresch "Cell Aggregation and Differentiation in *Dictyostelium Discoideum*", in *Developmental Biology*, c. 3 (1968), ss. 157-197.

kolonisi kuracak olan yuvarlak bir spor kitlesini destekler. Bu, göz alıcı bir çevreye uyum örneğidir. Popülasyon mevcut kaynakları tüketene kadar belli bir bölgede yaşıyor, daha sonra da bir metamorfoz geçirerek başka zengin çevrelere gidebilecek hareketlilik kazanıyor.

Hücresel küf mantarı agregasyonu, kimyasal saatin temel rol oynadığı bir biyolojik sistemde olan self-organizasyon olgusunun çok çarpıcı bir örneğini oluşturur. (Bak. Şekil A)



(Şekil A): Spor evresinden çıktıktan sonra amipler tek hücreli organizmalar gibi büyür ve çoğalır. Bu durum başlıca bakterilerin sağladığı yiyecek kaynakları azalana kadar sürer. Sonra amiplerin üremesi durur ve sekiz saat kadar süren bir interfaz evresine girerler. Bu periyodun sonunda amipler agregasyon merkezleri işlevi gören hücreler etrafında birikmeye başlarlar. Agregasyon, merkez hücreleri tarafından gönderilen kemotaktik uyarılara cevap olarak gerçekleşir. Bu şekilde oluşan agregat, şartlar bir spor filizi vermeye uygun oluncaya kadar göç eder (migrasyon). Sonra hücre kitlesi bir spor kitlesiyle sarılmış bir ayak olacak şekilde farklılaşım geçirir.

(Şekil B ön açıklama)

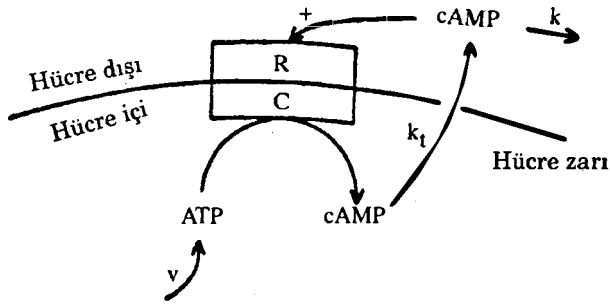
Dictyostelium discoideum'da agregasyon süreci periyodik bir şekilde ilerler.

Agregasyon sürecindeki hareketler merkeze doğru birkaç dakikalık periyodlarla hareket eden içiçe amip dalgaları olduğunu gösterir. Kemotaktik faktörün tabiatı ise iyi bilinir: Hormonal düzenlemeler gibi çok sayıda biyokimyasal süreçlerde rol alan siklik AMP (cAMP). Agregasyon merkezleri periyodik cAMP sinyalleri salgılarlar. Diğer hücreler buna merkeze doğru hareket ederek ve aldıkları sinyalleri agregasyon bölgesinin çevresine doğru göndererek karşılık verir. Kemotaktik sinyallerin iletilmesiyle ilgili bir mekanizma olması her merkezin 10^5 kadar amipin agregasyonunu kontrol etmesine izin verir.

Agregasyon sürecini temsil eden bir modelin analizi iki tip dallanma olduğunu gösterir. Birinci agregasyonun kendisi mekânsal bir simetri kırılmasını temsil eder. İkinci dallanma ise zamansal simetriyi kırar.

Başlangıçta amipler homojen olarak dağılmıştır. Bunlardan bazıları kemotaktik sinyal salgılamaya başladığında, cAMP konsantrasyonunda odaksal dalgalanmalar görülür. Sistemin bazı parametreleri (cAMP'nin difüzyon sabitesi, amiplerin hareketliliği vs.) bir kritik değere ulaştığında bu dalgalanmaların boyutu büyür: Homojen dağılım kararsızlaşır ve amipler mekanda homojen olmayan bir dağılıma doğru evrimleşmeye başlarlar. Bu yeni dağılım amiplerin agregasyon merkezleri çevresinde toplanmasına karşılık gelir.

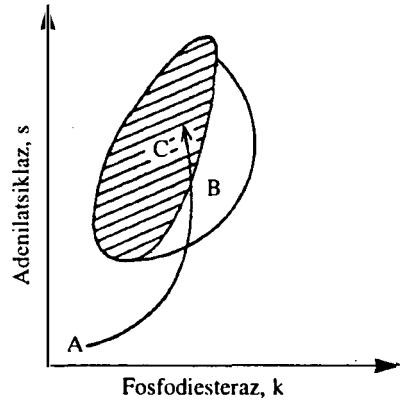
D. discoideum'un agregasyonundaki periyodik davranışın kökenini anlamak için, kemotaktik sinyallerin sentezlenme mekanizmasını çalışmak gerekir. Deneysel gözlemlere dayanarak bu mekanizmayı Şekil B'de çizilmiş şema ile temsil edebiliriz.



(Şekil B): Hücre yüzeyinde, reseptörler (R) cAMP moleküllerini kendine bağlar. Reseptörün yüzü hücre dışı ortama dönüktür ve fonksiyonel olarak, hücre içi ATP'yi cAMP'ye çeviren Adenilat Siklaz (C) enzimiyle ilişkilidir. Bu şekilde sentezlenen cAMP, hücre zarından geçerek, hücre dışı ortama girer ve burada, amiplerin salgıladığı fosfodiesteraz enzimiyle parçalanır. Deneyler, hüc-

re dışı cAMP'nin hücre zarı reseptörüne bağlanmasının adenilat siklazı aktive ettiğini göstermiştir (+ ile gösterilen pozitif geri-besleme). Bu otokatalitik düzenleme esasına göre, cAMP sentezi modelinin analizi, agregasyon sırasında gözlenen değişik tür davranışların birleştirilmesini sağlamıştır.[9B]

Modelin anahtar parametreleri adenilat siklaz konsantrasyonu (s) ve fosfodiesteraz konsantrasyonudur (k). Şekil C bu modelize sistemin s ve k'nin oluşturduğu mekandaki davranışını gösterir (A GOLDBETER ve L. SEGEL'den alınarak yeniden çizilmiştir, *Differentiation*, c. 17 (1980), s. 127-35).



Şekil C: Değişik k ve s değerleri için üç ayrı bölge ayırdedilebilir. A bölgesi, kararlı, uyarılamaz nitelikte bir duruma; B kararlı fakat uyarılabilir bir duruma karşılık gelir: Sistem cAMP konsantrasyonundaki küçük sapmaları ritmik bir şekilde büyütme (ve böylece cAMP sinyalleri gönderme) yeteneğindedir; C bölgesi kararsız bir durağan durum çevresindeki sürekli salınımlara karşılık gelir.

Şekildeki ok ise fosfodiesteraz (k) ve adenilat siklazda (s), açlığın başlamasından sonra gözlenen yükselmeye karşılık gelen olası bir "gelişim yolu"nu gösterir. A, B ve C bölgelerinden geçerek ilerlemesi gözlenen davranış değişimine karşılık gelir: Hücreler başında hücre dışı cAMP sinyallerine karşılık ve-

9B. A. Goldbeter ve L. A. Segel, "Unified Mechanism for Relay and Oscillation of Cyclic AMP in *Dictyostelium Discoideum*", *Proceedings of the National Academy Sciences*, c. 74 (1977), ss. 1543-47

remez durumdadır. Daha sonra bu sinyalleri iletmeye başlarlar. Sonunda otonom olarak periyodik biçimde sinyal sentezler hale gelirler. Agregasyon merkezleri, buna göre açlık başladıktan sonra, s ve k parametreleri C bölgesi içindeki bir noktaya daha çabuk ulaşan hücrelerden oluşur.

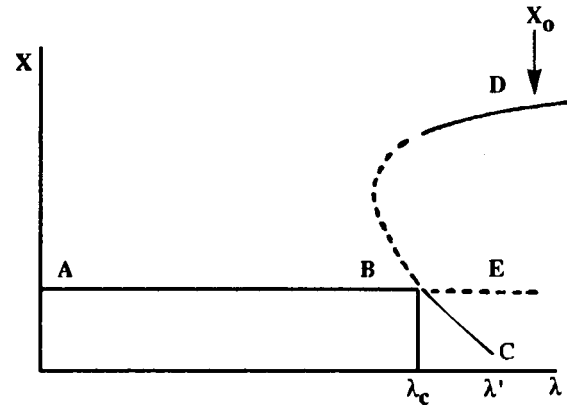
Agregasyon sürecinin ilk evreleri incelendiğinde, agregasyonun amip popülasyonunda bir tür göç dalgasının başlamasıyla amiplerin bir "çekim merkezi" etrafında, görünüşte spontan, ritmik dizilme hareketiyle başladığı görülür. Deneysel incelemeler ve model çalışmaları bu göçün hücrelerin çevrelerindeki bir anahtar maddeden oluşan —çekim merkezi olan amiplerce ve daha sonra bir iletişim mekanizmasıyla diğer amiplerce de periyodik olarak üretilen cAMP'den— bir konsantrasyon farkına tepkisi olduğunu göstermiştir. Burada yine kimyasal saatlerin çarpıcı rolünü görüyoruz. Önceden de belirttiğimiz gibi, kimyasal saatler, yeni iletişim yolları sağlarlar. Bu örnekte de hücreler arası iletişime self-organizasyon mekanizması yol açar.

Üzerinde durmak istediğimiz bir başka husus daha var. Küf mantarı agregasyonu "dalgalanmalar aracılığıyla düzen" diye adlandıracağımız bir sürecin tipik bir örneğini oluşturur: AMP salgılayan çekim merkezlerinin kurulması normal besleyici çevreye karşılık gelen metabolik düzenin kararlılığını kaybettiğini —yani, besleyici çevrenin tüketildiğini— gösterir. Bu gibi yiyecek kıtlığı durumlarında belli herhangi bir amipin cAMP salgılayan ilk amip olabilmesi ve böylece çekim merkezi haline gelmesi dalgalanmaların rastgele davranışlarına denk düşer. Bu dalgalanmalar sonra büyür ve ortamı organize eder.

ÇATALLAŞMALAR VE SİMETRİ KIRINIMI

Şimdi self-organizasyonun ortaya çıkışına ve bu eşikten öte geçtiğimizde gerçekleşen süreçlere daha yakından bakalım. Dengede ya da dengeye-yakın durumda, bazı kontrol parametrelerine bağlı olacak tek bir durağan durum vardır. Kontrol parametresini λ olarak simgeleyeceğiz, ki bu, örneğin, 4. konuda anlatılan Brusselatör'deki B maddesinin konsantrasyonu olabilir. Şimdi, B'nin değeri arttıkça sistemin durumundaki değişimi izliyoruz. Bu şekilde sistem giderek denge durumdan iyi-

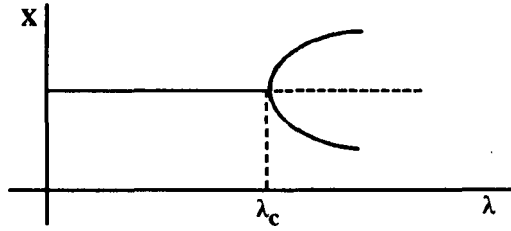
ce ötelere itilir. Belli bir noktada "termodinamik dal"ın kararlılık eşiğine varırız. Sonra da genellikle "çatallaşma noktası" denen yere geliriz. (Bunlar Maxwell'in determinizm ve serbest irade hakkındaki düşüncelerinde rollerini vurguladığı noktalardır. [Bak. Bölüm II, 3. Konu]



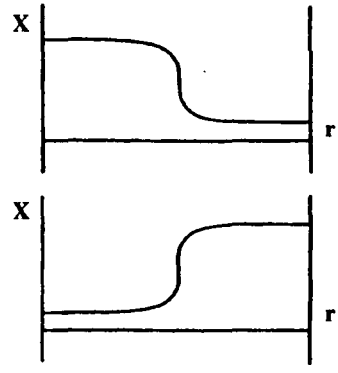
Şekil 10: Çatallaşma diyagramı. Diyagram *X*'in durağan-durum değerlerini, λ çatallaşma parametresinin fonksiyonu olarak gösteriyor. Sürekli çizgiler kararlı durağan durumlardır; kesikli çizgiler kararsız durağan durumlardır. D dalına geçmenin tek yolu, E dalına karşılık gelen *X* değerinden daha yüksek X_0 konsantrasyonu ile işe başlamaktır.

Şimdi bazı tipik çatallaşma diyagramlarını ele alalım: *B* çatallaşma noktasında, termodinamik dal dalgalanmalara karşı kararsız hale geçer. Kontrol parametresi λ'nın λ_c değeri için, sistem üç değişik durumda olabilir: *C, E, D*. Bu durumlardan ikisi kararlı, biri kararsızdır. Önemle belirtilmeli ki, bu gibi sistemlerin davranışı kendi tarihlerine bağlıdır. Varsayın ki kontrol parametresi λ'nın değerini yavaş yavaş artırıyoruz; o zaman şekil 10'daki *A, B, C* yollarını izlememiz daha olasıdır. Tam tersine, eğer bir *X* konsantrasyonu değeri ile başlar ve kontrol parametresinin değerini sabit tutarsak, *D* noktasına gelmemiz daha olasıdır. Sonunda vardığımız durum sistemin ondan önceki tarihine bağlıdır. Tarih şimdiye kadar, biyolojik ve sosyal olguların yorumunda sık sık kullanıldı, ama basit kimyasal süreçlerde önemli bir rol oynayacağı hiç beklenmiyordu.

Şekil 11'de temsil edilen çatallaşma diyagramını ele alalım. Bu diyagram öncekinden çatallaşma noktasında *iki* yeni kararlı çözümlenmenin çıkmasıyla ayrılır. Böylece yeni bir soru gündeme gelir: Çatallaşma noktasına vardığımızda sistem nereye doğru gidecektir? Burada iki olasılık arasında bir "seçim"imiz var; X maddesinin mekanda iki çok-düze (*nonuniform*) dağılımından —Şekil 12 ve 13'de çizildiği gibi— herhangi birini temsil ediyor olabilirler.



Şekil 11: Simetrik çatallaşma diyagramı. X, λ'nın fonksiyonu olarak gösteriliyor. $\lambda<\lambda_c$ değerleri için yalnızca bir durağan durum vardır ve kararlıdır. $\lambda>\lambda_c$ durumunda, her bir λ değeri için iki durağan durum söz konusudur (daha önceki kararlı durum buradan itibaren kararsızlaşır).



Şekil 12 ve 13: *X* kimyasal bileşeninin Şekil 11'deki iki dala ayrı ayrı karşılık gelen iki olası mekansal dağılımı. Şekil 12, *X* bileşeninin konsantrasyonunun sol tarafta daha yüksek olması nedeniyle bir "sol" yapıya karşılık gelir. Benzer şekilde, Şekil 13 bir "sağ" yapıya karşılık gelir.

Bu iki yapı birbirlerinin aynadaki yansımalarıdır. Şekil 12'de X'in konsantrasyonu solda daha yüksek, Şekil 13'de sağda daha yüksektir. Sistem sol ve sağ arasında nasıl bir tercih yapacak? Burada indirgenemez bir rastlantısal unsur vardır; hiçbir makroskobik denklem sistemin izleyeceği yolu kestirmez. Mikroskobik tanımlamalardan yardım istemek de çare değildir. Kaldı ki sol ve sağ arasında bir ayırım da yoktur. Burada, bir zarın atılışındakine çok benzer şans olayları ile karşı karşıyayız.

Dengeyi birçok kez tekrarlar ve sistemi çatallaşma noktasından öte geçirirsek, sistemin yarısının sol konfigürasyona, yarısının sağa geçeceğini bekleyebiliriz. Fakat burada da bir başka ilginç soru akla gelir: Yaşadığımız dünyada bazı temel basit simetrilerin kırılmış olduğu gözlenir.[10] Herkes salyangoz kabuklarının öncelikle seçilmiş bir asimetrisi olduğunu görmüştür. Hatta, Pasteur simetrisizlikte, simetri kırınımında hayatın temel özelliğini görecek kadar ileri gitmiştir. Ve artık biliyoruz ki, en temel nükleik asit olan DNA bir sol elli sarmal biçimini alır. Peki bu simetrisizlik nasıl meydana geldi? Buna verilen ortak cevap şans eseri olası iki gidişten birini öne çıkaran yinelenemez tek bir olaydan kaynaklandığı; daha sonra otokatalitik bir sürecin başlayıp sol elli yapının diğer sol ellileri ürettiği şeklindedir. Kimileri ise, sol ve sağ elli yapılar arasında birinin diğerini yok ettiği bir "savaş" varsayarlar. Bunlar henüz doyurucu cevaplar bulamadığımız problemlerdir. Cevap olarak, yinelenemez olaylardan söz etmek yetmiyor; daha "sistematik" açıklamalara ihtiyacımız var.

Son yıllarda, maddenin dengeye-uzak durumlarda kazandığı yeni temel özelliklerin çarpıcı bir örneğini keşfettik: Gravitasyonel alan gibi dış alanlar sistem tarafından "algılanabiliyor" ve yeni yapısal kalıp seçenekleri getiriyor.

Bir dış alan —gravitasyonel alan— denge durumunu nasıl değiştirebilir? Cevabı Boltzmann'ın düzenlilik ilkesi veriyor: Olaya katılan temel nicelik, potansiyel enerji/termal enerji oranıdır. Bu, dünyanın gra-

10. Bkz., M. Gardner, *The Ambidextrous Universe* (New York: Charles Scribner's Sons, 1979).

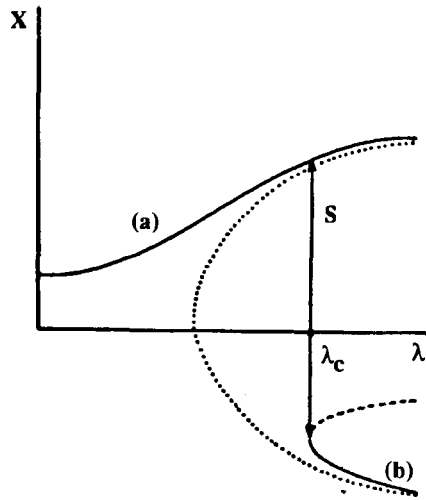
vitasyonel alanı için küçük bir niceliktir; atmosfer basıncında ya da kompozisyonunda kayda değer bir değişim elde edebilmek için bir dağı tırmanmamız gerekirdi. Fakat Bénard hücresini hatırlayın; mekanik açıdan Bénard'ın kararsızlığı, termal genleşme sonucu çekim merkezinin yükselmesidir. Başka bir deyişle, gravitasyon burada temel bir rol oynuyor ve Bénard hücresinin yalnızca birkaç milimlik kalınlığı olmasına rağmen yeni bir yapılanmaya yol açıyor. Gravitasyonun böylesi ince bir tabakadaki etkisi denge durumunda ihmal edilebilir. Fakat sıcaklık farkının başlattığı dengesizlik nedeniyle, gravitasyonun yol açtığı makroskobik sonuçlar bu kadar ince bir tabakada bile görünür hale gelir; dengesizlik gravitasyonun etkisini büyütür.[11]

Gravitasyon bir reaksiyon-difüzyon denklemindeki difüzyon akışını açıkça değiştirir. İleri hesaplamalar etkinin dışarıdan müdahalesiz bir sistemin çatallaşma noktasına yakın bir yerde oldukça dramatik boyutta olabileceğini gösterir. Özelde, çok küçük gravitasyonel alanların da yapısal kalıp seçimine yol açabileceği çıkarımını yapabiliriz.

Yine Şekil 11'deki çatallaşma diyagramına sahip bir sistemi ele alalım. Tutun ki gravitasyonsuz durumda, $g=0$ Şekil 12 ve 13'deki gibi asimetrik bir "yukarı/aşağı" ve onun ayna görüntüsü "aşağı/yukarı" kalıplarımız var. Her ikisi de eşit derecede olasıdır, fakat g hesaba katıldığında, difüzyon akışının g ile orantılı bir unsuru olduğu için çatallaşma denklemleri yeniden düzenlenir. Sonuç olarak Şekil 14'de çizilen çatallaşma diyagramını elde ederiz. Orijinal çatallaşma kaybolur— alanın büyüklüğü ne olursa olsun, her zaman böyle olur. Yapılardan biri (a) artık, çatallaşma parametreleri büyüdükçe *devamlı olarak* ortaya çıkar, diğeri ise (b) yalnızca sınırlı bir dış müdahale ile elde edilebilir. Dolayısıyla eğer (a) yolunu izlersek, sistemin devamlı olan yolu izlemesini bekleriz. Bu beklenti iki dal arasındaki s uzaklığı X'in konsantrasyonundaki termal dalgalanmalara kıyasla büyük kaldığı sürece doğrudur. Burada "yardım edilmiş" çatallaşma diye ad-

11. D.K. Kondepudi ve I. Prigogine, *Physica*, c. 107A (1981), ss. 1-24; D. K. Kondepudi, *Physica*, c. 115A (1982), ss. 552-66. Şu bile olabilir ki kimya zayıf güçlerdeki eşitsizliği makroskobik düzeye getirebilir; D.K. Kondepudi ve G. W. Nelson, *Physical Review Letters*, c. 50, No. 14 (1983), ss. 1023-26.

landıracağımız birşey gerçekleşir. Daha önce de olduğu gibi, λ_c değeri civarında bir self organizasyon süreci gerçekleşebilir. Fakat şimdi olası kalıptan biri tercih edilmiştir ve o seçilecektir.



Şekil 14: Dış alan varlığında "yardım edilmiş" çatallaşma olgusu. X, λ'nın bir fonksiyonu olarak çizilmiştir. Alan yokluğunda gerçekleşecek olan simetrik çatallaşma noktalı çizgilerle gösterilmiştir. Çatallaşma değeri λ_c'dir; kararlı dal (b), (a) dalından sınırlı bir uzaklıktadır.

Burada önemli olan bu mekanizmanın, çatallaşmadan sorumlu kimyasal sürece bağlı olarak, olağanüstü bir duyarlılık ifade etmesidir. Bu bölümde daha önce de söz ettiğimiz gibi, madde denge-durumunda önemsiz sayılabilecek farklılıkları da algılar. Böylesi olasılıklar bakteriler gibi, bildiğimiz en basit organizmaların elektriksel ya da manyetik alanlara tepki verebilir yetenekte olduklarını düşünmemize yol açarlar. Daha genelde ise, dengeye-uzak-durum kimyasının kimyasal süreçlerin dış şartlara olası "adaptasyonu"na yol açtığını gösterirler. Bu, bir yapıdan diğerine geçişi belirlemek için sınır şartları üzerinde büyük çaplı müdahalelerin ya da düzenlemelerin gerektiği denge durumlarıyla kesin olarak çelişir.

Dengeye uzak-durumların dış dalgalanmalara karşı duyarlılığı, bir sistemin çevresine spontan "adaptif organizasyonu"nun bir başka örneğidir. Sırası gelmişken dış şartların dalgalanmasının fonksiyonu olan bir self-organizasyon örneği[12] verelim. Anlaşılabilir en basit kimyasal reaksiyon $A \rightleftarrows B$ şeklindeki izomerizasyon reaksiyonudur. Seçtiğimiz modelde *A* ürünü aynı zamanda bir başka reaksiyona da girebilir: *A+ışık* $\rightarrow A^* \rightarrow$ *A+ısı*. *A* ışık emerek uyarılmış duruma A* geçer ve ışığı ısı olarak dışarı verirken, uyarılmış durumunu da yitirir. Bu iki sürecin kapalı bir sistemde yürüdüğünü varsayın: Dışarıyla sadece ışık ve ısı alış verişi yapılabilir. Bu sistemde doğrusal-dışılık vardır, çünkü *B*'den *A*'ya dönüşüm ısı emer: Sıcaklık yükseldikçe *A* oluşumu da hızlanır. Fakat aynı zamanda, *A*'nın konsantrasyonu yükseldikçe, *A*'nın yaptığı ışık emilimi ve bunun ısıya dönüşümü artar ve sıcaklık artar. Böylece *A* kendi oluşumunu katalize eder.

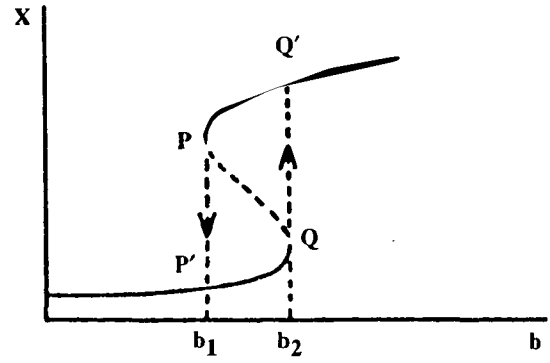
Durağan duruma karşılık gelen *A*'nın konsantrasyonunun ışığın yoğunluğu ile arttığını gözlemlemeyi bekleriz. Ve gerçekte de öyle olur. Fakat bir kritik noktadan itibaren standart dengeye-uzak-durum olgularından biri meydana gelir: Çok sayıda durağan durumun birlikte varolması. Aynı ışık yoğunluğu ve sıcaklık değerleri için sistem, değişik *A* konsantrasyonlarına sahip iki değişik kararlı durağan-durumda bulunabilir. Bir üçüncü kararsız durum, ilk iki durum arasındaki eşiği belirler. Bu gibi durağan durum birliktelikleri çok iyi bilinen histeresis olgusunu doğurur. Fakat öykünün hepsi bu değil. Eğer ışık yoğunluğu sabit değil de rastgele dalgalanıyor olsaydı, durum büyük ölçüde değişirdi.

---

12. R. Lefever ve W. Horsthemke, "Multiple Transitions Induced by Light Intensity Fluctuations in Illuminated Chemical Systems", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, c. 76 (1979), ss. 2490-94. Yine bkz., W. Horsthemke ve M. Malek Mansour, "Influence of External Noise on Nonequilibrium Phase Transitions", *Zeitschrift für Physik B*. c. 24 (1976), ss. 307-13; L. Arnold, W. Horsthemke, ve R. Lefever, "White and Coloured External Noise and Transition Phenomena in nonlinear Systems *Zeitschrift für physik B*. c. 29 (1978), ss. 367-73; W. Horsthemke, "Nonequilibrium Transitions Induced by External White and Coloured Noise", *Dynamics of Synergetic Systems*, nşr. H. Haken (Berlin: Springer Verlag, 1980); biyolojik bir probleme uygulanışı için bkz., R. Lefever ve W. Horsthemke, "Bistability in Fluctuating Environments: Implication in Tumor Immunology", *Bulletin of Mathematic Biology*, c. 41 (1979).

İki durağan-durum arasındaki birliktelik alanı büyür ve belli parametre değerleri için *üç* kararlı durağan durumun birlikte var olması olasılığı doğardı.

Böyle bir durumda, genellikle "gürültü" diye adlandırılan dış akıştaki rastgele dalgalanmalar, önemsiz nüanslar olmak şöyle dursun, akışlar deterministik olduğunda çok daha karmaşık reaksiyon şemaları demek olan yeni tür davranışlar üretir. Akışlardaki rastgele gürültünün herhangi bir "tabiî sistem" söz konusu olduğunda kaçınılmaz olarak değerlendirilebileceği önemle hatırlanmalıdır. Meselâ, biyolojik ya da ekolojik sistemlerde çevreyle etkileşimi belirleyen parametreler genellikle birer sabite olarak değerlendirilemez. Hem hücre hem de ekolojik niş, sürekliliklerini çevrelerinden sağlarlar. Ve nem, pH, tuz konsantrasyonu, ışık ve besinler sürekli dalgalanan bir çevre oluşturur. Denge-dışı durumların, yalnızca kendi içsel aktivitelerinden kaynaklanan dalgalanmalara değil, çevrelerinden gelenlere de duyarlılıkları, biyolojik araştırmalar için yeni bakış açıları sunar.



Şekil 15: Bu şekil önce artan, sonra azalan bir *b* çatallaşma parametre değerimiz olduğunda nasıl bir "histerez" olgusu gerçekleştiğini gösterir. Eğer sistem başlangıçta alt dala ait bir durağan durum içindeyse, *b* büyürken bu durumda kalır. Fakat, $b=b_2$ değeri için, bir süreksizlik olur: Sistem *Q*'dan, üst daldaki (Q')üne sıçrar, $b=b_1$ olana kadar orada kalır. Ve sonra (P')üne sıçrar. Bu tür iki-kararlı davranışlar, lazerler, kimyasal reaksiyonlar, biyolojik zarlar gibi bir çok alanda gözlenir.

ŞELÂLE ÇATALLAŞMALARI VE KAOSA GEÇİŞ

Buraya kadarki paragraflar, bir sistem kararsızlık eşiğinden öte itildiğinde ortaya çıkan birincil çatallaşmayı, ya da matematikçilerin deyişiyle birinci çatallaşmayı ele aldı. Bu birincil çatallaşma ortaya çıkabilecek yeni çözümlemeleri harcamaktan çok, tek bir karakteristik zaman (limit devrenin periyodu) ya da tek bir karakteristik uzunluk getirir. Kimyasal ya da biyolojik sistemlerde gözlenen karmaşık mekân-zamansal aktiviteyi canlandırabilmek için, çatallaşma diyagramını daha ilerilere kadar izlememiz gerekir.

Hidrodinamik ve kimyasal sistemlerdeki çok sayıda frekansın karmaşık etkileşiminden doğan olgulara daha önce de işaret etmiştik. Gelin, şimdi dengeye kritik bir uzaklıkta ortaya çıkan Bénard yapılarını ele alalım. Termal dengeden daha da uzakta bir yerde, konveksiyon akışı zaman içinde salınmaya başlar. Dengeye olan uzaklık daha da arttıkça, daha çok sayıda salınım frekansları ortaya çıkar ve sonunda dengeye geçiş tamamlanır.[13] Bu frekanslar arası etkileşimler geniş dalgalanma olasılıkları doğurur, çatallaşma diyagramında bu tür parametre değerleriyle tanımlanan "bölge" genellikle "kaotik" olarak adlandırılır. Bénard kararsızlığı gibi durumlarda düzen ya da iç-uyum termal kaos ve denge-dışı türbülanslı kaos arasında sandviçlenmiştir. Gerçekte sıcaklık farkını artırmayı sürdürürsek, konveksiyon yapılanmaları daha da karmaşıklaşır, salınımlar başlar ve konveksiyonun düzenli yanı yıkılır. Ancak, "denge durumlu termal kaos" ile "denge-dışı türbülanslı kaos"u birbiriyle karıştırmamak gerekir. Denge durumunda gerçekleşmesi itibariyle termal kaosda, tüm karakteristik mekân ve zaman ölçekleri moleküler boyutta iken, türbülanslı kaosta sistemi kaotik gösteren böylesine bol makroskobik zaman ve uzunluk ölçekleri vardır. Kimyada düzen ve kaos arası ilişki hayli karmaşıktır: Kaotik davranışlar dönemini ardışık düzenli (salınımlı) durumlar izler. Bu, örneğin, Belousov-Zhabotinsky reaksiyonunda akış hızının bir fonksiyonu olarak gözlenmiştir.

13. H. L. Swinney ve J. P. Gollup P, "The Transition to Turbulence", *Physics Today*, c. 31, No. 8 (1978), ss. 41-49.

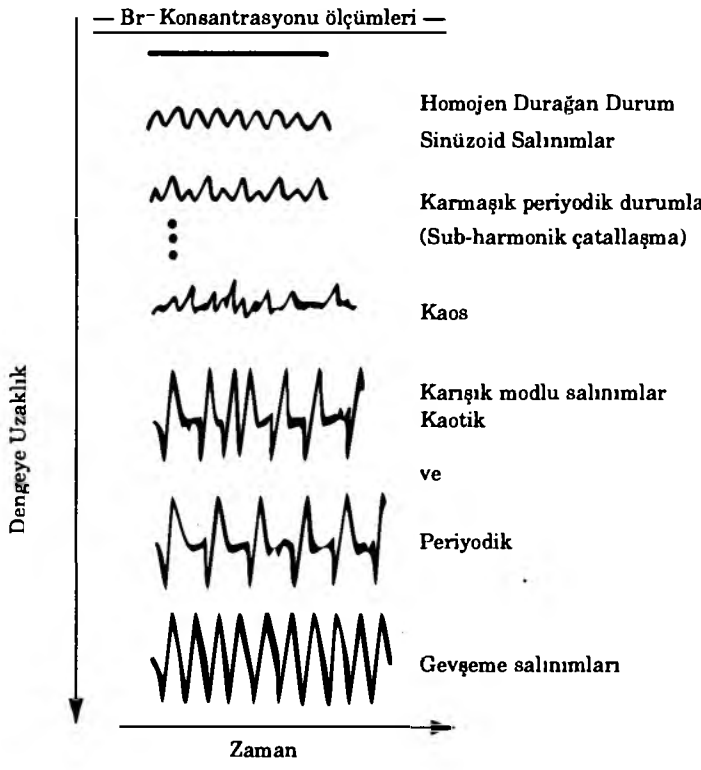
Çoğu kez "düzen" ve "kaos" gibi kelimelerin anlamını birbirinden ayırmak zordur. Tropik bir orman, düzenli bir sistem midir, kaotik bir sistem midir? Belli bir hayvan türünün tarihî gelişimi, diğer türlere ve çevresel tesadüflere bağlı olarak rastgele oluşur. Bununla beraber, tropikal ormanın, meselâ türlerin çeşitliliği ile ifade edilen küresel yapısının bir düzenlilik ilk örneği *(archetype)* oluşturduğu fikri egemendir. Bu terminolojiye sonunda vereceğimiz kesin anlamlar ne olursa olsun, açık ki bazı durumlarda çatallaşmaların art arda gelmesi, karakteristik frekansların determinizminin, bu frekansların çokluğu yüzünden giderek artan bir rastgelelik husule getirdiği bir geri-dönüşsüz evrim oluşturur.

"Kaos"a giden ve çok önceden dikkatleri üzerinde toplamış, oldukça basit bir yol vardır: "Feigenbaum ardışıklığı". Bu ardışıklık davranışı çok genel bir özelliği —yani belirli bir parametre değerleri bölgesinde sistemin davranışı periyodiktir, bir T periyodunu izler; bu bölgeden ötede periyod $2T$'ye çıkar ve yine bir başka kritik eşikten sonra sistem kendini yinelemek için $4T$'ye ihtiyaç duyar— gösteren her sistemi ilgilendirir. Sistem buna göre, ard arda periyod katlanmalarıyla giden ardışık çatallaşmalarla karakterlidir. Bu periyod *ad infinitum* sürekli olarak katlandığında görülen basit periyodik davranıştan karmaşık aperiyodik davranışa geçişin tipik yolunu oluşturur. Bu yol, Feigenbaum'un keşfettiği gibi, sistem nitel periyod katlanması özelliğine sahip olduğu sürece aradaki mekanizmadan bağımsız *evrensel sayısal* özelliklerle karakterlidir. "Aslında, böylesi bunun gibi aperiyodik sınırda olan *herhangi* bir sistemin en ölçülebilir özellikleri, artık temelde, her bir özel sisteme ilişkin ayrı ayrı denklemlerin ayrıntılarını bir kenara bırakan bir metodla belirlenebilir"...[14]

Diğer durumlarda, örneğin, şekil 16'da çizilmiş olanlarda sistemin tarihini hem deterministik hem de stokastik unsurlar karakterize eder.

---

14. M. J. Feigenbaum, "Universal Behavior in Nonlinear Systems", *Los Alamos Science*, No 1(Yaz 1980), ss. 4-27.

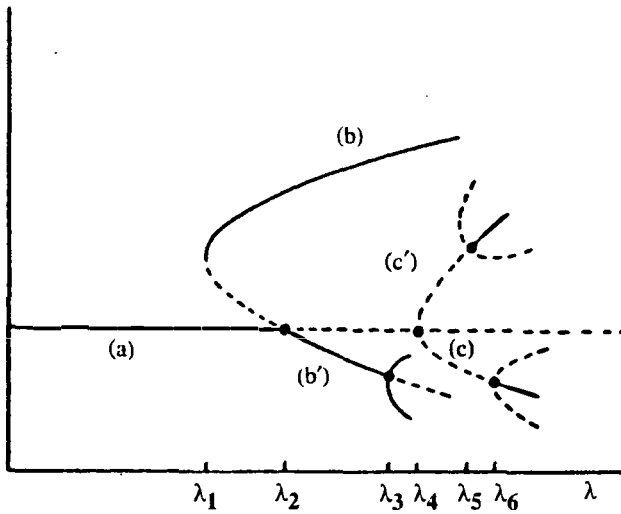


(Şekil 16): Belousov-Zhabotinsky reaksiyonunda Br^- iyonlarının zamansal salınımları. Şekil nitel farklılıklara karşılık gelen bölgelerin ardarda gelişini temsil ediyor. Bu şematik bir temsildir. Deneysel veriler daha karmaşık ardışıklıkların varlığına işaret eder.

Şekil 17'yi ve λ_6 düzeyinde bir kontrol parametresi değerini esas alırsak, sistemin zaten zengin bir olası kararlı ve kararsız davranışlar dağarcığı olduğunu görürüz. Sistemin kontrol parametrelerinin artmasıyla evrimleşmesi sırasında izlediği "tarihî" yol, determinist kanunların egemen olduğu bir kararlı bölgeler dizisi ve sistemin birden fazla olası gelecek arasında "seçim yaptığı" çatallaşma noktalarına yakın bir

kararsız bölgeler dizisiyle işaretlidir. Hem kinetik denklemlerinin olası durumlar takımının ve ilgili kararlılığın hesaplanmasına izin veren determinist yapısı, hem de çatallaşma noktaları etrafındaki birden fazla durum arasında "seçim yapan" rastgele dalgalanmalar birbiriyle çok yakından ilişkilidirler. Sistemin tarihini bu zorunluluk ve rastgelelik karışımı oluşturur.

Çözümlemeler



Şekil 17: Çatallaşma diyagramı. Durağan durum çözümlenmeleri λ çatallaşma parametresinin fonksiyonu olarak alınmıştır. $\lambda<\lambda_1$ durumunda her λ değeri için tek bir durağan durum vardır; bu durumlar takımı a dalını oluşturur. $\lambda=\lambda_1$ durumunda iki yeni durağan durum takımı (b ve b' dalları) olasılığı vardır.

b) durumları kararsızdır, fakat $\lambda=\lambda_2$ olduğunda a dalı durumları kararsızlaşırken b durumlar kararlı olur. $\lambda = \lambda_3$ olduğunda b tekrar kararsızlaşır ve iki yeni kararlı dal ortaya çıkar.

$\lambda=\lambda_4$ olduğunda kararsız a dalı iki yeni dal verecek yeni bir çatallaşma noktası kazanır ki bu yeni dallar da (c ve c'), ile $\lambda=\lambda_5$ ile $\lambda=\lambda_6$'ya kadar kararsızdırlar.

ÖKLİD'DEN ARİSTO'YA

Dağılıcı yapıların en ilginç yanlarından biri iç tutarlılıklarıdır. Sistem uzun-menzilli kuvvetlerin alanıymış gibi, bir bütün olarak davranır. Moleküller arası etkileşimlerin 10^{-8} cm'lik menzilden dışarı çıkmaması gerçeğine karşın, sistem, sanki her molekül sistemin bütün olarak durumundan "haberliymiş" gibi yapılanır.

Modern bilimin, tek ilham kaynağı biyolojik fonksiyonların organizasyonu ve karşılıklı dayanışması olmuş Aristocu mekânın yerini, homojen ve izotropik Öklid uzayına bırakmasıyla doğduğu sıklıkla söylenir —ki biz de daha önce tekrarlamıştık. Ne var ki, dağılıcı yapılar teorisi bizi giderek Aristocu anlayışa yakınlaştırıyor. İster bir kimyasal saatle, ister konsantrasyon dalgalarıyla, ya da kimyasal ürünlerin inhomojen dağılımı ile ilgileniyor olalım, kararsızlık hem zamansal, hem mekansal simetriyi kırma etkisine sahiptir. Bir limit devirinde, hiçbir an diğerlerine denk değildir, kimyasal reaksiyon, meselâ bir ışık dalgasını karakterize eden faza benzer *bir faz* kazanır. Yine, bir kararsızlık içinden baskın bir doğrultu belirginleştiğinde mekan artık izotropik olmaktan çıkar; Öklidci mekandan Aristocu mekâna geçeriz.

Mekân ve zaman simetrisinin kırılmasının büyüleyici morfogenez olgularının önemli bir kısmından sorumlu olduğunu öne sürmek oldukça çekicidir. Bu olgular sık sık bir içsel amacın olaylarda rol oynadığı, embriyonun gelişimini tamamladığında gerçekleştirdiği bir planın var olduğu fikrini uyandırmıştır. Bu yüzyılın başında, Alman embriyologu Hans Diresch, embriyonun gelişmesinden bir tür madde dışı aklın —"entelechy"— sorumlu olduğuna inanmıştı. Diresch, embriyonun ilk evrelerde en ciddi sapmalara karşı direnebilir ve onlara rağmen, normal fonksiyonel bir organizmaya doğru gelişebilir yetenekte olduğunu keşfetti. Diğer taraftan, embriyolojik gelişimi bir film şeridi gibi gözlediğimizde, daha "yumuşak" nicel büyüme periyodlarınca izlenen radikal reorganizasyonlara karşılık gelen sıçramalar "görürüz". Şükür ki, bu arada birkaç hata olur. Sıçramalar yinelenebilir bir biçimde yürütülür. Temel evrim mekanizmasının birer keşif mekanizması olan çatallaşmalar ile belli bir hareket yörüngesini kararlılaştıran kimyasal etkileşimle-

rin seçimi arasındaki etkileşime dayandığını öne sürebiliriz. Kırk yıl kadar önce biyolog Waddington'un kararlılaşmış gelişim yollarını tanımlamak için öne sürdüğü "chreod" kavramı, çifte esneklik ve güvenlik zorunluluğu sonucu oluşan olası gelişme çizgilerine karşılık gelir.[15] Açık ki problem çok karmaşık ve burada ancak kısaca ele alınabilir.

Yıllar önce embriyologlar bir morfogenetik alan kavramı ortaya attılar ve bir hücrenin farklılaşmasının bu alandaki *konumu*na bağlı olduğu hipotezini öne sürdüler. Fakat bir hücre kendi konumunu nasıl "farkedebilirdi"? Sık sık tartışma konusu olmuş bir fikir de bir özel maddenin konsantrasyon farkı —"gradient"— ve "morfogenler" fikriydi. Bu gibi farklar gerçekten de dengeye uzak durumlardaki simetri-kırıcı kararsızlıklarla oluşturulabilirdi. Bir kez oluştuktan sonra, her kimyasal gradient, her hücre için ayrı bir kimyasal çevre sağlar ve böylece her birinin özgül bir protein takımı sentezlemesini başlatır. Şimdilerde çok kullanılan bu model, deneysel sonuçlarla uyumlu gibi gözüküyor. Bu alanda özellikle, Kauffman'ın drosofilalar üzerindeki çalışmasına[16] gönderme yapabiliriz. Bu çalışmada embriyo gelişiminin başlarında değişik hücre gruplarının alternatif gelişme yolları seçmelerinden bir reaksiyon-difüzyon sistemi sorumlu tutulur. Her hücre bölümü, her biri mekânsal simetri-kırıcı çatallaşmaların sonucu olan kendine özgü ikili seçim kombinasyonlarıyla özelleşmiştir. Bu model başlangıç bölgeleri ve en son bölgeler arasındaki "uzaklığı"n fonksiyonu —yani, ikili se-

---

15. "Chreod" kavramı, Waddington'un yirmi yıl önce öne sürdüğü niteliksel embriyolojik gelişme tanımının bir parçasıdır. O gerçekten çatallaşan bir evrimdir: embriyonun «yüzeysel bir manzarada» geliştiği ilerlemeci bir arayıştır; burada kalıcı parçalarla çeşitli gelişimsel yollara sahip olan parçalar yan yana bulunur. Bkz., C. H. Waddington, *The Strategy of the Genes* (Londra: Allen & Unwin 1957). C.H. Waddington'un "chreod"ları, René Thom'un biyolojik referansa sahiptir. Bu sebeple iki yaklaşımın buluşma noktası olabilirler: bölgesel mekanizmalardan yola çıkarak onların meydana getirebileceği kollektif davranışlar dizisini araştıran bizim yaklaşımımız ile global matematiksel varlıklardan başlayarak bunların fenomenolojik morfogenesis tanımı ile ima ettiği niteliksel olarak farklı biçim ve dönüşümleri birbirine bağlayan Thom'un anlayışı.

16. S.A. Kauffman, R.M. Shymko ve K. Trabert, "Control of Sequential, Compartment formation in Drosophila", *Science*, c. 199 (1978), ss. 259-69.

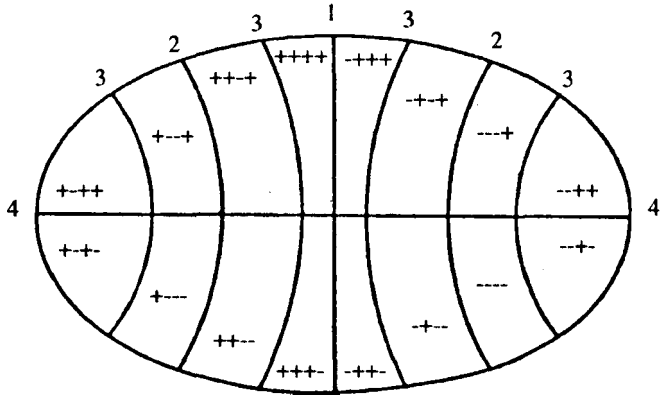
çenek durumları arasındaki farklılıkların sayısının ya da her birini özgülleştiren "açma-kapama şalterleri"n fonksiyonu— olarak ölçülen transplantasyonların sonucu hakkında başarılı tahminlere izin verir.

Bu gibi fikirler ve modeller embriyonun gelişimine açık bir simetrik durumla başladığı biyolojik sistemler (meselâ, Fucus, Acetabularia) için, özellikle önemlidir. Bu arada embriyonun başlangıçta gerçekten homojen olup olmadığını da sorabiliiz ve eğer başlangıç ortamında küçük inhomojeniteler olsa bile, bunlar gelişimi belli bir yapıya doğru itebilir ya da yönlendirebilir mi? Henüz bu soruların kesin cevabı yok. Ancak kesin gibi gözüken bir şey var: Aktarım (*transport*) ve kimyasal reaksiyonlarla ilişkili kararsızlık, başlangıçta homojen bir durumun simetrisini kırabilecek tek genel mekanizma gibi görünüyor.

Böyle bir çözümün olabilirliği bizi indirgemeciler ve indirgemeci-karşıtları arasındaki yüzyıllık çatışmadan öteye götürür. Aristo (ve alıntılar yaptığımız Stahl, Hegel, Bergson ve diğer indirgeme-karşıtları)ndan bu yana, aynı kanaat ifade edilmiştir: Bir tanımlamanın değişik düzeylerini bağlamak ve bütün ve parçaların davranışı arasındaki ilişkileri açıklamak için bir karmaşık organizasyon kavramı gereklidir. Tek "Sebeb"in ve organizasyonun ancak parçada yattığını söyleyen indirgemecilere cevap olarak, Aristo biçimsel sebeb ile, Hegel tabiatta Ruhun uyanışı ile, Bergson basit karşı-konulmaz organizasyon yapıcı eylem fikri ile bütünün baskın olduğunda ısrar ettiler. Bergson'dan alıntı yaparsak:

Genel olarak, aynı nesne bir yanıyla basit, diğer yanıyla sonsuz derecede karmaşık görünüyorsa, bu iki yanı hiçbir şekilde aynı önem ya da daha çok, aynı gerçeklik derecesinde olamaz. Bu gibi durumlarda basitlik nesnenin kendisine aittir ve sonsuz karmaşıklık ise onun çevresinde takındığımız bakış açılarımıza, duyularımızın ya da zihnimizin onun temsili için seçtiği sembollere, daha genel ifadeyle, onu yapay olarak taklid etmekte kullandığımız, fakat değişik bir yapıda olduğu için yine de onun ölçülemezlik niteliğine dokunmayan *değişik türden bir kurgunun* unsurlarına aittir. Çok yetenekli bir sanatkâr kendi tuvaline bir resim çizmiş olsun. Bu ressamın resmini çok renkli mozaik ka-

reler kullanarak taklit edebiliriz. Fakat sanatkârın basit birşey olarak kavradığı, tuale bir bütün olarak aktarmak istediği ve tamamlandığı ölçüde bizi bölünmez bir sezginin yansıması olarak hayran bırakan resmin gerçek eşdeğerini elde edebilmek için, sonsuz derecede tonlar sunabilecek sonsuz sayıda sonsuz küçüklükte mozaikler gerekir.[17]



Şekil 18: Ardışık ikili seçeneklerin sonucu oluşan drosofila embriyosunun yapısının şematik temsili. Ayrıntı için metne bakınız.

Biyolojide, indirgemeciler ve indirgeme-karşıtları arasındaki çatışma sık sık dış amaç ve iç amaç iddiası arasındaki çatışma olarak dışa vurmuştur. Her yerde hazır ve nazır organize edici bir akıl fikrine böylece zamanın teknolojisinden (mekanik, ısı, sibernetik makineler) ödünç alınmış bir organizasyonel modelle karşı çıkılır ki, derhal şu soruyu akla getirir: Makineye, dış amaca uyan otomatı "kim" yapmıştır?

Bergson'un yüzyılın başında vurguladığı gibi, hem teknolojik model ve hem içsel organize edici bir güce inanan vitalist fikir, evrimci organizasyonu hemen önceden var olan bir amaca gönderme yapmadan kavrayamamanın dışa vurumlarıdır. Bugün moleküler biyolojinin göz alıcı başarısına rağmen kavramsal düzey aşağı-yukarı yerinde saymıştır.

17. H. Bergson, *Creative Evolution*, ss. 94-95.

Bergson'un önerisi, "organize edici", "regülatör" ve "genetik program" gibi çağdaş metaforlara uygulanabilir. Paul Weiss ve Conrad Waddington[18] gibi gelenek dışı biyologlar bu tür bir niteleme tarzını, moleküllere bireysel olarak biyolojinin anlamayı amaçladığı küresel düzeni üretme yeteneği yakıştırdığı ve bunu yaparken problemin ortaya konuş biçimini çözümü adına tahrif ettiği için haklı olarak eleştirdiler.

Biyolojide teknolojik analojilerin cazibesiz olmadığını iyi bilmek gerekir. Ancak bu gibi analojilerin genel geçerliği, meselâ, bir elektronik devredeki gibi moleküler etkileşimin tanımı ile küresel davranışın tanımı arasında temel bir homojenlik olduğunu gösterir: Bir devrenin işleyişi çıkış bağlantılarının yapısından ve konumundan çıkarsanabilir; çıkışlar makinenin tümünü yapan aynı mühendis tarafından tasarlanıp yerleştirildiği için, ikisi de aynı ölçekle ilişkilidir.

Şurası bir gerçek ki, bakteriyel kemotaksi gibi biyolojik sistemlere geldiğimizde, reseptörler, algılayıcı ve düzenleyici sistemler ve motor yanıtlardan oluşmuş moleküler makinelerden söz etmemek zordur. İleri derecede özgülleşmiş bileşikleri algılayan ve bir bakteriyi çekici ve itici maddelerin mekansal gradienti içinde aşağı-yukarı yüzdüren yaklaşık yirmi ila otuz reseptör tanıyoruz. Bu "davranış", algılayıcı ve düzenleyici sistemlerin verilerine göre —yani, bakterinin yönünü değiştirecek bir düğmenin açılması veya kapanması— belirlenir.[19]

Fakat bu gibi örnekler etkileyici olmakla birlikte, hikâyenin hepsini anlatmaz. Aslında bunları açıklığa ve adaptasyona karşı kararlılığın ve yinelenebilir davranışın üstünlüğünü gösteren özel bir tür seçilimli evrimin son ürünleri olan sınırlı olaylar olarak görmek çekici görünüyor. Bu tür bir bakış açısından, teknolojik metaforun geçerliliği, bir ilke meselesi değil, bir fırsat meselesidir.

Biyolojik düzen problemi moleküler aktiviteden hücrenin molekü-

18. Bkz., C.H. Waddington, *The Evolution of an Evolutionist* (Edinburgh: Edinburgh University Press. 1975) ve P. Weiss "The Living System: Determinism Stratified", *Beyond Reductionism*, nşr. A. Koestler ve J. R. Smythies (Londra: Hutchinson, 1969).

19. D.E. Koshland, "A Model Regulatory System: Bacterial Chomataxis", *Physiological Review*, c. 59, No. 4, ss. 811-62.

ler üstüne geçişi içerir. Bu problemin çözümü şimdilik çok uzaklarda görünüyor.

Biyolojik düzen sık sık basitçe Maxwell'in cinine benzeyen, yani tıpkı cinin sistemdeki sıcaklık ve basınç farklılıklarını sürdürüşü gibi sistemdeki kimyasal farklılıkları sürdüren enzimlerin oluşturduğu ve sürdürdüğü bir olasılık dışı fiziksel durum olarak örneklenir. Bunu kabul edersek, biyoloji Stahl'in tanımladığı konumda demektir. Yani tabiat kanunları yalnızca ölüme izin verir. Stahl'in ruhu organize edici anlayışının yerini nükleik asidlerde saklı ve hayatın devamlılığına izin veren enzimlerin biçimlenmesiyle dışa vuran genetik bilgi aldı. Enzimlere ölümü ve hayatın yitirilişini geciktirir.

Geri-dönüşsüz süreçler fiziği bağlamında, biyolojinin mevcut verilerinin belli ki değişik bir anlamı ve değişik sonuçları vardır. Artık biliyoruz ki, hem biyosfer, hem biyosferin canlı ya da ölü bileşenlerinin, dengeye uzak durumları da vardır. Bu bağlamda hayat tabiî düzenin dışında olmak bir yana, süregelen self-organize süreçlerin yüksek düzeyde bir dışa vurumudur.

Self-organizasyon için gerekli şartlar sağlandığında, hayatın Bénard kararsızlığı ya da düşen bir taş gibi kestirilebilir hale geldiğini söyleyecek kadar ileri gitme eğilimindeyiz. Son zamanlarda bulunan canlı fosil biçimlerinin neredeyse ilk kaya oluşumlarıyla eş zamanda ortaya çıkmış olması dikkat çekicidir. (Dünyanın yaşının $4{,}6 \cdot 10^9$ yıl olduğu öne sürülürken, bugün bilinen en eski mikrofosiller $3{,}8 \cdot 10^9$ yıl öncesine dayanır; ilk kayaların oluşumu da $3{,}8 \cdot 10^9$ yıl öncesine dayanır).

Hayatın çok erken ortaya çıkmış olması, kuşkusuz hayatın şartlar izin verdiğinde gerçekleşen self-organizasyon sürecinin sonucu olduğu fikrine destek veren bir önermedir. Ancak yine de, herhangi niceliksel bir teoriden uzakta olduğumuzu da kabul etmeliyiz.

Hayat ve evrim anlayışımıza tekrar dönersek, indirgemeciliğin uyandırdığı küçümseme riskinden sakınmak açısından artık daha iyi konumdayız. Dengeye uzak bir sistem organize olarak tanımlanabilir; fakat bunun nedeni parçacıkların, davranışlarına yabancı, ya da onları

aşan bir planı gerçekleştirmiş olması değil, aksine "doğru an"da gerçekleşen bir mikroskobik dalgalanmanın büyümesinin eşit derecede olası çok sayıda diğer yollar arasında özel bir reaksiyon yolunu baskın duruma geçirmiş olmasıdır. Dolayısıyla belli şartlar altında, bireysel davranış çok kritik bir rol üstlenebilir. Daha genel bir ifadeyle "baştan sona" bütün davranışın genelde kendini oluşturan parçacıksal süreçlere şu veya bu şekilde egemen olduğu düşünülemez. Dengeye uzak durumlardaki self-organizasyon süreçleri şans ve zorunluluk arasındaki, dalgalanmalar ve determinist kanunlar arasındaki hassas etkileşime karşılık gelir. Çatallaşma noktasına yakınken dalgalanmalar ve rastgele unsurların önemli bir rol oynamasını, çatallaşmalar arasında ise deterministik özelliklerinin baskın çıkmasını bekleriz. Önümüzdeki bölümde bu soruları daha ayrıntılı olarak ele alacağız.

6

Dalgalanmalı Düzen

DALGALANMALAR VE KİMYA

Giriş bölümümüzde, günümüzde fizik bilimlerinde yeniden kavramsallaşmanın gerçekleştiğini belirtmiştik. Fizik bilimleri artık deterministik, geri-dönüşlü süreçlerden stokastik ve geri-dönüşsüz süreçlere doğru kayıyor. Bu perspektif değişimi kimyayı da derin bir şekilde etkiliyor. Bölüm V'de gördüğümüz gibi, kimyasal süreçler, klasik dinamiğin hareket yörüngelerinin aksine, geri-dönüşsüz süreçlere karşılık gelir; kimyasal reaksiyonlar entropi üretimine yol açarlar. Buna karşılık, klasik kimya deterministik bir kimyasal evrim tanımına dayanmaya devam eder. Bölüm V'de gördüğümüz gibi, çeşitli kimyasal bileşenlerin konsantrasyonlarına ilişkin diferansiyel denklemler kurmak gerekiyor. Bu konsantrasyonların bir başlangıç anındaki değerlerini (ve aynı zamanda difüzyon gibi mekana bağımlı olaylar sözkonusu olduğunda uygun sınır şartlarını) bilirsek, daha sonraki bir zamandaki konsantrasyonların ne olacağını hesaplayabiliriz. Oysa, dengeye uzak durumlar sözkonusu olduğunda determinist kimya anlayışı biter.

Sık sık vurguladığımız dalgalanmaların burada daha çarpıcı bazı özelliklerini özetleyelim. Meselâ, ne zaman bir çatallaşma noktasına gelsek, determinist tanımlama yıkılır. Sistemde mevcut dalgalanma türü kendi izleyeceği dalın seçimine neden olur. Bir çatallaşmayı geçmek, yazı-tura atılması gibi, stokastik bir süreçtir. Kimyasal kaos bunun bir

diğer örneğidir (bak, Bölüm V). Burada artık bireysel bir kimyasal yörüngeyi izlemeyiz; zamansal evrimin detaylarını kestiremeyiz. Her zamanki gibi yalnızca bir istatistiksel tanım yakıştırabiliriz. Bir kararsızlık başta sistemin küçük bir kısmına yerleşmiş olan ve sonra yayılıp yeni bir makroskobik duruma yol açan bir dalgalanmanın sonucu olarak görülebilir.

Bu durum, moleküllerle yahut atomlarla tanımlanan mikroskobik düzey ile, konsantrasyon gibi küresel değişkenler cinsinden tanımlanan makroskobik düzey arasındaki geleneksel ilişki anlayışını değiştirir. Birçok durumda dalgalanmalar yalnızca küçük düzeltmelere karşılık gelir. Örnek olarak V hacminde bir kap içindeki N sayıda molekülden oluşmuş bir gazı ele alalım. Bu hacmi iki eşit kısma bölelim. Bu iki kısımdan birindeki X partiküllerinin sayısı nedir? Burada X "rastgele" bir değişkendir ve $N/2$'ye yakın bir değerde olmalıdır.

Olasılık teorisindeki temel teoremlerden biri olan büyük sayılar kanunu dalgalanmalardan doğan "hata"nın bir tahminini sağlar. Esasta eğer X ölçersek $N/2 \pm \sqrt{N/2}$ dolayında bir değer beklememiz gerektiğini öngörür. Eğer N büyükse, dalgalanmaların getirdiği $\sqrt{N/2}$ farklılığı da büyük olabilir (eğer $N = 10^{24}$ ise, $\sqrt{N} = 10^{12}$ dir); ancak dalgalanmaların getirdiği göreceli hata $(\sqrt{N/2}) / (N/2)$ ya da $1/\sqrt{N}$ civarındadır ve dolayısıyla yeterince büyük bir N değeri için sıfıra yaklaşma eğilimindedir.Sistem yeterince büyür büyümez, büyük sayılar kanunu, ortalama değerler ile dalgalanmalar arasında net bir ayırım yapmamızı sağlar ve dalgalanmalar ihmal edilebilir.

Ancak, denge-dışı süreçlerde bunun tam tersi bir durum görürüz. Dalgalanmalar global sonucu belirler. Dalgalanmaların ortalama değerlerdeki düzeltmeler olmayıp artık bu ortalamaları yeniden ayarladıklarını söyleyebiliriz. Bu yeni bir durumdur. Bu nedenle bir terminoloji ortaya atıp, dalgalanmalardan oluşan bu durumlara "dalgalanmalı düzen" diyeceğiz. Örnek vermeye geçmeden önce, bu durumun kavramsal yeniliğini gösteren bazı genel noktalara değineceğiz.

Okuyucularımız, kuantum teorisinin olasılıklı yanlarını çarpıcı bir şekilde ifade eden Heisenberg'in belirsizlik ilişkisi ilkesini biliyorlar-

dır. Kuantum teorisinde aynı anda hem konumu, hem de koordinatları ölçemediğimize göre, klasik determinizm yıkılıyor demektir. Bunun canlı sistemler gibi makroskobik objelerin tanımında önemi olmayacağına inanılırdı. Fakat denge dışı sistemlerde dalgalanmaların rolü bunun böyle olmadığını gösterir. Rastgelelik makroskobik düzeyde de temel rollerini korur. Kuantum teorisinin tüm temel parçacıklara bir dalga davranışı veren bir analojisi daha vardır. Önce de gördüğümüz gibi, dengeye uzak kimyasal sistemler de iç-uyumlu bir dalga davranışı gösterir. Bunlar Bölüm V'de tartışılan kimyasal saatlerdir. Yine burada da, kuantum mekaniğinin mikroskobik düzeyde keşfettiği bazı özellikler makroskobik düzeyde de izlenir.

Kimya, bilimin yeniden kavramlaşmasına aktif olarak katılıyor.[1] İhtimal ki yeni araştırma yönelimlerinin henüz başlangıcındayız. Bazı son hesaplamaların öngördüğü gibi, belki de reaksiyon hızı fikri, bazı durumlarda, yerini reaksiyon olasılıkları dağılımını içeren bir istatistiksel teoriye bırakacak.[2]

DALGALANMALAR VE KORELASYONLAR

Gelin şimdi, Bölüm V'de tartışılan kimyasal reaksiyon türlerine dönelim. Özel bir örnek almak gerekirse, $A \rightleftarrows X \rightleftarrows F$ gibi bir reaksiyon zincirini ele alalım. Bölüm V'deki kinetik denklemler ortalama konsantrasyonlara gönderme yapar. Bunu belirtmek için artık, X yerine $\langle X \rangle$ yazacağız. Buna göre, belli bir anda bu bileşiğin konsantrasyonunu belirten bir X sayısı bulma ihtimalinin ne olduğunu sorabiliriz. Belli ki, çeşitli moleküller arası çarpışma sayılarında olduğu gibi, bu olasılık da dalgalanacaktır. Bu olasılık dağılımındaki, $P(X, t)$, değişmeyi X molekülünü üreten süreçlerin ve bu molekülü yıkan süreçlerin sonucu olarak tanımlayan bir denklem yazmak oldukça kolaydır. Hesaplamalarımızı denge-durumlu sistemler için, ya da durağan-durum sistemleri

1. G. Nicolis ve I. Prigogine, *Self-Organization in Nonequilibrium Systems* (New York: John Wiley & Sons, 1977).
2. F. Baras, G. Nicolis ve Malek Mansour, "Stochastic Theory of Adiabatic Explosion", *Journal of Statistical Physics*, c. 32. No 1 (1983), ss. 1.

için de yapabiliriz. Önce denge-durumlu sistemler için elde edilen sonuçlardan söz edelim.

Denge durumunda neredeyse klasik bir olasılık dağılımı elde ederiz. Poisson dağılımı denen bu dağılım, telefon görüşmelerinin, restoranlarda bekleme zamanlarının dağılımı, ya da bir gaz veya sıvı içindeki partiküllerin konsantrasyon dalgalanmaları gibi çeşitli durumlarda geçerli olduğu için olasılık üzerine yazılmış tüm kitaplarda anlatılır. Bu dağılımın matematiksel biçiminin burada pek önemi yok. Sadece iki özelliğini vurgulamak istiyoruz. Birincisi, bu bölümün birinci kısmında formüle edildiği gibi bizi büyük sayılar kanununa götürür. Böylece dalgalanmalar büyük sistemlerde gerçekte ihmal edilebilir hale gelir. Dahası bu kanun r gibi bir uzaklıkta bulunan iki değişik noktadaki X partiküllerinin sayıları arasındaki korelasyonu hesaplamamızı sağlar. Hesaplar denge durumunda böyle bir korelasyonun olmadığını gösterir. X ve X' gibi iki molekülü r ve r' gibi iki değişik noktada bulma olasılığı, X'i r de ve X' nü r' de bulma olasılıklarının çarpımıdır. (Buradaki uzaklıkların moleküller arası uzaklığa kıyasla büyük olduğunu varsayıyoruz.)

Son araştırmaların en umulmadık sonuçlarından biri, bu durumun denge-dışı durumlara geçtiğimizde tümüyle değişiyor olmasıdır. Birincisi, çatallaşma noktalarına yakınlaştığımızda dalgalanmalar anormal derecede genleşir ve büyük sayılar kanunu geçersizleşir. Sistem daha sonra çeşitli yollar arasında bir "seçim" yapacağına göre, böylesi bir durum zaten beklenir. Dalgalanmalar daha da ileri gidip ortalama makroskobik değerlerle aynı büyüklük düzeyine bile varabilir. Böylece dalgalanmalar ile ortalama makroskobik değerler arası ayırım kaybolur. Dahası, Bölüm V'de tartışılan doğrusal-dışı kimyasal reaksiyon örneğinde, uzun-menzilli korelasyonlar ortaya çıkar. Makroskobik uzaklıklarla birbirinden ayrılmış partiküller birbirine bağlanırlar. Lokal olaylar tüm sistem boyunca yankılanmalar verirler. İlginçtir ki[3] böylesi uzun menzilli korelasyonlar, denge durumundan denge-dışı duruma geçildiği hassas noktada belirirler. Bu açıdan, bu geçiş bir faz geçişine benzer. Ancak, bu uzun menzilli korelasyonların boyutları başlangıçta küçük-

3. Örneğin bkz., M. Malek Mansour, C. Van Den Broeck, G. Nicolis ve J. W. Turner, *Annals of Physics*, c. 131, No. 2 (1981), s. 283

tür, fakat denge durumundan uzaklaştıkça büyür ve çatallaşma noktalarında sonsuz hale gelebilirler. Biz bu tip davranışın oldukça ilginç olduğuna inanıyoruz, çünkü kimyasal saatlere ilişkin tartışmamızda sözü edilen iletişim probleminin moleküler temelini sağlıyor. Makroskobik çatallaşmadan bile önce, sistem bu uzun menzilli korelasyonlarla organize olur. Böylece bu kitabın ana fikirlerinden birine dönüyoruz: bir düzen kaynağı olarak denge-dışı durum. Denge durumunda moleküller, temelde bağımsız varlıklarmış gibi davranırlar; birbirlerini unuturlar. Biz bunlara "hypnonlar", "uyurgezerler" demeyi uygun bulduk. Gerçi her biri beklediğimiz gibi komplekstir, ama birbirlerini unuturlar. Ne var ki, denge-dışı durum onları uyandırır ve aralarında dengeye oldukça yabancı bir uyum kurar. Bölüm IX'da geliştireceğimiz makroskobik geri-dönüşsüz süreçler teorisi de benzer bir tablo sunacak.

Maddenin aktivitesi kendisinin oluşturabileceği denge-dışı durumlarla ilişkilidir. Dalgalanmalar ve korelasyonlar kanunu tıpkı makroskobik davranışta olduğu gibi denge durumunda (Poisson tipi dağılımı bulduğumuzda) evrenseldirler; denge ve denge-dışı durum arasındaki sınırı geçerken gerçekleşen doğrusal-dışılık tipine bağlı olarak, oldukça özgülleşebilirler.

DALGALANMALARIN BÜYÜMESİ

Önce yeni bir yapının oluşumundan önceki bir dalgalanmanın büyümesinin, ayrıntılarıyla izlenebildiği iki örnek ele alalım. Bunların ilki, açlıkla tehdit edildiğinde tek bir hücreler üstü kitle halinde kümelenen küf mantarlarının biraraya gelmesidir. Bundan Bölüm V'de daha önce söz etmiştik. Dalgalanmaların rolünü gösteren diğer örnek ise termitlerin yuva kurmalarının birinci evresidir. Bu örneği ilk defa Grassé anlatmış ve Deneubourg ise bizi ilgilendirdiği açıdan çalışmış.[4]

4. J.L. Deneubourg, "Application de l'ordre par fluctuation à la description de certaines étapes de la construction du nid chez les termites", *Insectes Sociaux*, Tome 24, No. 2 (1977), ss. 117-30. Bu ilk model yeni deneysel çalışmalarla genişletilmektedir; O.H. Bruinsma, "An Analysis of Building Behaviour of the Termite *macrotermes subhyalinus*", *Proceedings of the VIII Congress IUSSI* (Waegeningen, 1977).

Bir Böcek Popülasyonunda Self-Agregasyon Süreci:

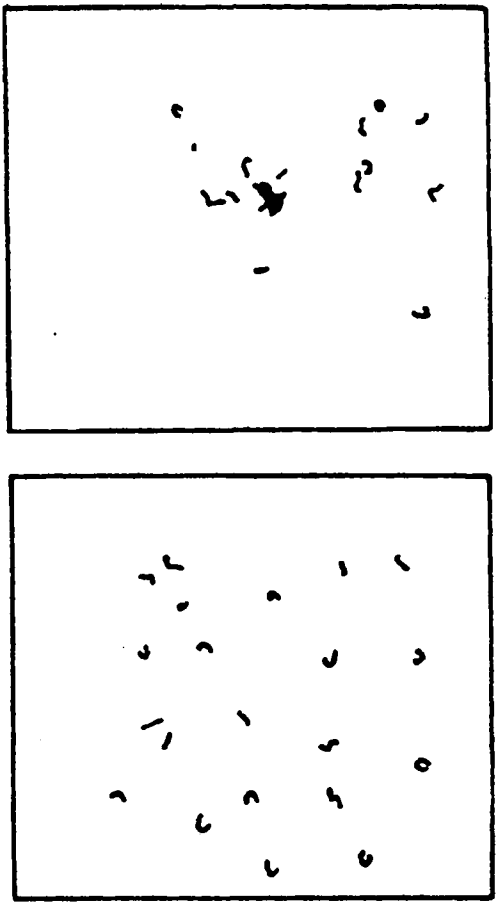
Termit larvaları (*Dendroctonus micans* [Scol.]) başlangıçta 2 mm aralıklı iki yatay cam tabakası arasında rastgele dağılmıştır. Kenarlar açıktır ve yüzey alanı 400 cm2'dir.

Agregasyon sürecinin iki faktör arası rekabetten kaynaklandığı görülür: Larvaların rastgele hareketleri ve bir kimyasal ürüne, yani, beslendikleri ağaçta bulunan bir tür maddeden sentezledikleri ve her birinin



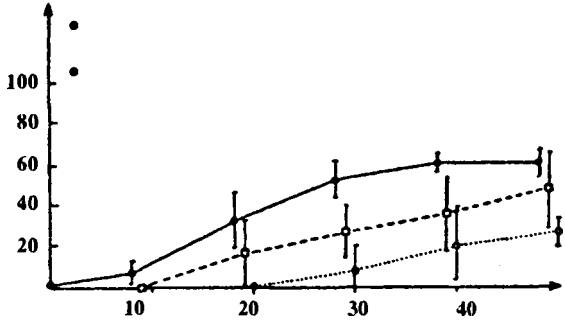
Şekil A: Yüksek yoğunlukta self-agregasyon. Şekiller 0. ve 21. dakikada oluştu.

beslenme durumuna bağlı olarak salgıladıkları bir "feromon"a karşı reaksiyonları. Bu feromon ortama dağılır ve larvalar onun konsantrasyon içeriğinin yönünde hareket ederler. Böyle bir reaksiyon otokatalitik bir mekanizma oluşturur, çünkü bir grup larva, bir bölgede kümelendikçe her biri bu bölgenin çekiciliğini artırmaya katkıda bulunur. Larvaların bu bölgedeki lokal yoğunluğu arttıkça, içerik daha da artar, böylece kalabalık noktaya gitme eğilimi daha da artar.

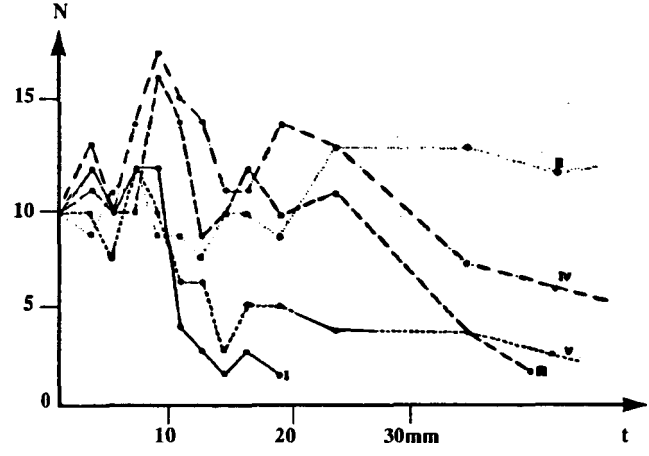


Şekil B: Düşük yoğunlukta self-agregasyon. Şekiller 0. ve 22. dakikada oluştu.

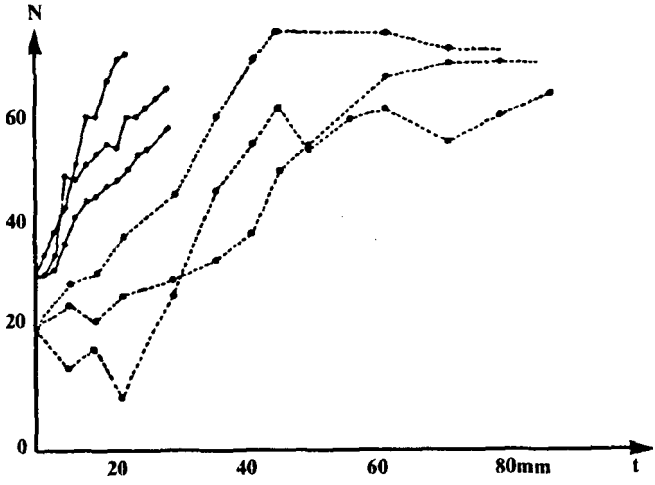
Deney larva popülasyonunun yoğunluğunun agregasyon sürecinin sadece hızını artırmayıp aynı zamanda etkinliğini —yani sonunda o kümenin bir parçası olacak larvaların sayısını— de belirlediğini gösteriyor. Yüksek yoğunlukta (Şekil A) bir küme belirir ve deneysel düzeneğin merkezinde hızla büyür. Çok düşük yoğunlukta (Şekil B) hiçbir kararlı küme görülmez.



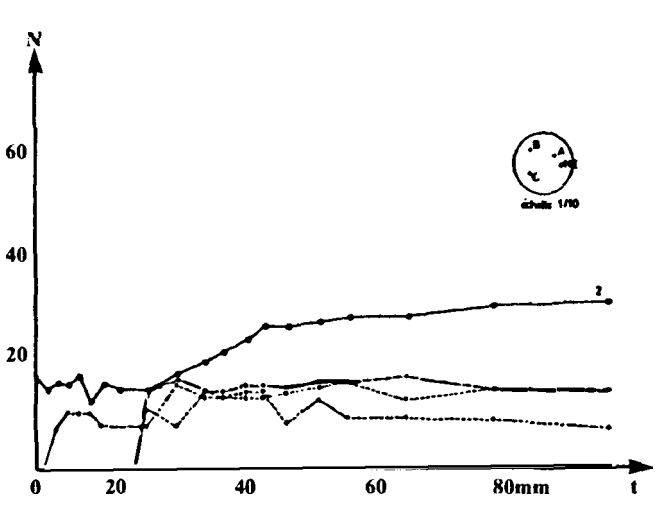
Şekil C: Üç değişik yoğunlukta merkezi kümedeki larvaların sayısı yüzdesinin zamana göre değişimi.



Şekil D: 10 larvalık başlangıç kümelerinin dağılışı. Toplam popülasyon, 80 larva. *N*: kümelerdeki larva sayısı.



Şekil E: 20 ve 30 larvalık kümelerin büyümesi. Toplam popülasyon 80 larva.

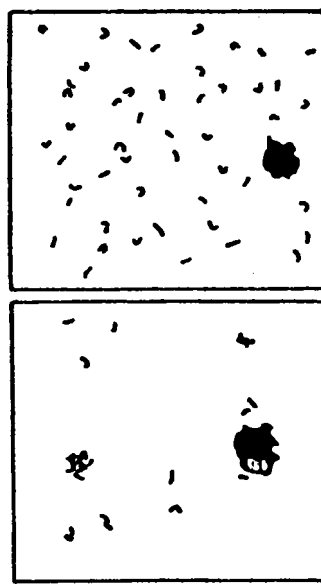


Şekil F: Çoklu-kümeli çözümlenmeler. Başlangıç kümesi 15 larvadan oluşuyor. Toplam popülasyon 80 larva.

Dahası, diğer deneyler sistemin çevresel bir bölgesinde yapay olarak oluşturulan bir "nüve"den küme gelişmesinin olabileceğini göstermiştir. Bu ilk nüvedeki larvaların sayısına bağlı olarak değişik çözümlenmeler ortaya çıkar.

Eğer bu sayı larvaların toplam sayısına oranla küçükse, kümeleşme olamaz (Şekil D). Eğer, fazlaysa, kümeleşme olur (Şekil E). Başlangıç nüvesinin aradaki değerleri için ise yeni tip yapılar gelişir: iki, üç, ya da dört ayrı küme oluşur ve en azından gözlem süresinden daha uzun bir süre birlikte varolurlar (Şekil F ve G).

Homojen başlangıç şartlarıyla başlayan deneylerde hiçbir zaman böylesi çoklu-küme yapıları gözlenmedi. Öyle görünüyor ki, bunlar bir çatallaşma diyagramındaki sistemi karakterize eden parametre değerleri ile bağdaşabilir durumda, fakat, homojen şartlardan başlayan bu sistemin ulaşamayacağı kararlı durumlara karşılık geliyor. Nüve, sistemi duyarlandırmak ve çatallaşma diyagramının bu tür çoklu küme çözümlenmeleri ailesine karşılık gelen bir bölgesine itmek için gerekli sınırlı sapma rolünü oynar.



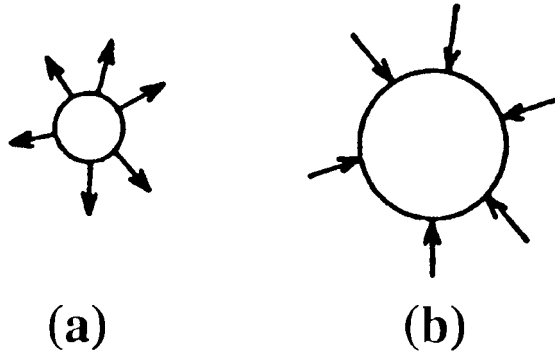
Şekil G: Çevresel olarak oluşturulmuş bir kümenin (I) büyümesi ile ikinci küçük bir kümeyi (II) oluşturması.

Bir termit yuvasının yapımı öylesine işbirliksel bir aktivitedir ki, çoğu bilim adamını böcek topluluklarında bir tür "kollektif akıl" olduğu şeklinde spekülasyon yapmaya zorlamıştır. Fakat gariptir ki, termitlerin gerçekte bir yuva gibi böylesine büyük ve karmaşık bir eserin yapımına katılmalarında, çok az bilgiye ihtiyaçları var gibi görünür. Gassé, aktivitenin ilk evresi olan temel yapımının, termitler arasındaki düzensiz gibi gözüken davranışlar sonucu olduğunu gösterdi. Bu evrede, termitler rastgele toprak parçaları taşıyıp rastgele yerlere koyuyorlar. Fakat, bunu yaparken toprak parçalarını diğerlerini oraya çeken bir tür hormonla aşılıyorlardı. Bu durum, buna göre şu şekilde de ifade edilebilirdi: Başlangıç "dalgalanması" o bölgede şurada ya da burada, sonunda kaçınılmaz bir şekilde gerçekleşecek, diğerlerinden hafifçe yüksek yoğunlukta bir toprak yığını olacaktır. Bu olayın büyümesi hafifçe yüksek hormon konsantrasyonunun çektiği termitlerin o noktada artan yoğunluğu ile sağlanır. Termitler bir bölgede arttıkça, oraya toprak parçası koyma olasılığı da artar ve bu da daha yüksek hormon konsantrasyonuna yol açar. Bu şekilde birbirinden, hormonun yayıldığı mesafeye orantılı bir uzaklıkla ayrılmış, "sütunlar" oluşur. Son zamanlarda yine buna benzer örnekler tanımlandı.

Boltzmann'ın düzenlilik ilkesi her ne kadar farklılıkların kaybolduğu ve başlangıç şartlarının unutulduğu kimyasal ya da biyolojik süreçleri anlamamızı sağlıyorsa da bu örnek gibi kararsız bir durumdaki küçük "seçimlerin" çok sayıda etkileşen bireyden oluşmuş bir sistemi global bir yapıya doğru kanalize ettiği durumları açıklamakta yetersiz kalıyor.

Sınırlı bir sapmadan yeni bir yapı ortaya çıkarken, sistemi bir davranış çizgisinden öbürüne taşıyan dalgalanma, başlangıç durumunu, olasılıkla, bir hamlede aşamaz. Önce sınırlı bir bölgede kendini yerleştirmeli ve sonra tüm ortama yayılmalıdır: Bir ***nüveleşme*** mekanizması vardır. Başlangıçta dalgalanan bölgenin belli bir kritik değer (kimyasal dağılıcı yapılarda, bu eşik özelde kinetik sabitelerine ve difüzyon katsayılarına bağlıdır) altında ya da üstünde oluşuna bağlı olarak, dalgalanma ya geriler, ya da tüm sisteme yayılır. Klasik faz değ-

şimi teorisindeki nüveleşme mekanizmasını biliyoruz: Meselâ, bir gazda aralıksız olarak yoğunlaşma damlaları oluşur ve buharlaşır. Sıcaklığın ve basıncın sıvı halinin kararlı olduğu bir noktaya varmaları demek kritik bir damlacık hacmi (ki bu hacim sıcaklık düştükçe ve basınç arttıkça küçülür) tanımlanabiliyor demektir. Eğer damlacığın hacmi bu "nüveleşme eşiği"ni geçiyorsa, gaz hemen hemen ani denecek bir şekilde sıvılaşır.



Şekil 19: Süpersatüre bir buharda sıvı damlacıklarının nüveleşmesi. (a) Kritik hacimden küçük damlacık; (b) Kritik hacimden büyük damlacık. Dağılıcı yapılar için bir eşiğin var olduğu deneysel olarak doğrulanmıştır.

Dahası, teorik çalışmalar ve nümerik simülasyonlar kritik nüve hacminin, sistemlerin tüm bölgelerini bağlayan difüzyon mekanizmasının etkinliği ile arttırdığını gösterir. Başka bir deyişle, bir sistem içindeki iletişim ne kadar hızlı gerçekleşiyorsa, başarısız dalgalanmaların yüzdesi de o kadar artıyor ve sistem böylece daha kararlı oluyor. Kritik-hacim probleminin bu yanı, bu gibi durumlarda "dış dünya"nın, dalgalanan bölgenin çevresinin dalgalanmaları her zaman kırması demektir. Bu dalgalanmalar, dalgalanan bölge ile dış dünya arasındaki iletişimin etkinliğine bağlı olarak yok olacaktır, ya da büyüyecektir. Kritik hacim, buna göre, sistemin "bütünleyici gücü" ile dalgalanmaları büyüten kimyasal süreçler arası rekabetle belirlenir.

Bu model kanser tümörlerinin başlangıcıyla ilgili *in vitro* deneysel çalışmalarda, son zamanlarda elde edilen sonuçlara da uyarlanabilir.[5] Tek bir tümör hücresi önü alınmaz ve sürekli biçimde görünüp çoğalabilme yeteneğinde bir "dalgalanma" olarak görülür. Bu dalgalanma daha sonra sitotoksik hücrelerle karşı karşıya gelir. Bu hücreler, tümör hücresini duruma göre yok eder, ya da ona yenilirler. Çoğalma ya da yokolma süreçlerine özgü değişik parametre değerlerini izleyerek, tümörün gerilemesini ya da büyümesini kestirebiliriz. Bu tür kinetik çalışmalar sitotoksik hücrelerle, tümör arasındaki etkileşimin hiç beklenmedik yanlarını ortaya çıkardı. Öyle görünüyor ki, sitotoksik hücreler, ölü tümör hücrelerini canlılarıyla karıştırabiliyor ve sonuçta kanser hücrelerinin yıkımı giderek daha da zorlaşıyor.

Karmaşıklığın limitleri meselesi sık sık gündeme getirilmiştir. Aslında bir sistem ne denli karmaşıksa, onun kararlılığını tehdit eden dalgalanma tipleri de o denli sayısızdır. Buna göre, ekolojik ya da insan organizasyonları gibi oldukça karmaşık sistemlerin nasıl mümkün olduğu sorulabilir: Bu sistemler nasıl oluyor da sürekli kaostan kaçınıyorlar? İletişimin difüzyon süreçlerinin stabilize edici etkileri bu sorulara kısmen cevap verir. Türlerin ve bireylerin çok değişik biçimlerde etkileştiği kompleks sistemlerde, sistemin değişik bölümleri arasındaki difüzyon ve iletişim yeterli olabilir. İletişimin sağladığı kararlılık ile dalgalanmaların yol açtığı kararsızlık arasında bir rekabet vardır. Kararlılık eşiğini bu rekabetin sonucu belirler.

YAPISAL KARARLILIK

Gerçek anlamıyla "evrim"den ne zaman söz etmeye başlayabiliriz. Daha önce de gördüğümüz gibi, dağılıcı yapılar dengeye-uzak durumları gerektirir. Ancak reaksiyon difüzyon denklemleri dengeye yakın durumlara geri kaydırılabilen parametreler içerir. Sistem çatallaşma diyagramı-

5. R.P. Garay ve R. Lefever, "A Kinetic Approach to the Immunology of Cancer: Stationary States Properties of Effector Target Cell Reactions", *Journal of Theoretical Biology*, c. 73 (1978), ss. 417-38, ve özel konuşma.

nı her iki yönde de izleyebilir. Benzer şekilde bir sıvı düzgün (*laminer*) akıştan türbülansa ve türbülanstan da laminer akışa geçebilir. Burada belirli bir evrimsel kalıptan söz edilemez.

Sistemin hacmini çatallaşma parametresi olarak alan modellerde durum oldukça farklıdır. Burada zaman içinde geri-dönüşsüz olarak yürüyen geri-dönüşsüz bir evrime yol açar.

Fakat bu, morfogenetik gelişimde geçerli olsa bile, yine de özel bir örnek olarak kalır.

Gerek biyolojik, gerek ekolojik, gerekse sosyal evrimde, etkileşimli belli birtakım birimleri ya da bu birimlerin belli bir takım dönüşümleri veri olarak alamayız. Sistemin tanımı bu durumda geçirdiği evrimle yeniden düzenlenmeye yatkındır. Bu tür evrimin en basit örneği yapısal kararlılık kavramıyla ilişkilidir. Bu kavram bir sistemin kendi süreçlerine katılarak çoğalabilen yeni birimlerin araya girmesine gösterdiği tepkiyi ele alır.

Bu türden bir değişimle yüzyüze olan bir sistemin kararlılığı problemi şöyle ifade edilebilir: Sisteme küçük miktarlarda giren yeni bileşenler sistemin bileşenleri arasında yeni birtakım reaksiyonlara yol açarlar. Bu yeni reaksiyonlar takımı daha sonra sistemin önceki işleyiş biçimiyle rekabete girerler. Eğer sistem bu yeni müdahale durumunda da "yapısal kararlılığı"nı koruyorsa, yeni işleyiş biçimi kendini oturtamayacak ve "yenilikçiler" yaşamayacaktır. Ancak, eğer yapısal dalgalanma biteviye kendini sisteme dayatıyorsa —eğer, meselâ, yenilikçilerin çoğalma kinetiği sistemin tümüne yayılacak kadar hızlıysa— tüm sistem yeni bir işleme biçimi benimseyecektir: Aktivitesi yeni bir "gramer"le (*syntax*) yönetilecektir.[6]

Bu durumun en basit örneği *A* ve *B* monomerleri ile beslenen bir

6. P.M. Allen, "Darwinian Evolution and a Predator-Prey Ecology", *Bulletin of Mathematical Biology*, c. 37 (1975), ss. 389-405; "Evolution, Population and Stability", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, c. 73, No. 3 (1976), ss. 665-68. Yine bkz., R. Czaplefski "A Methodology for Evaluation of Parent-Mutant Competition", *Journal for Theoretical Biology*, c. 40 (1973), ss. 429-39.

sistemin içinde polimrizasyonla üretilen makromoleküller popülasyonudur. Varsayalım ki polimerizasyon süreci otokatalitik bir süreçtir —yani, önceden sentezlenmiş bir polimer aynı dizilime sahip bir zincir oluşturmakta model olarak kullanılıyor. Bu tür sentez, model kopya edilmeyen bir sentez tipinden çok daha hızlı olur. Özel bir *A* ve *B* dizilimi ile karakterli her polimer tipi, kendisinin katalize ettiği sentezin hızını, kopyalama sürecinin duyarlılığını ve makromolekülün kendisinin ortalama ömrünü ölçen bir parametre takımı ile tanımlanabilir. Belli şartlar altında söz gelimi *ABABABA*... gibi bir dizilime sahip tek bir tip polimerin popülasyona hakim olduğu, diğer polimerlerin ise buna nisbeten sadece birer "dalgalanma" durumuna düştüğü gösterilebilir. Kopyalama "hatası" sonucu daha önce hiç bilinmeyen bir dizilimle ve yeni bir parametre takımı ile karakterize edilen yeni bir polimer tipinin sistemde belirip mevcut *A* ve *B* monomerleri için baskın türle rekabete girerek çoğalmaya başlamasıyla, sistemde her defasında bir yapısal kararlılık problemi belirir. Burada "en uygun olanı hayatta kalır" şeklindeki klasik Darwinci fikrin elementer bir örneği ile karşılaşırız.

Bu tür düşünceler, Eigen ve arkadaşları tarafından geliştirilen prebiyotik evrim modelinin temelini oluşturur. İsteyen Eigen'in modeli ile ilgili detaylı bilgiye başka bir kaynaktan kolayca ulaşabilir.[7] Kısaca bahsedersek, modelin otokatalitik popülasyonların sürekli olarak yaptığı "hatalar"a direnebilecek yalnızca tek bir tip sistemin varolduğunu gösterdiğini söyleyebiliriz —olası herhangi bir "mutant polimer" için yapısal kararlılık gösteren bir polimer sistemi. Bu sistem iki takım polimer molekülünden oluşmuştur. İlk takımın molekülleri "nükleik asid" tipinden olup, her bir molekül kendi kendini üretebilme yeteneğindedir ve proteik tipte olan ikinci takımın bir molekülünün sentezinde katalizör olarak işler: İkinci takımın her bir molekülü ise ilk takımdan bir

7. Bu çalışmanın mevcut durumu için bkz., M. Eigen ve P. Schuster, *The Hypercycle* (Berlin: Springer Verlag, 1979).

molekülün kendi kendine üremesini katalize eder. İki molekül takımı arasındaki bu transkatalitik ilişki (her "nükleik asid"in bir "protein" yardımı ile kendini ürettiği) bir devire dönüşebilir. Böylece, daha yüksek üreme etkinliğinde yeni polimerlerin sürekli ortaya çıkışından korunmuş olduğundan kararlılığını sürdürme yeteneğindedir: Öyle ki, "proteinler"in ve "nükleik asid"lerin oluşturduğu kendi kendini üretme zincirinin içine hiçbir şey giremez. Genetik kodu belirleyen bu kararlı temel üzerinde, böylece bir evrim başlayabilir.

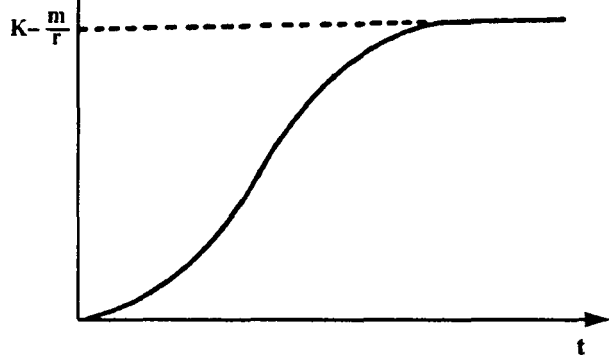
Eigen'in yaklaşımı kuşkusuz büyük ilgi çekiyor. Darwinci anlayışta güvenli bir kendi kendine üreme şeklinin seçilmiş olmasının sınırlı kapasitedeki bir çevrede önemi kuşkusuz büyüktür. Fakat biz bu olgunun prebiyotik evrimle ilişkili tek yanının bu olmadığına inanmak istiyoruz. Kritik miktarlardaki enerji ve madde akışıyla ilişkili "dengeye uzak" şartlar da önemlidir. Hayatın gerçekleşmesine doğru giden ilk evrelerden bazılarının sistemi "dengeye uzak" şartlara itebilecek türden kimyasal enerji emilimi ve dönüşümü yapabilen mekanizmaların oluşumuyla ilişkili olduğunu önesürmek makul gözüküyor. Bu evrede hayat, ya da "ön-hayat" muhtemelen öyle seyreltikti ki, Darwinci seçilim daha sonraki evrelerde oynayacağı temel rolünü oynayamıyordu.

Bu kitabın büyük bölümü mikroskobik ve makroskobik arası ilişkiler etrafında döner. Evrim teorisindeki en önemli problemlerden biri de makroskobik yapılarla mikroskobik olaylar arasındaki nihaî geribesleme ilişkisidir: Mikroskobik olaylardan kaynaklanan makroskobik yapılar, nihayetinde tekrar mikroskobik mekanizmaları yönlendirebiliyor. Garip ki, halihazırda, bu konuda nisbeten daha iyi anlaşılmış örnekler de sosyal durumlarla ilgilidir. Bir yol ya da köprü inşa ettiğimizde, bunun nasıl toplumun davranışını etkileyeceğini ve onun da sonunda o bölgedeki iletişimin biçimleri ile ilgili diğer düzenlemeleri belirleyeceğini kestirebiliriz. Bu tür karşılıklı ilişkili süreçler çok karmaşık durumlara yol açabilir ki, herhangi türden bir modelleşmeden önce bunun anlaşılması gerekir. Bu yüzdendir ki, bundan sonra anlatacaklarımız yalnızca çok basit olan olgulardır.

LOJİSTİK EVRİM

Sosyal olaylarda, yapısal kararlılık probleminin çok sayıda uygulaması vardır. Fakat şurası da unutulmamalı ki bu türden uygulamalar tanımladığı durumu, yalnızca kaynakları sınırlı bir çevredeki kendi-kendini yineleyen süreçler arası rekabetle tanımlamak gibi aşırı bir basitleştirmeyi gerektirir.

Ekolojide bu tür bir problemi ifade eden klasik denklemin adı "lojistik denklem"dir. Bu denklem, N sayıda bireyden oluşmuş bir popülasyonun ölüm hızı, doğum hızı ve popülasyonun kullanabileceği mevcut kaynakların miktarını hesaba katarak tanımlar. Bu lojistik denklem $dN/dt = rN\ (K\text{-}N) - mN$ şeklinde yazılır ki, burada r ve m karakteristik doğum ve ölüm sabiteleri ve K o çevrenin "taşıma kapisitesi"dir. Başlangıç değeri ne olursa olsun N zaman içinde, taşıma kapasitesi ile ölüm ve doğum sabitelerinin oranı arasındaki farkla belirlenen $N=K\text{-}m/r$ gibi bir durağan-durum değerine varacaktır. Bu N değerine varıldığında, çevre doymuş olur ve her an doğanlarla aynı sayıda ölen olur.



Şekil 20: Lojistik eğriye göre bir N popülasyonunun zamanın, t, fonksiyonu olarak evrimi. N değerinin dalgalanmaları açısından $N=0$ durağan durumu kararsızken $N=K\text{-}m/r$ durağan durum *kararlıdır*.

Lojistik denklemin görünürdeki basitliği işleyen mekanizmaların karmaşıklığını bir ölçüde saklar. Sözgelimi, daha önceden harici gürültünün etkilerinden söz etmiştik. Burada aynı durumun anlamı özellikle çok basittir. Belli ki, yalnızca klimatik dalgalanmalar yüzünden bile, *K*, *m* ve *r* bu durumda sabite olarak alınamaz. Bildiğimiz gibi bu tür dalgalanmalar ekolojik dengeyi tümüyle bozabilir ve popülasyonu yok olmaya doğru bile götürebilir. Sonuçta, elbette ki, yiyecek depolanması ve yeni kolonilerin oluşumu gibi yeni süreçler başlayacak ve sonunda haricî dalgalanmaların bazı etkilerinden kaçınabilecek şekilde evrimleşeceklerdir.

Fakat iş bu kadarla bitmiyor. Lojistik denklemi zaman boyunca sürekli biçimde yazmak yerine, gelin sabit zaman aralıklarıyla (meselâ, bir yıl arayla) ayrılmış popülasyonları bir karşılaştıralım. Bu "süreksiz" lojistik denklem N_t ve N_{t+1}'in bir yıl arayla ayrılmış (burada ölüm faktörünü hesaba katmıyoruz) popülasyonları ifade ettiği, $N_{t+1} = N_t (1+r [1-N_t/K])$ biçiminde yazılır. R. May'in[8] dikkate değer bulduğu özellik, bu tür eşitliklerin, basit olmalarına karşın, çok şaşırtıcı sayıda çözümler kabul ediyor olmasıdır. Parametre değerleri $0 \leq r \leq 2$ olduğunda sürekli eşitlikteki gibi, dengeye doğru tekdüze bir yaklaşım elde ederiz. *r*'nin 2.444'den düşük değerlerinde bir limit deviri başlar: İki yıl periyodlu bir periyodik davranış elde ederiz. Bunun, en sonunda (eğer *r*, 2.57'den büyükse) ancak kaotik olarak niteleyeceğimiz bir davranışa gelinceye kadar dört, sekiz ... vs. yıllık devirler izler. Burada Bölüm V'de anlattığımız gibi bir kaosa geçiş elde ederiz. Bu kaos tabiatta ortaya çıkar mı? Son zamanlardaki çalışmalar[9] öyle gösteriyor ki tabiî popülasyonları karakterize eden parametreler bu popülasyonları kaotik bölgeye geçmekten alıkoyuyor. Acaba niye? İşin burasında evrimsel problemlerin kompüter simülasyonuyla matematikle birleştirilmesiyle ortaya çıkmış çok ilginç problemlerden birini elde ederiz.

Buraya kadar statik bir bakış açısı benimsedik. Şimdiyse, *K*, *r* ve *m* parametrelerinin biyolojik veya ekolojik evrim boyunca değişimler gösterebildiği mekanizmalara gelelim.

Evrim boyunca, *K*, *r* ve *m* gibi ekolojik parametrelerin (yanısıra

8. R. May, *Science*, c. 186 (1974), ss. 645-47; yine bkz., R. May, "Simple Mathematical Models with very Complicated Dynamics", *Nature*, c. 261 (1976), ss. 459-67.
9. M.P. Hassell, *The Dynamics in Arthropod Predator-Prey Systems* (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1978).

niceliksel olsun olmasın, diğer bir sürü parametre ve değişkenin de) değişeceğini beklemek durumundayız. Canlı topluluklar, mevcut kaynakları tüketmede ya da yenilerini keşfetmede (yani K artması) sürekli olarak yeni usûller geliştirirler ve hayatlarını uzatmada ya da daha hızlı çoğalmada sürekli yeni ûsuller keşfederler. Lojistik denklemle tanımlanan her ekolojik denge durumu buna göre sadece geçici bir süre içindir ve lojistik olarak tanımlanmış bir niş, her biri $K - m/r$ ile ölçülen çevreyi kullanma "yeteneği" daha fazla olduğunda bir öncekini dışarı atabilecek ardarda türler tarafından işgal edilecektir (Bak. Şekil 21). Böylece lojistik denklem, bizi Darwin'in "en uyumlu hayatta kalır" fikrini nicel olarak formüle edebileceğimiz çok basit bir durumun tanımına götürür. "En uyumlu", belli bir zamandaki $K- m/r$ niceliği en büyük olan türdür.

Lojistik denklemce tanımlanan problem ne kadar kısıtlıysa, bir o kadar da tabiatın icatçılığı konusunda hayret verici örnekler sergiler.

Tırtılları bir düşünelim. Hareketlerinin yavaşlığı bu canlıların kaçışını imkânsız yaptığı için her an gizlenmiş durumda kalmak zorundadır.

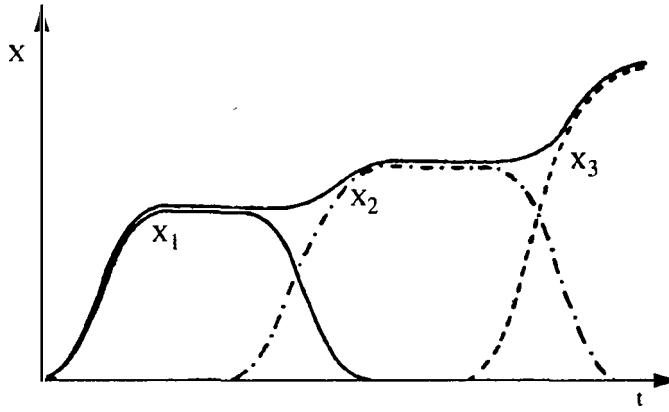
Zehir ve rahatsız edici tüyler ve boynuzlar kullanma teknikleri yanı sıra tehlikeli bir canlıyı taklit etme "stratejileri" kuşları ve diğer potansiyel avcıları uzak tutmada hayli etkilidir. Fakat bu stratejilerin hiçbiri tüm avcılara karşı, tüm zamanlarda, hele de avcı yeterince açsa, etkin değildir. İdeal strateji bu durumda, tümüyle gizlenmiş kalmaktır. Bazı tırtıllar bu ideale yaklaşır ve yüzlerce lepidoptera türünün gizlenmek için kullandıkları stratejilerin çeşitliliği ve inceliği ondokuzuncu yüzyılın öndegelen tabiat bilimcisi Louis Agassiz'in sözlerini akla getiriyor: "Varoluş imkânları öylesine derinden derine ifrata kaçıyor ki Tabiat'ın olağanüstü başarılarının ancak nadiren istisnası var."[10]

Milton Love'ın[11] naklettiği bir örneği burada vermeden geçemeyeceğiz. Koyun karaciğeri paraziti olan bir trematod'un, koyun karaciğerine geçip orada çoğalabilmesi için önce bir karıncadan koyuna geçilme-

10. B. Heinrich, "Artful Diners", *Natural History*, c. 89, No. 6 (1980), ss. 42-51, özellikle s. 42.

11. M. Love, "The Alien Strategy", *Natural History*, c. 89, No. 5 (1980), ss. 30-32.

lidir. Bir koyunun trematodla enfekte bir karıncayı yutması ise çok küçük bir ihtimaldir, ama enfekte karınca çok dikkat çekici bir davranış sergiler: İşe bir koyunla karşılaşma ihtimalini maksimuma çıkarmakla başlar. Trematod tam anlamıyla konağının "tüm kalelerini teslim almıştır". Karıncanın beynine gömülüp onu adeta bir intihara zorlar: Teslim alınmış karınca toprağın üzerinde gizlenmek yerine, çimen yaprağının tam tepesine çıkıp, orada hiç hareket etmeden bir koyunun gelmesini bekler. Aslında, bu parazitin probleminin inanılmaz derecede "akıllıca" çözümüdür. Bu yöntemin nasıl seçilmiş olduğu ise bir muammadır.



Şekil 21: *X* total popülasyonunun zaman boyunca evrimi; total popülasyon birbiri ardı sıra ortaya çıkan ve her biri giderek artan $K - m/r$ (bak. metin) değerlerine sahip X_1, X_2 ve X_3 türlerinden meydana gelmiştir.

Biyolojik evrimdeki diğer durumlar lojistik denkleme benzer modeller kullanarak incelenebilir. Sözgelimi, popülasyonun bir bölümünün savaşçı ve üremesiz bir aktivitede özelleşmiş olmasının avantajlı olabileceği (meselâ, sosyal böcekler içindeki "asker" grupları) türler arası rekabet şartlarını bu şekilde hesaplamak mümkündür. Ayrıca özelleşmiş ve kendi yiyecek kaynaklarının olanını daraltmış bir türün daha geniş alanlı

kaynaklar tüketen özelleşmemiş bir türden daha kolay hayatta kaldığı bir çevre tanımlayabiliriz.[12] Ancak burada, kendi içinde özgülleşmiş, görev bölümü yapmış popülasyonların "organizasyonu"nu ilgilendiren çok değişik türden problemlere gelip çatarız. Bir karışıklığa meydan vermemek için mutlaka kesin ayrımlar gerekir. Bireylerin birbirinin yerini alamayacağı ve her birinin kendi hafızasıyla, karakteriyle ve deneyimiyle ayrı bir rolü oynaması gerektiği popülasyonlarda, lojistik denklemin ve daha genelde Darwinci akıl yürütmenin yeri oldukça göreceli hale gelir. Bu probleme daha sonra döneceğiz.

Ne ilginçtir ki, giderek artan *K–m/r* değerli belli lojistik denklem ailesiyle belirlenmiş ardışık büyüme ve doruklaşmaları gösteren şekil 21'deki eğri tipi belli birtakım teknik işlem veya ürünlerin giderek artışını tanımlamakta da kullanılabilir. Burada da, yeni bir tekniği ya da ürünün keşfi veya tanınması bazı sosyal, teknolojik ya da ekonomik dengeleri bozar. Bu denge yeni buluşun rekabet etmek zorunda kalacağı ve denklemde tanımlanan durumda benzer rolü oynayan tekniklerin ve ürünlerin büyüme eğrisinin ulaştığı maksimum noktaya karşılık gelir.[13] Öyle ki, bir örnek seçmek gerekirse, buharlı gemilerin yaygınlaşması, çoğu yelkenli gemilerin ortadan kalkmasına yol açmakla kalmayıp, taşımacılığın maliyetini düşürüp hızını artırarak, aynı zamanda deniz taşımacılığına talebin artmasına ("*K*") ve böylece gemi popülasyonunun da artışına neden olmuştur. Burada açık bir şekilde, yalnızca ekonomik mantıkla belirlendiğini varsaydığımız aşırı derecede basitleştirilmiş bir örnek veriyoruz. Aslında bu örnekte yeni buluş değişmeden kalan mevcut bir ihtiyacı değişik biçimde de olsa, karşılıyor gibi görünür. Oysa ekolojide insan topluluklarında olduğu gibi çoğu buluşlar böylesi bir önceden mevcut "niş" olmadan da başarılıdırlar. Bu gibi buluşlar ortaya çıktığı çevreyi dönüştürür ve yaygınlaştıkça kendi çoğalmaları için, ken-

12. J. L. Deneubourg ve P. M. Allen, "Modèles théoriques de la divison du travail des sociétés d'insectes", *Academie Royale de Belgique, Bulletin de la Classe des Sciences*, Tome LXII (1976), ss. 416-29; P.M. ALLEN, "Evolution in an Eco-system With Limited Resources", a.y., ss. 408-15

13. E. W. Montroll, "Social Dynamics and the Quantifying of Social Forces", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, c. 75, No. 10 (1978), ss. 4633-37.

di "niş"leri için gerekli şartları oluştururlar. Sosyal durumlarda özelde bir "talebin" ve hatta bu talebin doyuracağı bir "ihtiyaç"ın oluşması çoğunlukla bu talebi doyuran ürünlerin ya da tekniklerin üretimi ile ilişkili gibi gözükür.

EVRİMSEL GERİ-BESLEME

Evrimsel sürecin bu boyutunu hesaba katma yolundaki ilk adım bir sistemin "taşıma kapasitesi"ni, veri olarak almak yerine, o sistemin kullanılma şeklinin bir fonksiyonu yaparak atılabilir.

Bu şekilde iktisâdî faaliyetlerin bazı destekleyici boyutları ve daha özelde "çoğaltıcı etkiler"de temsil edilebilir. Böylece sistemlerin kendi-kendilerini hızlandırma özelliklerini ve değişik faaliyet düzeyleri arasındaki mekânsal ayrımlaşmayı tanımlayabiliriz.

Coğrafyacıların öteden beri bu süreçlerle irtibatlı Christaller modeli dedikleri, iktisâdî faaliyet merkezlerinin optimal dağılımını tanımlayan bir modelleri vardır. Bu modelde önemli merkezler, her biri bir derece daha kasabalar zinciriyle çevrili bir hexagonal şebekenin kesişme noktasında ve her bir küçük kasaba ise bir derece daha küçük köylerle çevrili bir hexagonal şebekenin kesişme noktasında ... vb. dir. Açık ki, gerçek durumlarda, böylesi düzenli hiyerarşik bir dağılım çok nadirdir: Çok sayıda tarihî, siyasî ve coğrafî faktör mekânsal simetriyi bozar. Fakat iş bununla bitmez. Tüm önemli asimetrik gelişme kaynakları elenmiş olsa ve homojen bir iktisâdî ve coğrafî mekândan başlansa bile, Christaller'in tanımladığı gibi bir dağılımın oluşum modeli onun tanımladığı türden statik optimalleştirmenin bu sürecin mümkün, fakat oldukça az olası bir sonucunu oluşturduğunu belirtir.

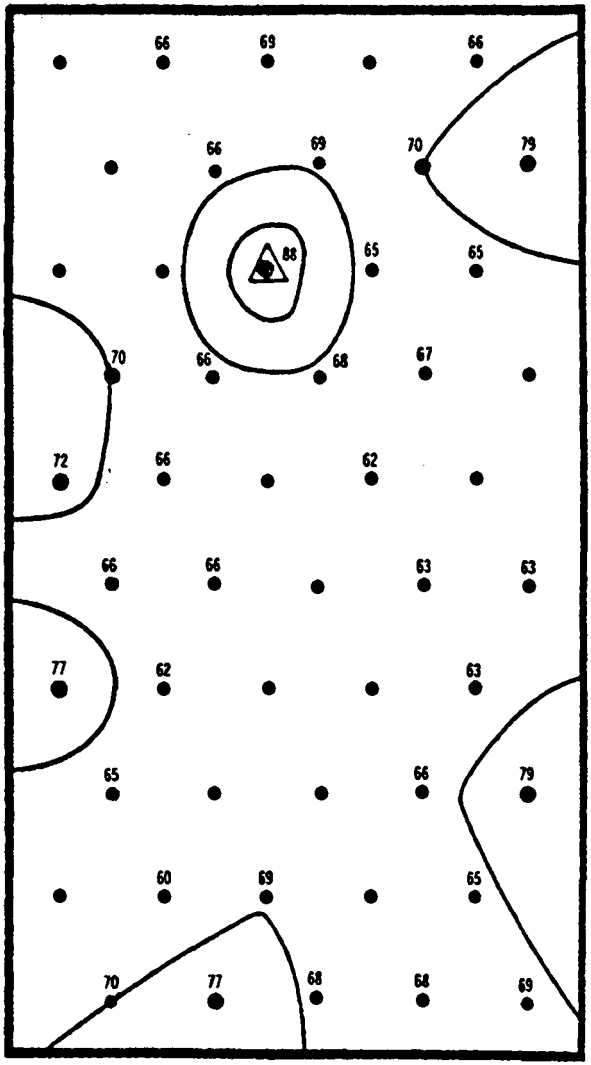
Söz konusu model[14] yalnızca Christaller'inki gibi bir hesaplamanın öngördüğü minimal değişkenler dizisini ele alır. Bir bölge ahâlisi-

14. P.M. Allen ve M. Sanglier, "Dynamic Model of Urban Grofwth", *Journal for Social and Biological Structures*, c. 1 (1978), ss. 265-80 ve "Urban Evolution, Self-Organization and Decision-Making", *Environment and Planning A*, c. 13 (1981), ss. 167-83.

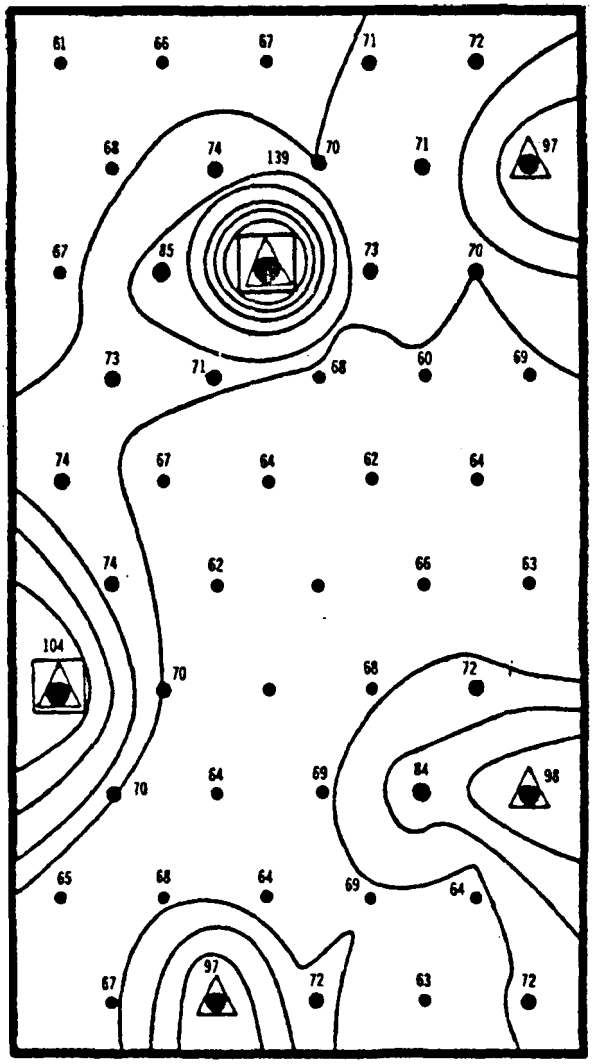
nin, mahallî iktisâdi faaliyet düzeylerinin bir fonksiyonu olarak göç etme eğiliminde olduğu kabullenmesinden yola çıkarak ve dolayısıyla örnekte "istihdam" kapasitesine indirgenmiş bir tür mahallî "taşıma kapasitesi" tanımlayan lojistik denklemleri genişleten bir dizi denklemler kuruldu. Fakat bölge ahâlisi de, aynı zamanda mahallî olarak üretilen ürünler için bir potansiyel tüketicidir. Gerçekte, mahallî gelişim için "şehir çoğaltıcısı" denen çifte bir pozitif geri-beslememiz vardır: Hem mahallî popülasyon hem de önceden ulaşılmış faaliyet düzeyince oluşturulmuş ekonomik alt yapı, bu aktivitenin artışını ivmelendirir. Fakat her bir mahallî faaliyet düzeyi aynı zamanda başka yerlerde yerleşmiş benzer faaliyet merkezleriyle rekabet ederek belirlenir. Üretilen malların veya servislerin satışı onları tüketiciye taşıma maliyetine ve "teşebbüs" hacmine bağlıdır. Buna benzer her teşebbüsün genişlemesi yine bu genişlemenin kendisinin oluşturduğu ve uğrunda rekabet ettiği bir talebe bağlıdır. Dolayısıyla nüfusun göreceli büyümesi ve üretim veya hizmet faaliyetleri güçlü geri-besleme ve doğrusal dışılıklarla birbirine bağlıdır.

Model, "düzey-1" faaliyetinin (kırsal) değişik noktalarda varolduğu bir farazî başlangıç durumuyla başlar; daha sonra Christaller hiyerarşisinde "daha üst" düzeylere karşılık gelen —yani, daha geniş bir alana taşma anlamına gelen— faaliyetlerin ard arda başlamalarını izlememizi sağlar. Başlangıç durumu oldukça homojen de olsa, model bize sadece şans faktörlerinin —değişik teşebbüslerin belirlediği yer ve zaman gibi modelce kontrol edilmeyen faktörler— araya girmesiyle simetri kırılmaları olabildiğini gösterir: bazı bölgelerin iktisâdî faaliyet azalmasına uğrayıp iyice tenhalaşmasının yanısıra, ileri derecede yoğun yeni faaliyet bölgelerinin ortaya çıkışı. Değişik bilgisayar temsilleri, büyüme ve gerileme, mahkûm olma ve hakim olma gibi ardından mevcut hakimiyet yapılarının katılaşmasının geldiği alternatif büyüme fırsatı periyodları gösterir.

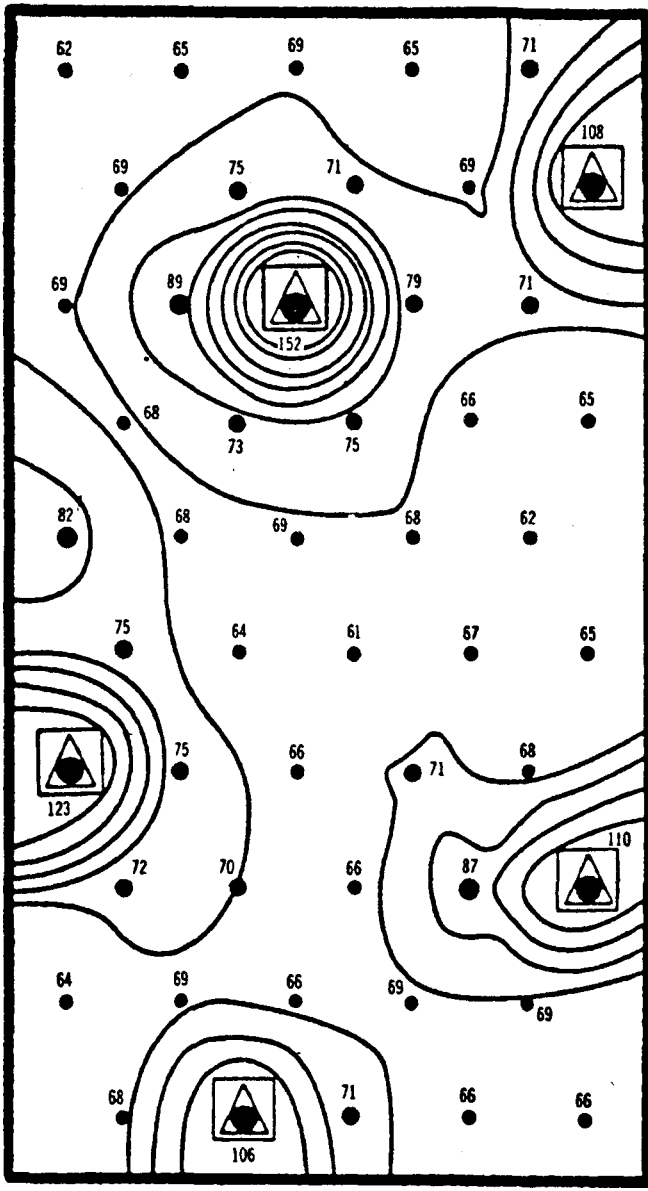
Christaller'in simetrik dağılımı, tarihi ihmal ederken bu senaryo, tarihi hiç olmazsa çok dar anlamda, bu örnekte tümüyle iktisâdî tabiatta olan "kanunlar"la yeni başlangıçların sırasını belirleyen "şans" arasındaki bir etkileşim olarak hesaba katar.

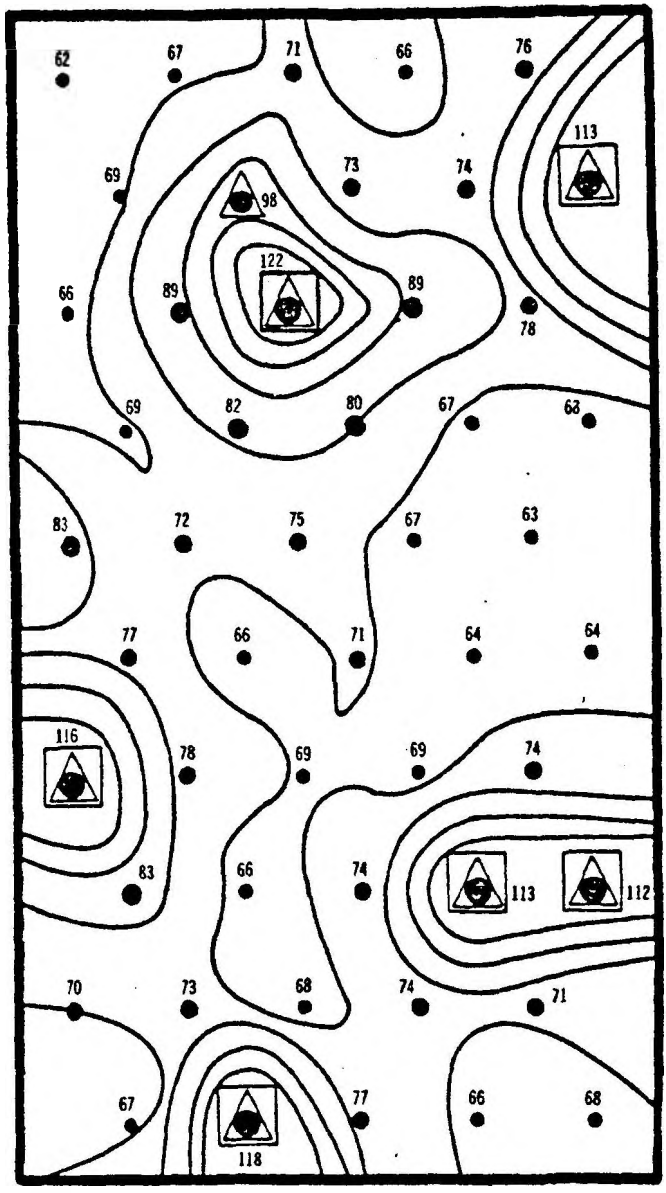


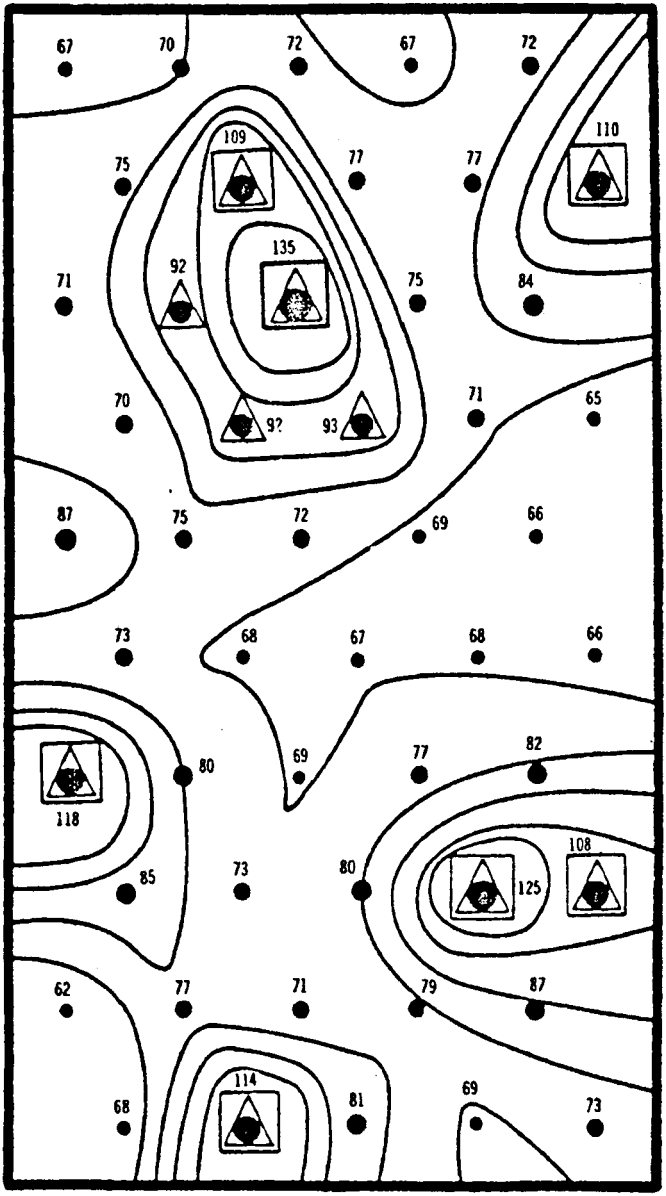
Şekil 22: Olası bir şehirleşme tarihi. • Sadece fonksiyon 1'e sahip; • fonksiyon 1 ve 2'si var. Δ fonksiyon 1, 2 ve 3'ü var. Δ En büyük merkezler olup, 1, 2, 3 ve 4 fonksiyonları var. t= 0 anında (grafikte temsil edilmemiştir), tüm nok-



taların 67 birimlik bir nüfusu var. C'de, en büyük merkez bir azamî noktadan (152 nüfus birimi) geçer; bunu da uydu şehirlerin oluşumuyla karakterize bir "şehir serpilmesi" izler; aynı durum ikinci ana merkez etrafında da olur.


62
65
69
65
71
108
69
75
71
69
69
89
79
71
152
68
73
75
66
65
82
68
69
68
62
75
64
61
67
65
75
66
71
68
123
110
72
70
66
87
64
69
66
69
69
68
71
66
66
106


62
67
71
66
76
113
69
73
74
98
122
66
89
89
78
69
82
80
67
68
83
72
75
67
63
77
66
71
64
64
116
78
69
69
74
83
66
74
113
112
70
73
68
74
71
67
77
66
68
118


67
70
72
67
72
109
110
75
77
77
135
92
71
75
84
70
71
65
93
87
75
72
69
66
73
68
67
68
66
118
80
69
77
82
108
85
73
80
125
62
77
71
79
87
114
68
81
69
73

KARMAŞIKLIĞIN MODELİZASYONLARI

Bizim modelimiz basitliğine karşın karmaşık sistemlerin evriminin bazı özelliklerini göstermede ve özellikle de çok sayıda etkileşen elemanlarca bir gelişmenin "ele avuca alınması"nın zorluğunu aşmakta başarılıdır. Her bireysel hareketin ya da her yerel müdahalenin hiç beklenmedik küresel değişimlere yol açabilecek kollektif bir yanı vardır. Waddington'un üzerinde durduğu gibi, hali hazırda karmaşık bir sistemin belli bir değişikliğe karşı nasıl bir tepki göstereceği konusunda çok az bilgimiz var. Çoğunlukla bu tepki sezgilerimizin tam karşıtı çıkar. "Karşıtsezgisel" deyimi bizim hayal kırıklığımızı belirtmek amacıyla ilk defa MIT'de ortaya atıldı: "Bu kahrolası şey nedense yapması gerekeni yapmıyor işte!" Waddington'un aktardığı klasik örneği alırsak, bir şehirdeki gecekondu mahallelerini ıslah etme programı pekâlâ öncekinden daha da kötü bir durumla sonuçlanabiliyor. Yeni binalar o bölgeye daha çok sayıda insan çeker, yeni gelenler için yeterli iş yoksa onlar da yoksul kalırlar ve mahalleleri dah da aşırı kalabalıklaşır.[15] Hepimiz doğrusal nedensellik çizgisinin terimleriyle düşünmeye alıştırılmışız ama artık yeni "düşünce araçları"na ihtiyacımız var: Modellerin en büyük faydalarından biri işte bu araçları keşfetmemize ve nasıl kullanacağımızı öğrenmemize yardımcı olmalarıdır.

Daha önce de belirttiğimiz gibi, söz konusu boyut, nüfusun büyümesi olduğunda ki, bu ister hayvanlarm, isterse faaliyetlerin veya alışkanlıkların sayısı olsun, buna en uygun düşeni lojistik denklemlerdir. Burada belli bir nüfusun her bireyinin, diğerlerinin herhangi bir bireyine denk olduğu varsayılır. Fakat bu genel denkliğin kendisi basit bir genel gerçek olarak değil de, geçerliliği bu nüfusun mahkûm olduğu kısıtlılık ve baskılara ve bunlarla başetme stratejisine bağlı olan bir tür tahmin olarak görülür.

Sözgelimi, ekologların *K* ve *r* stratejileri arasında yaptığı ayrımı alalım. *K* ve *r* lojistik denklemlerdeki parametrelere karşılık gelir. Bu

15. C. H. Waddington, *Tools for Thought*, (St. Albans, Eng.: Paladin, 1976), s. 228.

ayırım her ne kadar yalnızca göreceli olsa da, iki popülasyon arasındaki bir sistematik etkileşimden, özellikle de av-avcı etkileşiminden kaynaklanan ayırımı karakterize ettiğimde özellikle iyice açık hale gelir. Bu görüşe göre, bir av popülasyonuna özgü tipik evrim üreme hızının, *r* artışı olacaktır. Avcı ise, avını daha etkin yakalama yolunda evrimleştirecektir —yani *K* parametresini iyileştirmeye çalışacaktır. Fakat lojistik bir çerçeve içinde tanımlanmış bu iyileştirme, lojistik denklemlerin tanımladığı durumları aşan sonuçlara gebedir.

Stephen J. Gould'un hatırlattığı[16] gibi, *K* stratejisi demek, deneyimlerinden yeni şeyler öğrenmekte ve hafıza depolamada giderek daha yetenekli hale gelen bireyler —yani, daha uzun olgunlaşma ve acemilik süresi olan bireyler— demektir. Bu da sonuç olarak hem daha "değerli" —daha büyük bir biyolojik yatırımı temsil eden— hem de daha uzun bir incinebilirlik süresi ile karakterize bireyler demektir. Bu açıdan "toplum" ve "aile" bağları geliştirilmesinin *K* stratejisinin mantıklı bir bileşeni olduğu ortaya çıkar. Bu noktadan itibaren popülasyondaki bireylerin kaba sayısının yanısıra, diğer faktörler de giderek birbiriyle bağlantılı olmaya başlar ve başarıyı bireylerin sayısı ile ölçen lojistik denklem yanıltıcı hale gelir. Bu, modelleştirmeyi neyi böylesine riskli yaptığını gösteren bir çarpıcı örnektir. Kompleks sistemlerde hem antitelerin hem bunların etkileşimlerinin tanımı evrimle değişebilir. Yalnızca sistemin ayrı ayrı durumları değil, modelize şekliyle sistemin kendisinin tanımı da genelde kararsızdır veya çok az kararlıdır.

İşin burasında, metodoloji ile incelenen nesnenin tabiatıyla ilgili soruların birbirinden ayrılamaz olduğu problemlerle yüzyüze geliriz. Milyonlarca bireyin belli ki deneyimlerini öğrenip, biriktiremeden, bir yanda doğup, bir yanda öldüğü bir sinek popülasyonu ile her bireyin kendi deneyimleri ile içinde yaşadığı toplumun geleneklerinin bir bileşimi olduğu bir primat popülasyonu hakkında aynı soruları soramayız.

Aynı zamanda antropolojinin kendi içinde de, kollektif olgulara

---

[1] Gould, *Ontogeny and Phylogeny*, a.y. Belknap Press, Harvard University Press,

çeşitli seçenekler arasından ciddi seçimler yapılarak yaklaşılması gerektiğini görüyoruz. Meselâ, yapısal antropolojinin, toplumun, akrabalığın elementer yapıları ya da mitosların analizi gibi, transformasyonları çoğu kez kristalik büyümeyle kıyaslanabilen, mantık ve sonlu matematiğin araçlarının kullanılabileceği özelliklerine ayrıcalık tanıdığı çok iyi bilinir. Süreksiz elemanlar sayılır ve birleştirilir. Ancak bu evrimi büyük, kısmen kaotik popülasyonların katıldığı süreçler cinsinden analizleyen yaklaşımlara ters düşer. Biz iki ayrı bakış açısı ve iki tip modelle ilgileniyoruz: Levi-Strauss, bunları sırasıyla "mekanik" ve "istatistiksel" olarak tanımlar. Mekanik modelde "elemanlar olgularla aynı ölçektedir" ve bireysel davranış topluluğun yapısal organizasyonuna başvuran emirlere dayanır. Antropolog bu davranışın mantığını ortaya çıkarır. Diğer yandan, sosyolog büyük popülasyonların istatistiksel modelleriyle çalışır ve ortalamalar ve eşik değerler tanımlar.[17]

Tümüyle fonksiyonel model cinsinden tanımlanmış bir topluluk Aristocu tabiî hiyerarşi ve düzen fikrine karşılık gelir. Her görevli yükümlü olduğu görevleri yapar. Bu görevler her düzeyde bütün olarak toplumun organizasyonunun değişik cephelerine aktarılır. Kral emirlerini mimara, mimar müteahhide, müteahhid işçilere verir. Her yerde bir usta akıl işler. Tam tersi, termitler ve diğer sosyal böcekler "istatistiksel" modele uyar. Daha önce de gördüğümüz gibi termit yuvasının inşasının arkasında bir usta-akıl yok gibidir; bireyler arası etkileşimler bazı şartlarda belli türde kollektif davranışlar çıkarır, ancak bu kollektif davranışların her biri tümüyle lokal olup, herhangi bir global göreve karşılık gelmezler. Böylesi bir tanımlama kaçınılmaz olarak ortalamaları öngörür ve kararlılık ve çatallaşma problemini yeniden ortaya atar.

Hangi olaylar gerileyip hangileri muhtemelen tüm sistemi etkileyecektir? Seçim şartları nelerdir, ve kararlılık rejimleri nelerdir? Popülasyon hacmi ya da sistemin yoğunluğu çatallaşma parametresi rolü oynayabileceğine göre, salt nicel bir büyüme nitel yeni seçeneklere yol açа

17. C. Levi-Strauss, "Méthodes et enseignement", *Anthropologie structurale* (Paris: Plon), ss. 311-17.

bilir mi? Bu gibi sorular aslında, hırslı bir programı akla getiriyor. *r* ve *K* stratejilerinde olduğu gibi bu sorular da bizim "iyi" bir sosyal davranış ve tarih modeli seçimiyle bağlantı kurmamızı sağlar. Bir popülasyonun evrimi onun daha "mekanik" hale gelmesine nasıl yol açar? Bu soru daha önce biyolojide karşılaştığımız sorulara paralellik gösterir. Meselâ, metabolik reaksiyonların hızlarını ve düzenlemelerini yöneten genetik bilginin seçilimi, sanki amaçlıymış veya bir "mesaj" aktarımıymış gibi belli metabolik yolları diğerlerine nasıl tercih edebilir?

Biz "dalgalanmalı düzen" kavramının ilham ettiği modellerin bu soruların çözümünde yardımcı olacağına ve hatta bazı şartlarda birey ile davranışın kollektif yanları arasındaki kompleks etkileşimin daha kesin biçimde formülasyonunu sağlayacağına inanıyoruz. Fizikçi açısından bakıldığında, bu bir yanda tüm bireysel inisiyatifin önemsizleştiği sistem durumları, öte yanda, bir bireyin, bir fikrin veya yeni bir davranışın global durumu altüst edebileceği çatallaşma bölgeleri arasında bir ayırım yapmayı gerektirir. Hatta bu bölgelerde bile, sıradan bir birey sıradan fikir ya da davranışla hemen amplifikasyon oluşmaz. Ancak, "tehlikeli" olanlar, yani bir önceki rejimin kararlılığını sağlayan doğrusal-dışı ilişkileri kendi lehine kullanabilenlerle oluşur. Böylece *aynı* doğrusal-dışılıkların elementer süreçlerin kaosundan bir düzen çıkarabileceği, ve yine değişik şartlar altında, en sonunda bir başka çatallaşma noktasından ötede yeni bir düzen üretmek üzere, aynı düzenin yıkılmasından sorumlu olabileceği sonucuna gelmiş oluruz.

"Dalgalanmalı düzen" modelleri küçük sebeplerin büyük sonuçlarının olabileceği kararsız bir dünya öngörür, fakat bu dünya keyfî değildir. Tam tersine, küçük bir olayın amplifikasyonuna yol açan sebepler rasyonel sorgulamanın yasal bir konusudur. Dalgalanmalar bir sistemin aktivitesinin dönüşümüne neden olmaz. Maxwell'den esinlenilmiş bir imajı kullanırsak, belli ki, orman yangınından sorumlu olan bir kibrittir, ama bir kibrite göndermede bulunmak yangını anlamamıza yetmez. Kaldı ki, bir dalgalanmanın kontrolden çıkmış olması, onun amplifikasyonunun yol açtığı kararsızlığın sebeplerini lokalize edemeyeceğimiz anlamına gelmez.

AÇIK BİR DÜNYA

Burada ortaya atılan soruların bunca karmaşası karşısında, biyolojik ve sosyolojik evrimin geleneksel yorumlanma biçiminin fizikten alınmış kavram ve metodların özellikle talihsiz biçimde kullanılması[18] —talihsiz, çünkü bu kavramların ve metodların geçerli olduğu fizik sahası çok dar olup bunlarla sosyal veya ekonomik olaylar arasında kurulan analojiler tümüyle yersizdir— demek olduğunu belirtmekten kendimizi alamıyoruz.

Bunun en önde gelen örneği optimizasyon paradigmasıdır. İnsan topluluğunun, idaresinin ve yanı sıra seçilmiş baskıların etkimesinin davranışların bazı yanlarını ve bağlantı biçimlerini optimize etme eğiliminde olduğu açıktır, fakat optimizasyonu popülasyonların ve bireylerin nasıl hayatta kaldıklarını anlamada anahtar olarak görmek, sebepleri sonuçlarla karıştırma tehlikesini göze almak demektir.

Optimizasyon modelleri bu yüzden hem radikal transformasyon olasılığını —yani, bir problemin tanımını ve dolayısıyla aranılan çözümün tipini değiştiren transformasyonlar— hem de sistemi en sonunda bir felakete yol açıcı biçimde çalışmaya zorlayabilecek âtıl kısıtlılıkları gözardı eder. Tıpkı Adam Smith'in görünmez eli gibi doktrinler ya da maksimizasyon veya minimizasyon kriterleri cinsinden yapılan diğer ilerleme tanımları gibi, bu da mutlak kudret sahibi ve rasyonel hesaplayıcı kesin bir tabiat resmi ve global ilerleme ile karakterize tutarlı bir tarih resmi ortaya koyar. Adaleti ve beklenmedik olaylar olasılığını telafi etmek —yani, tarihin açık karakterini telafi etmek— için onun temeldeki belirsizliğini kabul etmek zorundayız. Burada sıçana benzer küçük bir grup memelinin gelişmesine yol açan büyük yok oluşun çok belirgin tesadüfî karakterini bir sembol olarak kullanabiliriz.[19]

Buraya kadar anlattıklarımız daha çok genel bir takdim, bir tür "kuş bakışı" değerlendirme oldu ve ilgi çekici konuların çoğu atlandı: Söz gelimi, alevler, plazmalar ve lazerler büyük teorik ve pratik ilginç-

18. Örneğin bkz., C.E. Russet, *The Concept of Equilibrium in American Social Thought* (New Haven, Conn.: Yale University Press, 1966).
19. S.J. Gould, "The Belt of an Asteroid", *Natural History*, c. 89. No. 1 (1980), ss. 26-33.

likte denge-dışı kararsızlık örnekleridir. Nereye bakarsak bakalım, çeşitlilikte ve yenilikte oldukça zengin bir tabiat görürüz. Bizim tanımlayageldiğimiz kavramsal evrimin kendisi de aslında daha geniş bir tarihin, giderek gelişen zaman tanımları tarihinin içine gömülüdür.

Giderek zamanın yeni farkedilen özelliklerinin fiziğe girdiğini ve bir yandan da klasik bilimde gizli mutlak-bilim arayışının giderek reddedildiğini gördük. Bu bölümde fizikten başlayarak biyoloji ve ekolojiye ve sonunda insan topluluğuna geçtik, fakat pekâlâ bu sırayı tersinden de izleyebilirdik. Aslında, tarih özellikle insan toplulukları üzerinde yoğunlaşarak başladı ve hemen ardından gözler hayatın ve jeolojinin zamansal boyutlarına çevrildi. Bu açıdan zamanın fiziğe girmesinin, tarihin, giderek, tabiî ve sosyal bilimlere yeniden girmesi sürecinin son evresi olduğu görünüyor.

İşin garibi, bu sürecin her evresinde, bu "tarihselleştirme"nin kritik bir yanı bir yerlerde biraz zamansal heterojenlik keşfedilmesi olmuştur. Rönesans'tan bu yana Batı toplumu, gelişmenin değişik evrelerine karşılık geliyor gibi görünmüş değişik popülasyonlarla temasa gelmiştir; ondokuzuncu yüzyıl biyolojisi ve jeolojisi fosilleri keşfetmeyi ve sınıflandırmayı, ve yeryüzünde birlikte varolduğumuz bir geçmişin kalıntılarını farketmeyi öğrenmiş; ve son olarak, yirminci yüzyıl fiziği de bir tür fosil olan ve bize kâinatın başlangıç anlarından haberler getiren siyah-cisim radyasyonu kalıntısını keşfetmiştir. Artık çok iyi biliyoruz ki, birbiriyle kenetli zamanların ve birçok geçmiş zaman fosillerinin beraberce varolduğu bir dünyada yaşıyoruz.

Buradan bir başka soruya geçmek zorundayız. Daha önce hayatın "düşen bir cisim kadar tabiî" başlıyor göründüğünü söylemiştik. Self-organizasyon gibi tabiî sürecin düşen bir cisimle ilgisi ne olabilirdi? Kuvvetler ve yörüngeler bilimi dinamikle canlı süreçler ve bu süreçlerin katıldığı tabiî evrimin bilimi olan karmaşıklık ve oluşma bilimi arasında ne gibi bir bağlantı olabilirdi? Ondokuzuncu yüzyılın sonunda, geri-dönüşsüzlük olgusu sürtünme, viskozite ve ısınma olguları ile ilişkilendirilmişti. Buna göre enerji kayıpları ve artıklarının kökeninde geri-dönüşsüzlük yatıyordu.

O zamanlar geri-dönüşsüzlüğün sadece kendi yeteneksizliğimizin, beceriksiz makinelerimizin bir sonucu olduğu ve tabiatın aslında geri-dönüşlü olduğu kurgusuna katılmak hâlâ mümkündü. Fakat bu artık mümkün değil: Bugün fizik bile bize geri-dönüşsüz süreçlerin yapıcı ve vazgeçilmez rolleri olduğunu söylüyor.

Bu durumda, artık kaçınılmaz olan bir soruya geliyoruz. Bu yeni karmaşıklık bilimi ile, basit elementer davranış bilimi arasındaki ilişki nedir? Bu iki zıt tabiat görüşü arasındaki ilişki nedir? Tek bir dünya için doğru iki bilim, iki ayrı gerçeklik mi vardır? Ve bu nasıl olur?

Bir anlamda, modern bilimin başlangıcına geri döndük sayılır. Şim de tıpkı Newton'un zamanındaki gibi, iki bilim —kanunlara bağlı, zamanla bağlantısız bir tabiat tanımı yapan gravitasyon bilimi ile ateş, kimya bilimi— yine karşı karşıya geldi. Bilimin gerçekleştirdiği ilk sentezin, yani Newtoncu sentezin tam olmasının neden mümkün olamayacağını şimdi anlıyoruz: Dinamiğin tanımladığı etkileşim kuvvetleri maddenin karmaşık ve geri-dönüşsüz davranışını açıklayamaz. *Ignis mutat res*. Bu eski deyişe göre, kimyasal yapılar ateşten oluşmuşlardır, geri-dönüşsüz süreçlerin sonuçlarıdır. Şimdi birbiriyle çelişen, ancak yaşadığımız şu garip dünyanın tutarlı bir tanımına varmak için ikisi de gerekli olan olma ve oluşma kavramları arasındaki boşluğu nasıl dolduracağız?

ÜÇÜNCÜ KİTAP

Varlıktan Oluşa

7

Zamanın Yeniden Keşfi

YENİ FIRSATLARIN DOĞUŞU

Whitehead, "Doktrinler çatışması bir felaket değil, bir fırsattır"[1]der. Bu ifade doğruysa, bilim tarihindeki birkaç fırsat —iki dünyanın yani dinamik dünyası ve termodinamik dünyasının karşı karşıya gelmeleri— oldukça verimli olmuştur.

Sonuçta, yüzlerce yıllık deney birikiminin ve aynı zamanda birbiriyle çakışan teorik araştırma çizgilerinin nihaî sentezi, Newtoncu bilim olarak doğmuştur. Aynı şey termodinamik için de geçerlidir. Bilimin kendi gelişimi, her biri daha sonra kendi içinde giderek artan sayıda su geçirmez bölümlere ayrılan bilimsel disiplinlerin düzenli olarak açılanıp birbirinden ayrılmasından oldukça farklıdır. Tam tersine, değişik problemlerin ve bakış açılarının bir yerde çakışmaları, bölümlenmeleri yıkabilir ve bilimsel kültürün altını üstüne getirebilir. Bu dönüm noktalarının kendi bilimsel bağlamlarının ötesine geçen ve entellektüel çevreyi tümüyle etkileyen sonuçlar verdiği olur. Tersine, global problemler de çoğu kere bilime ilham kaynağı olur.

Varlık ve oluş arasındaki çelişme, doktrinler çatışması, yeni bir sentezin gerektiği yeni bir dönüm noktasına varıldığını işaretler. Her bir parçası en az öncekileri kadar beklenmedik olan böyle bir sentez bugünlerde şekilleniyor. Yine burada da, hepsi de Newtoncu bir bilimsel

1. A.N. Whitehead, *Science and the Modern World*, s. 186.

teori kavramında saklı zorlukları belirlemeye katkıda bulunmuş farklı araştırma çizgilerinin şaşırtıcı bir biçimde çakışmalarını görüyoruz.

Newtoncu bilimin hedefi, ayrı gözlemcilerin gözüne hiçbir farklılık göstermeyecek kadar evrensel, deterministik ve objektif ve zamanın pençesinden kendini kurtarabilecek bir tanımlama düzeyi yakalayacak bütünlükte bir tabiat resmi sunmaktı.

İşte meselenin özüne geldik. "Nedir zaman?" Klasik fiziğin statik zamanı ile kendi hayatımızda yaşadığımız mevcut zaman arasındaki, Kant'tan bu yana gelenekselleşmiş ayırımı kabul etmeli miyiz? Carnap'a göre:

> Bir keresinde, Einstein 'şimdi' probleminin kendisini çok endişelendirdiğini söylemiş ve 'şimdi' deneyiminin insana özgü birşey, geçmiş ve gelecekten özellikle çok farklı bir şey olduğunu, ancak bu önemli ayrımın fizik bilimi içinde olmadığını ve olamayacağını belirtmişti. Bu deneyimin bilim tarafından kavranamaz oluşu onun için sancılı fakat kaçınılmaz bir feragat meselesi olmuştu. Bense objektif olan herşeyin bilimde tanımlanabileceğini farketmiştim; bir yanda, olayların zamansal sırası fizikte tanımlanmıştır; diğer yanda ise, insanın zamana ilişkin deneyimlerinin sıradışılığı geçmişe, şimdiki zamana ve geleceğe yönelik farklı tutumları da dahil olmak üzere psikolojide tanımlanabilir ve (prensipte) açıklanabilir. Fakat Einstein bu bilimsel tanımlamaların bizim insanî ihtiyaçlarımızı karşılayamayacağını; 'şimdi' de, bilim dünyasının dışında çok temelli birşey saklı olduğunu düşünüyordu.[2]

İlginçtir ki, bir anlamda tam tersi bir yol izlemiş olan Bergson da dualistik bir sonuca varmıştır. (Bak. Bölüm III). Einstein gibi, Bergson da sübjektif zamanla işe başlamış ve sonra tabiattaki zamana, fiziğin objektifleştirdiği zamana geçmiştir. Ancak ona göre bu objektifleştirme zamanın yozlaştırılmasını getirdi. Deneyimlenen içsel zamanın nitel özellikleri vardı ve bunlar objektifleştirme sırasında yitirilmişti. Bergson bu yüzdendir ki, *fiziksel zaman* ile içsel zamana karşılık gelen bir kavram olan *süre*yi birbirinden ayırdı.

---

2. *The Philosophy of Rudolf Carnap*, nşr. P.A. Schilpp (Cambridge: Cambridge University Press, 1963).

Ancak iş bu kadarla bitmiyor. J.T. Fraser'in dediği gibi, "Hissedilen zamanla anlaşılan zaman arasındaki ikilik yani bir tür kollektif şizofreni bilimsel-endüstriyel medeniyetin alamet-i farikasıdır".[3] Daha önceden de belirttiğimiz gibi, klasik bilimin bir zamanlar kalıcılığı vurguladığı yerde, artık değişim ve evrim buluyoruz; artık, gökyüzünde Kant'ın yüreğini, en az kendi içinde hükmeden ahlâkî kanunlar kadar hayranlıkla dolduran hareket yörüngeleri görmüyoruz. Artık gökyüzünde garip şeyler var: kuasarlar, pulsarlar, infilak eden ve dağılan galaksiler, patlayarak yakalayabildiği herşeyi bir daha geri vermeyecek şekilde yuttuğu söylenen "kara delikler"e dönüşen yıldızlar.

Zaman yalnızca biyolojiye, jeolojiye ve sosyal bilimlere değil, geleneksel olarak dışlanageldiği iki ölçek düzeyine, mikroskobik ve kozmik ölçeklere de sızdı. Sadece hayatın değil, kâinatın da bütün olarak bir tarihi var; ve bunun çok derin sonuçları var.

Genel relativite açısından yola çıkılarak yapılmış bir kozmolojik modele ilişkin ilk teorik makaleyi 1917'de Einstein yayınladı. Makale, statik, zamansız bir kâinat görüşü veriyordu, yani Spinoza'nın görüşünü fiziğe aktarmıştı. Fakat peşinden o beklenmedik şey geldi. Hemen sonra anlaşıldı ki, Einstein'ın kozmolojik denklemlerinin, başka zaman-yönelimli çözümleri de vardı. Bu keşfi, Rus astrofizikçi A. Friedmann ve Belçikalı G. Lemaitre'e borçluyuz. Aynı sıralar Hubble ve arkadaşları da galaksilerin hareketleri üzerinde çalışıyorlardı ve uzak galaksilerin hareket hızlarının dünyadan uzaklıkları ile doğru orantılı olduğunu göstermişlerdi. Bunun Friedmann'ın ve Lemaître'in genişleyen kâinat fikriyle ilişkisi açıktı. Ne ki, uzun yıllar fizikçiler böylesi "tarihsel" bir kozmik evrim tanımlamasını kabul etmekte çekingen davrandılar. Bizzat Einstein da bu konuda ihtiyatlıydı. Lemaître, sık sık, ne zaman Einstein'la kâinatın başlangıç durumunu daha kesin biçimde belirleme imkânını ve belki orada kozmik radyasyonun açıklamasını bulabileceklerini tartışmak istemişse, Einstein'ın başını çevirdiğini söylerdi.

---

3. J. Fraser, "The Principle of Temporal Levels: A Framework for the Dialogue?" *Scientific Concepts of Time in Humanistic and Social Perspectives* (Bellagio, Haziran 1981).

Bugün artık elimizde yeni bir delil, kâinatımızın başlangıcı olan yüksek yoğunluklu ateş topunun patlayışını aydınlatan ışık, yani şu ünlü siyah-cisim radyasyonu kalıntısı var. Hikâyenin bütünü tarihin bir başka garipliğini de gösterir. Yani, bir anlamda Einstein, kendi arzusunun aksine, fiziğin Darwin'i olmuştur. Darwin bize insanı biyolojik evrim içinde aramamız gerektiğini öğretti; Einstein ise evrimleşen bir kâinat içinde aramamız gerektiğini öğretti. Einstein'ın fikirleri, onu, Columbus'un Amerika'sı gibi hiç ummadığı yeni bir kıtaya götürmüştü. Einstein kendi kuşağının birçok fizikçisi gibi, tabiatta bir yerlerde temel, basit bir düzey olduğu düşüncesine sıkı sıkıya bağlıydı. Ne ki, bu düzey artık deneyle yorumlanabilir olmaktan giderek uzaklaşıyor. Davranışı gerçekten "basit" olan objeler yalnızca kendi günlük dünyamızda, makroskobik düzeyde vardır. Klasik bilim kendi objelerini özenle orta-ölçekli düzeyden seçer. Newton'un seçmiş olduğu ilk objeler —düşen cisimler, sarkaç, gezegensel hareket— basitti. Ancak, artık bu basitlik, bir temel düzeyin göstergesi değildir. Bu basitlik dünyanın geri kalan kısmına uygulanamaz.

Peki, bu kadarı yeter mi? Artık kararlılığın ve basitliğin istisna olduklarını biliyor olduğumuza göre, gerçekte yalnız basit ve kararlı objelere uygulanabilen bir kavramlaşmanın tekelci totaliter iddialarını hiç tanımayalım mı? Dinamikle termodinamik arasındaki uyuşmazlığı niye dert edinelim?

Ancak, Whitehead'in, bilim tarihince sürekli doğrulanan şu sözlerini unutmayalım: Doktrinler çatışması bir fırsattır, felaket değil. Belli konuları, yalnızca gerçeğe geçirilmesi zor idealleştirmelere dayandığı gibi *pratik* gerekçelerle gözardı ettiğimiz sıkça öne sürülür. Bu yüzyılın başında da, bazı fizikçiler, gerçek hayata geçirilemez olduğu gerekçesiyle determinizmden vazgeçmekten söz etmişti.[4] Aslında daha önce de belirttiğimiz gibi, büyük bir sistemdeki moleküllerin kesin konumlarını ve hızlarını asla bilemeyiz; dolayısıyla o sistemin gelecekteki evriminin kesin bir tahmini de imkânsızdır. Daha yakın geçmişte Brillo-

4. Bu konuda bkz., S. Brush, *Statistical Physics and irreversible Processes*, özelikle s. 616-25.

uin kesin tahminin başlangıç kanunlarının kesin bilgisini gerektirdiği ve bu bilginin bedelinin ödenmesi gerektiği şeklindeki alışılmış gerçeğe karşı çıkarak determinizmi yıkmayı umdu; zira determinizmin işlemesi için gerekli kesin tahmin "sonsuz" bir bedel isterdi.

Bu itirazlar akla yakın olmakla birlikte, dinamiğin kavramsal dünyasını etkilemiyor. Gerçekliği aydınlatmada yeni bir ışık yakmıyorlar. Dahası teknolojideki gelişmeler bizi klasik dinamiğin öngördüğü idealizasyona giderek daha da yakınlaştırıyor.

Sanılanın aksine, "imkânsızlıkların" gösterilmesinin temel bir önemi vardır. İmkânsızlıklar bir entellektüel çabayı boşa çıkaracak "*hiç beklenmedik içsel bir gerçeklik*"in keşfine işaret ederler. Bu gibi keşifler, daha önceden uygulanabilir diye hayal edilen bir operasyonun en azından prensipte olabilirliğini ekarte eder. "Hiçbir motorun birden daha büyük verimliliği olamaz", "En azından iki ayrı kaynakla temas halinde olmayan hiçbir ısı motoru kullanılabilir iş üretemez" çok temel kavramsal keşiflere yol açan iki imkânsızlık önermesi örneğidir.

Temodinamik, relativite ve kuantum mekaniği hep birlikte imkânsızlıkların, klasik fiziğin aşmaya çalıştığı sınırlılıkların keşfinden köken almışlardır ve böylece kendi sınırlarına gelip dayanmış bir arayışın sonunu işaretlemişlerdir. Fakat şimdi bu keşiflerin farklı bir ışık altında, bir son değil, bir başlangıç yeni fırsatların açılması olduğunu görebiliyoruz ki, Bölüm IX'da termodinamiğin ikinci kanununun, hatta mikroskobik düzeyde bile geçerli, bir "imkânsızlık"ı ifade ettiğini, fakat orada bile yeni keşfedilmiş bu imkânsızlığın yeni kavramların çıkış noktası haline geldiğini göreceğiz.

EVRENSELLİĞİN SONU

Bir bilimsel tanımlama, tanımlamaya çalıştığı dünyaya ait olan ve fiziksel dünyayı "dışarıdan" birinin bakışına başvurarak yapamayacak bir gözlemcinin başvuru noktaları ile uyumlu olmalıdır. Bu izafiyet kuramının temel gereklerinden biridir. Örneğin, sinyallerin yayılmasında hiçbir gözlemcinin aşamayacağı bir sınır vardır. Aslında, c, ışığın boşluktaki hı-

zı (c= 300.000 km/sn) tüm sinyallerin yayılmasında sınır hızdır. Bu yüzden bu sınır hızının temel bir rolü vardır; bir gözlemcinin bulunduğu noktayı etkileyebilecek bir mekân bölgesinin sınırlarını belirler.

Newtoncu fizikte hiçbir evrensel sabite yoktur. Ki bu onun evrensellik iddiasının, objelerin boyutları ne olursa olsun aynı şekilde uygulanabilir olmasının nedenidir: Atomların gezegenlerin ve yıldızların hareketleri tek bir kanuna bağlıdır.

Ancak, evrensel sabitelerin keşfiyle bir radikal değişime yol açıldı. Işığın hızını, kıyaslama standardı olarak kullanarak, fizik, düşük ve ışık hızına yaklaşan yüksek hızlar arasında bir ayırım yaptı.

Aynı şekilde, Planck sabitesi, *h*'de nesne kitlelerini esas alan bir tabiî ölçek düzeyi belirler. Artık atom küçük gezegensel bir sistem olarak görülemez. Elektronlar, gezegenlerden ve biz de dahil diğer ağır, yavaş-hareket eden makroskobik nesnelerden ayrı özel bir ölçekte yer alır.

Evrensel sabiteler, değişik davranışlara ayrı birer nitelik kazandıran fiziksel ölçekler ortaya koyarak kâinatın homojenliğini yıkmakla kalmaz, yeni bir objektiflik kavramına da kapı açarlar. Hiçbir gözlemci ışığın boşluktaki hızından daha hızlı bir sinyal yayamaz. Böylece Einstein'ın ünlü çıkarımına gelinir: Artık iki ayrı olayın mutlak eş zamanlılığını tanımlayamayız; eş zamanlılık yalnızca belli referans sistemi cinsinden tanımlanabilir. Bu kitabın kapsamı ayrıntılı bir izafiyet kuramı açıklamasına izin vermiyor. Ancak şu kadarını belirtelim ki, Newton kanunları gözlemcinin "fiziksel bir varlık" olduğunu kabul etmiyordu. Objektif tanımlama tam olarak, tanımlayan kişiye göre hiçbir referansının olmaması, diye tanımlanıyordu. Sonsuz bir hızla iletişim kurabilen "fizikdışı" varlıklar için izafiyet kanunları geçersizdi. Relativitenin (izafiyetin) yalnızca fiziksel olarak lokalize gözlemciler için ve belli bir anda yalnızca bir yerde bulunup, bir anda her yerde bulunamayan varlıklar için geçerli bir sınırlılığa dayanıyor olması, bu fiziğe "insansı" nitelik verir. Ancak, bu, onun "sübjektif" fizik olduğu, bizim kendi yönelimlerimizin ve inanışlarımızın sonucu olduğu anlamına gelmez; yalnızca, bizi, tanımlıyor olduğumuz fiziksel dünyanın bir parçası olarak belirleyen iç sınırlılıklara bağlı kalır. O, bir gözlemcinin gözlenen dünya içinde yer aldığını

baştan kabul eden bir fiziktir. Ve tabiatla olan diyalogumuz ancak tabiatın kendi içinde kalarak sürdürülürse başarılı olacaktır.

KUANTUM MEKANİĞİNİN DOĞUŞU

İzafiyet klasik objektiflik kavramını yıktı. Ancak klasik fiziğin bir başka temel karakterine, yani "tam" bir tabiat tasvirine ulaşma idealine dokunmadı. Relativiteden sonra fizikçiler tüm kâinatı dışarıdan gözleyen bir cinden yardım dileyemez oldular, ancak Einstein'ın iddiasına göre, yine de hiç aldatmayan ve zar atmayan bir yüce matematikçi tasavvur edebiliyorlardı. Tabiatın tümüyle tanımı da içinde olan bir kâinat formülü işte bu matematikçinin elindeydi. İzafiyet *(realitivite)* bu anlamıyla klasik fiziğin devamı sayılabilirdi.

Öte yandan, gerçek anlamda geçmişle bağları kıran ilk fizik teorisi kuantum mekaniğidir. Öyle ki, kuantum mekaniği bizi, tabiatın *içine* oturtmakla kalmayıp, makroskobik sayıda atomlardan oluşmuş "ağır" varlıklar diye adlandırır. Işık hızının evrensel sabite olarak alınmasının sonuçlarını daha açık görmek için Einstein kendisini bir fotona binmiş olarak tasavvur etmişti. Fakat, kuantum mekaniği foton veya elektronlara binemeyecek kadar ağır olduğumuzu keşfetti. Kendimizi böyle havaî varlıklar yerine koyup onlarla özdeşleştiremeyiz ve eğer düşünebiliyor olsalar bile, ne düşüneceklerini; birşey hissediyor olsalar bile, ne hissedeceklerini tanımlayamayız.

Kuantum mekaniğinin tarihi de tüm kavramsal keşiflerinki gibi, karmaşık ve beklenmedik olaylarla doludur; ne demek istediği ancak deneylerin zorlamasıyla ve çok problemli bir politik ve kültürel çevrede farkedildikten çok uzun bir süre sonra anlaşılmış bir mantığın tarihidir.[5] Bu tarih şüphesiz ki burada anlatılamaz; varlıktan oluşa ancak şim-

5. Feuer, kültürel bağlamın Bohr'un gençliğinde mekanistik olmayan bir atom modelini aramaya karar vermesinde nasıl yardımcı olduğunu ikna edici bir biçimde göstermiştir; *Einstein and the Generation of Science* (New York: Basic Books, 1974). Yine bkz., W. Heisenberg, *Physics and Beyond* (New York: Harper & Row, 1971) ve D. Serwer, "Unmechanischer Zwang: Pauli, Heisenberg and the Rejection of the Mechanical Atom 1923-1925", *Historical Studies in the Physical Sciences;* c. 8 (1977), ss. 189-256.

dilik onun asıl konumuz olan giden köprünün kurulmasındaki rolünü anlatalım.

Kuantum mekaniğinin doğuşu da aslında kendi içinde böyle bir köprü arayışının bir parçasıdır. Planck madde ve radyasyon arasındaki etkileşimle ilgileniyordu. Çalışmalarının temelinde Boltzmann'ın madde-madde etkileşimi için başardığı şeyi madde-ışık etkileşimi için başarma, yani denge durumuna giden geri-dönüşsüz süreçler için bir kinetik model keşfetme arzusu yatıyordu.[6] Hiç beklemediği biçimde termal dengede geçerli deneysel sonuçlara ulaşmak için madde ve radyasyon arasındaki bir enerji alışverişinin ancak yeni bir evrensel sabiteye bağlı süreksiz adımlarla gerçekleştiğini kabullenmeye zorlandı. Bu evrensel sabite, "*h*", ise buradaki her adımın "büyüklüğü"nün ölçüsü oluyordu.

Birçok olayda olduğu gibi, bu olayda da geri-dönüşsüzlüğün meydan okuması fizikte kritik bir ilerlemeye yol açmış oldu.

Bu keşif, Einstein, Planck sabitesinin, *h*, ilk genel yorumunu yapıncaya kadar bir kenarda bekledi. Einstein bu sabitenin ışığın tabiatına ilişkin derin anlamlar taşıdığını farketti ve bir devrimsel kavram ortaya attı: dalga-parçacık ikiliği.

Ondokuzuncu yüzyılın başından itibaren ışığa kırınım veya girişim olaylarında da açıkça gözlendiği gibi dalga özellikleri atfedilegelmişti. Ancak, ondokuzuncu yüzyılın sonunda, başta fotoelektrik etki —yani, elektronların ışığı emmeleri (*absorption*) sonucu yer değiştirmeleri— olmak üzere yeni bazı olgular keşfedildi. Bu yeni deneysel gözlemlerin geleneksel ışık-dalga özellikleri ile açıklanması çok zordu. Einstein bu bilmeceyi ışığın *hem* dalga *hem* tanecik olduğunu ve ışığın bu iki ayrı cephesinin birbiriyle Planck sabitesiyle ilişkili olduğunu varsayarak çözdü. Tam olarak ifade edersek, bir ışık dalgasının belli bir frekansı, ν ve dalgaboyu λ vardır; işte h, frekans ve dalgaboyundan hareketle enerji, ε, ve momentum, p, gibi mekanik niceliklere geçiş yapmamızı sağ-

6. *Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity, 1984-1912* (Oxford: Clarendon Press ve New York: Oxford University Press, 1978); Thomas Kuhn, Planck'ın kendi çalışmasında Boltzmann'ın geridönüşsüzlüğü istatistiksel açıdan ele alışını izlediğini güzel bir şekilde göstermiştir.

lar. ν ve λ ile ε ve p arasındaki ilişki çok basittir: $\varepsilon = h\nu$, $p = h/\lambda$; her ikisi de h'le ilişkilidir. Bundan yirmi yıl sonra Louis de Broglie bu dalga-tanecik ikiliğini ışıktan maddeye taşıdı: böylece kuantum mekaniğinin modern biçimiyle başladığı noktayı belirledi.

1913'de Niels Bohr yeni kuantum fiziğini atomların (ve daha sonra moleküllerin) yapısıyla ilişkilendirdi. Dalga-parçacık ikiliğinin sonucu olarak, birbirinden ayrı, süreksiz elektron yörüngeleri dizilimi olduğunu gösterdi. Buna göre, bir atom uyarıldığında elektron bir yörüngeden öbürüne sıçrar; işte tam bu anda atom elektronun bu iki ayrı yörüngedeki hareketine karşılık gelen ayrı enerjiler arasındaki fark kadar frekansta bir foton emer ve yayar. İşte bu fark Einstein'ın enerjiyi frekansla ilişkilendiren formülüyle hesaplanır.

Derken fiziğin altın çağına, yani çok şeylere gebe 1925-27 yıllarına geliriz.[7] Bu çok kısa zaman aralığı içinde Heisenberg, Born, Jordan, Schrödinger ve Dirac hep birlikte kuantum fiziğini kendi içinde tutarlı bir teori haline getirdiler. Bu teori son şekliyle Einstein'ın ve de Broglie'nin dalga-parçacık ikiliğini dinamiğin yeni genel bir formu içinde uzlaştırır: kuantum mekaniği. Bizim açımızdan burada önemli olan kuantum mekaniğinin kavramsal benzersizliğidir.

Herşeyden önce "nicelleştirme"nin teorik dile aktarılmasına izin verecek ve klasik fizikte hiç bilinmeyen yeni bir formülasyon ortaya çıkarılmalıydı. Asıl mesele bir atomun ancak farklı elektron yörüngelerine karşılık gelen süreksiz enerji düzeylerinde bulunabiliyor olmasıydı. Özelde, bu artık enerjinin (veya Hamilton'unki) klasik mekanikte olduğu gibi, yalnızca konum ve momentumun bir fonksiyonu olmadığı anlamına geliyordu. Yoksa, konumların ve momentumların hafifçe değiştirilmeleriyle enerji dereceli biçimde değiştirilebiliyor olurdu. Fakat, gözlemlerin gösterdiği gibi, yalnızca süreksiz düzeyler vardı.

Buna göre, Hamilton'un konum ve momentumun bir fonksiyonu olduğu geleneksel fikrinin yerine yeni bir şey konulması gerekiyordu; bu yeni şey ise, kuantum mekaniğinin temel fikri ile Hamilton'un ve

7. J. Mehra ve H. Rechenberg, *The Historical Development of Quantum Theory*, Vols. 1-4 (New York: Springer Verlag, 1982).

koordinatlar, q, ve momentumlar, p, gibi diğer klasik mekanik niceliklerinin artık *operatörlere* dönüşmüş olduğuydu. İşte bu bilimde şimdiye kadar öne sürülmüş en cesur fikirlerden biridir ve şimdi bunu ayrıntılı olarak tartışmak istiyoruz.

Bu fikir, ilk bakışta ne kadar soyut da gözükse aslında basit bir fikirdir. Önce operatörü —bir matematiksel operasyon— ve bu operatörün üzerinde işlediği objeyi —bir fonksiyon— birbirinden ayıralım. Örneğin d/dx diye gösterilen bir türevi bir matematiksel "operatör" olarak alalım ve bunun bir fonksiyon üzerinde —diyelim x^2— işlediğini varsayalım: bu operasyonun sonucu *yeni* bir fonksiyondur— "2x". Ancak bazı fonksiyonlar türeve karşı çok özel biçimde davranır. Meselâ, "e^{3x}"in türevi "$3e^{3x}$"dür; ki burada türevle sadece bir sayı ile çarpılmış —bu örnekte 3— baştaki orijinal fonksiyona dönmüş oluruz. Belli bir operatörle yine kendisini veren fonksiyonlara bu operatörün "asal fonksiyonları" (eigenfunctions) denir, ve operatörün işlemesinden sonra asal fonksiyonun çarpıldığı sayılara da o operatörün "asal değerleri" (eigenvalues) denir.

Böylece varolan her operatöre bir sayısal değerler dizisi, diğer deyişle, bir sayısal değerler "rezervuarı" karşılık gelir; bu; bir dizi operatörün "spektrumu"nu oluşturur. Asal değerler süreksiz bir dizi oluşturduğunda, spektrum "süreksiz"dir. Bu, meselâ, asal değerleri 0,1,2... gibi tüm tamsayılar olan bir operatör olabilir. Spektrum sürekli de olabilir—meselâ, asal değerler 0 ve 1 arasındaki tüm sayılardan oluşmuşsa.

Kuantum mekaniğinin temel kavramı buna göre şöyle ifade edilebilir. Klasik mekanikte varolan tüm fiziksel niceliklere kuantum mekaniğinde bir operatör karşılık gelir, ve bu fiziksel niceliğin alabileceği tüm değerler bu operatörün asal değerleri olur. Burada temel nokta, fiziksel nicelik kavramının (bir operatörle temsil edilir) aldığı sayısal değerlerden (bu operatörün asal-değerleri ile temsil edilir) ayrı bir kavram oluşudur. Özelde, enerji artık bir Hamilton operatörü ile temsil edilecek ve enerji düzeyleri de gözlenen enerji değerleri— bu operatöre karşılık gelen asal değerlerle tanımlanacaktır.

Operatörlerin devreye girmesi fiziğe hiç umulmadık zenginlikte bir

mikroskobik dünyanın kapısını açtı. Ne yazık ki biz, olağanüstü bir muhayyilenin ve deneysel gözlemin öylesine başarıyla birleştiği bu büyüleyici konuya daha fazla yer ayıramıyoruz. Ancak burada şu kadarıyla belirtelim ki, mikroskobik dünyanın tamamen yeni yapıda kanunlarla yönetiliyor oluşu tüm tanımlama düzeylemrinde geçerli tek bir kavramsal şema bulma ümidine böylece ebediyyen son vermiş oldu.

Belli durumları ele almak için icat edilmiş yeni bir matematiksel dilin gerçekten de kendi icatçılarının beklentilerinin de çok ötesine geçerek sürprizlerle dolu yeni araştırma alanları açması mümkündür. Klasik dinamiğin temelini oluşturan diferansiyel hesaplama için aynen böyle bir şey olmuştu. İşte aynı şey operatörler hesabı için de oldu. Beklenmedik deneysel keşiflerin uzantısı olarak başlayan kuantum teorisi kısa sürede kendisinin de yeni içeriklere gebe olduğunu gösterdi.

Operatörler, kuantum mekaniğine sokulmalarından elli yıl sonra bugün bile, hâlâ ne anlama geldikleri konusunda ateşli tartışmalara neden oluyor. Tarihsel olarak bakılırsa, operatörlerin kullanılmaya başlaması enerji düzeylerinin varlığı ile ilişkilidir, ama bugün klasik fizikte bile uygulamaları vardır. Bu, anlamlarının kuantum mekaniğinin kurucularının beklentilerinden öteye geçtiğini gösterir. Şu veya bu sebeple bir dinamikçi hareket yörüngesi nosyonundan ve yanısıra bu yörüngenin ima ettiği determinist tanımlamadan vazgeçilmesi gerektiğinde, artık hemen operatörler çalışmaya başlıyor.

HEISENBERG'İN BELİRSİZLİK İLİŞKİSİ

Kuantum mekaniğinde her fiziksel niceliğe karşılık fonksiyonlar üzerinde işleyen bir operatörün varolduğunu gördük. Bunlar arasında üzerinde çalışılan operatöre karşılık gelen asal-fonksiyonların ve asal değerlerin özel önemi vardır. Asal değerler tam olarak fiziksel niceliğin şimdi alabileceği sayısal değerlere karşılık gelir. Şimdi kuantum mekaniğinin q koordinatları ve p momentleri ile ilişkilendirdiği operatörlere daha yakından bir bakalım; bu koordinatlar Bölüm II'de gördüğümüz gibi kanonik değişkenlerdir.

Klasik mekanikte, bir koordinata momentuma verdiğimiz değerden tümüyle bağımsız bir sayısal değer verebildiğimiz için koordinatlar ve momentumlar birbirinden bağımsız sayılır. Ancak Planck sabitesi *h*'in varlığı bağımsız değişkenlerin sayısında bir indirime gidilmesini öngörür. Ki bunu, Einstein-de Broglie'in daha önce gördüğümüz dalga boyunu momentumla ilişkilendiren $\lambda=h/p$ eşitliğinden yola çıkarak da hesaplayabilirdik. Planck sabitesi *h*, uzunluklar (koordinat kavramıyla çok yakından ilişkilidir) ve momentumlar arasında bir ilişkiyi ifade eder. Dolayısıyla, konumlar ve momentumlar artık klasik fizikte olduğu gibi bağımsız değişkenler olamazlar. Konumlara ve momentumlara karşılık gelen operatörler kuantum mekaniğine dair yazılan tüm ders kitaplarında anlatıldığı gibi, yalnızca koordinatlar cinsinden ya da yalnızca momentumlar cinsinden ifade edilebilir.

Burada önemli olan tüm olaylarda, yalnızca tek tip niceliğin (ya koordinat, ya momentum) görünmesi, ikisinin birlikte görünmemesidir. Bu anlamıyla kuantum mekaniğinin klasik mekaniğin değişkenlerinin sayısını yarı yarıya azalttığını söyleyebiliriz.

Kuantum mekaniğindeki operatörler arası ilişkilerden bir temel özellik çıkar: q_{op} ve p_{op} operatörleri *değişkenlik* özelliği göstermezler —yani, aynı fonksiyona uyarlandıklarında $q_{op}\,p_{op}$'un ve $p_{op}\,q_{op}$'un sonuçları aynı çıkmaz. Bu özellik önemli sonuçlar doğurur, zira yalnızca değişkenlik özelliği gösteren operatörler ortak asal fonksiyonlar alabilir. Bu yüzden, hem koordinatın hem momentumun asal fonksiyonu olabilecek bir fonksiyon tanımlayamayız. Koordinat ve momentum operatörlerinin kuantum mekaniğindeki tanımları gereği *q* koordinatı ve *p* momentumu niceliklerinin ikisinin birden belirli bir değer aldığı bir durum olamaz. Klasik mekaniğe yabancı olan bu durum Heisenberg'in ünlü belirsizlik ilişkisi ilkesi ile ifade edilir. Buna göre, kendimize bir koordinat ve bir momentum seçebiliriz, ama Δq, Δp ile ifade edilen her bir niceliğe ilişkin tahminlerin dağılımı Heisenberg'in $\Delta q\,\Delta p \geq h$ eşitsizliği ile birbirine bağlıdır; örneğin Δq'yu dilediğimiz kadar küçültebilir, yani kesinleştirebiliriz, ama bu defa Δp sonsuza gider; ve Δp küçültüldüğünde Δq sonsuza gider.

Heisenberg'in belirsizlik ilişkisi için yazılan onca şey yanında bizimkisi kabul etmek gerek ki çok basitleştirilmiş bir tartışmadır. Fakat, okuyucularımızın operatörlerin kullanımıyla ortaya çıkan yeni problemi biraz olsun anlamalarını istiyoruz: Heisenberg'in belirsizlik ilkesi nedensellik kavramının yeniden gözden geçirilmesini kaçınılmaz hale getirmiştir. Öyle ki, bir şeyin koordinatını tam olarak belirleyebiliriz, ancak bunu yaptığımız anda momentum pozitif ya da negatif bir keyfi değer alır. Bir başka deyişle objenin pozisyonu bir an için keyfi bir mesafede olur. Böylece lokalizasyonun anlamı bulanıklaşır: Klasik mekaniğin temelini oluşturagelmiş kavramlar köklü bir değişime uğrar.

Kuantum mekaniğinin bu sonuçları Einstein da dahil birçok fizikçiye kabul edilemez geldi; ve anlamsızlıklarını göstermek için çok sayıda deney tasarlandı. Olmayınca, bu kavramsal değişimi minimize edecek bir teşebbüs de yapıldı. Özelde kuantum mekaniğinin temelinin bir şekilde gözlemleme sürecinden gelen küçük sapmalarla bağlantılı olabileceği ileri sürüldü. Buna göre bir sistem koordinatlar ve momentumlar gibi iyi belirlenmiş mekanik parametrelere sahiptir. Ancak bunlardan bazıları ölçüm nedeniyle biraz belirsizleşebilirdi ve Heisenberg'in belirsizlik ilişkisi işte bu ölçüm sürecinin yol açtığı küçük sapmaları ifade ediyor olabilirdi. Klasik realizm bu şekilde hiç dokunulmadan kalıyor ve bize de buna yalnızca pozitivist bir niteleme ilave etmek kalıyordu. Ancak bu çok dar bir görüştür. Gerçekte ölçüm sonuçlarını saptıran kuantum ölçüm süreci değildir. Kaldı ki, daha buraya gelmeden sadece Planck sabitesi bile koordinat ve momentum kavramlarımızı gözden geçirmeye zorlar bizi. Zaten klasik determinizmi yeniden oturtmak için ortaya atılmış lokal gizli değişkenler kabullenmesini test etmek için düzenlenen son deneyler de bunu doğrulamıştır.

Kuantum mekaniğinin bizi bir nesnenin lokalizasyonu hakkında daha az mutlak konuşmaya zorlaması, Niels Bohr'un da sıkça belirttiği gibi, klasik fiziğin realizminden vazgeçmemiz gerektiğini gösterir. Bohr'a göre, Planck sabitesi, bir kuantum sistemi ile ölçüm aracı arasındaki etkileşimi indirgenemez olarak tanımlar. Sayısal değerler verebileceğimiz tek şey ölçme etkileşimi de içinde olmak üzere bir bütün

olarak kuantum olayıdır. Tüm tanımlamalar bu durumda, bir ölçüm aracı seçimini, olaya yöneltilmiş bir özel soru seçimini ima eder. Bu da cevabın, yani ölçüm sonucunun bizi asıl gerçekliğe götürmemesi demektir. Hangi ölçümleri yapacağımıza ve deneylerimizin sisteme hangi soruları soracağına biz karar vermek zorundayız. Buna göre[8], bir sistem için, her biri belli bir operatör takımıyla bağlantılı indirgenemez bir temsil çeşitliliği vardır.

Bu da, klasik objektiflik nosyonundan uzaklaştığımızı gösterir. Zira klasik görüşte tek "objektif" tanımlama sistemi gözlemleme tekniğinin seçiminden etkilenmeksizin *olduğu gibi* anlatan tam tanımlamadır.

Bohr her fırsatta ölçüm süreciyle gelen *pozitif* seçimin orijinalliğini vurgulardı. Ona göre, fizikçi dilini, makroskobik deneysel aracını seçmek zorundadır. Bu fikrini, Bohr, bir bakıma Heisenberg belirsizlik ilişkisinin uzantısı sayılabilecek olan bütünleyicilik (*complementarity*)[9] ilkesi ile ifade etti. Koordinatları ya da momentumları tek tek ölçebiliriz; ama ikisini birlikte asla. Belirli değerler verilebilecek değişkenleri dile getiren hiçbir teorik dil tek başına bir sistemin fiziksel içeriğini kapsayamaz. Sistem hakkındaki çeşitli olası diller ve bakış açıları birbirlerini bütünleyici olabilirler. Nihayet bunların hepsi de aynı gerçekliği ucundan köşesinden tutar, fakat hepsini de tek bir tanımlamaya indirgemek imkânsızdır. Böylece, aynı gerçeklik üzerindeki perspektiflerin indirgenemez çokluğu gerçekliğin tümüyle görünür olduğu bir yüce, tanrısal bakış açısının da imkânsızlığını gösterir. Ne var ki bütünleyicilik ilkesinin verdiği ders henüz fizik müfredatına alınmadı. Bohr kuantum mekaniğinin anlamının her zaman başını döndürdüğünü söy-

8. Kuantum mekaniğindeki gizli değişkenler için yakın zamanlarda yapılmış deneylerdeki kavramsal çerçeve için bkz., B. D'Espagnat, *Conceptual Foundations of Quantum Mechanics*, ikinci baskı, nşr. (Reading, Mass.: Benjamin, 1976). Yine bkz., B. D'Espagnat, "The Quantum Theory and Reality", *Scientific American*, c. 241 (1979), ss. 128-40.

9. Tamamlayıcı ilke için bkz., B. D'Espagnat, a.y.; M. Jammer, *The Philosophy of Quantum Mechanics* (New York: John Wiley & Sons, 1974); ve A. Peterson, *Quantum Mechanics and the Philosophical Tradition* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1968). C. George ve I. Prigogine, "Coherence and Randomness in Quantum Theory", *Physica*, c. 99 A (1979), ss. 369-82.

lerdi. Doğrusu, genel anlayışın rahatlatıcı tek düzeliğinden uzaklaştıkça bizim de başımız dönüyor.

Bütünleyicilik ilkesinden alınacak, ve belki de diğer bilgi alanlarına da aktarılabilecek asıl ders gerçekliğin tek bir dilden, tek bir mantıksal çerçeveden taşan zenginliğinin, çeşitliliğinin vurgulanması olmalıdır. Her ayrı dil gerçekliğin yalnızca bir kısmını ifade edebilir. Meselâ, müzik, Bach'dan Schönberg'e kadar onca eserle, onca beste stiliyle tüketilememiştir.

Buraya kadar operatörlerin önemini vurguladık, çünkü operatörler fiziğin çalıştığı gerçekliğin yalnızca verilmiş değil, aynı zamanda zihinsel bir tasarım da olduğunu gösterir. Burada koordinat ve momentumun operatörlerle matematiksel olarak temsil edilen soyut nosyonları ile deneylerle ulaşılabilecek sayısal realizasyonlarını birbirinden ayırmamız gerek. Zira, "iki kültür" arasındaki karşıtlığın sebeplerinden biri de bilimin objektif "gerçekliği" edebiyatın da gerçekliğin kavramsal düzeyini, yani "kurgu"yu ifade ediyor sanılması olmuştur. Oysa kuantum mekaniği bize işin bu kadar basit olmadığını söyler. Gerçeklik tüm düzeylerinde temel bir kavramsallaşma elemanını da içinde barındırır.

KUANTUM SİSTEMLERİNİN ZAMANSAL EVRİMİ

Bundan sonra kuantum sistemlerinin zamansal evrimini tartışarak yolumuza devam edeceğiz. Hamilton'ların klasik mekanikte olduğu gibi kuantumda da temel rolleri vardır. Önce de gördüğümüz gibi, kuantum mekaniğinde Hamilton'un yerini Hamilton operatörü H_{op} alır. Bu enerji operatörü bir yandan asıl değerleriyle enerji düzeylerine karşılık gelip, bir yandan da bizzat sistemin zamansal evrimini belirleyerek merkezî bir rol üstlenir. Kuantum mekaniğinde, klasik mekaniğin kanonik eşitliklerinin oynadığı rolü Schrödinger eşitliği oynar; bu eşitlik kuantum durumunu H_{op} operatörünün ψ dalga fonksiyonuna uygulanmasının sonucu olarak karakterize eden fonksiyonun zamansal evrimini ifade eder (aslında, bunun dışında burada ifade edemeyeceğimiz başka fonksiyonlar da var tabii). Burada "dalga fonksi-

yonu" deyimi dalga-parçacık ikiliğinin tüm kuantum fiziğinin temelinde yattığını bir kez daha vurgulamak için seçilmiştir. ψ, Hamiltonca belirlenen tanecik tipi bir eşitliğe göre evrim gösteren bir *dalga genliği*dir. Schrödinger eşitliği de klasik fiziğin kanonik eşitliği gibi *geri-dönüşlü* ve *deterministik* bir evrimi ifade eder. Buna göre, dalga fonksiyonunun geri dönüşlü değişimi bir yörüngedeki geri-dönüşlü harekete karşılık gelir ve eğer belli bir andaki dalga fonksiyonu bilinirse Schrödinger eşitliği önceki ya da sonraki anlardan herhangi birinin hesaplanmasını sağlayabilir. Bu açıdan, durum klasik mekaniğinkiyle tıpa tıp benzerlik gösterir. Zira, kuantum mekaniğinin belirsizlik ilişkileri zamanı içermez. Zaman sadece bir sayısal değer olarak kalır, bir operatör değildir ve Heisenberg'in belirsizlik ilişkilerinde yalnızca operatörler yer alabilir.

Bir bakıma, kuantum mekaniği klasik mekaniğin değişkenlerinin sadece yarısıyla ilgilenir. Sonuç olarak, klasik determinizm uygulanamaz hale gelir ve kuantum fiziğinde istatistiksel değerlendirmeler merkezî rol üstlenir. İstatistiksel değerlendirmelerle de ancak dalga yoğunluğu $/\psi/^2$ (genişliğin karesi) yoluyla temasa geçebiliriz.

Kuantum mekaniğinin standart istatistiksel yorumu şöyle devam eder: Bir operatörün —diyelim H_{op} enerji operatörü— asal fonksiyonlarını ve bunlara karşılık gelen asal değerlerini ele alalım. Genelde, ψ dalga fonksiyonu enerji operatörünün asal fonksiyonu olmaz, ama asal fonksiyonların üstüste çakışması olarak ifade edilebilir. Her asal fonksiyonun bu üstüste çakışmadaki nisbî ağırlığı ona karşılık gelecek olası asal değerlerin görünme olasılıklarını hesaplamamızı sağlar.

Burada yine klasik teoriden köklü bir sapma göze çarpıyor: yalnızca olasılıklar tahmin edilebilir, tek tek olaylar değil. Bu, bilim tarihinde olasılıkların tabiatın bazı temel özelliklerini açıklamak için ikinci kez kullanılışı oldu. Olasılıkları ilk kez Boltzmann entropi yorumunda kullanmıştı. Burada yine de geriye bir subjektif bakış açısı gediği kalır; bu durumda "yalnızca" ele aldığımız sistemlerin karmaşıklığı karşısındaki cahilliğimiz bizi tam bir tanımlamaya ulaşmaktan alıkoyuyordu. (İleride artık bu tür bir yaklaşımın da üstesinden gelinebileceğini göreceğiz.) Ancak burada da, olasılıkların kullanılması daha önceleri

olduğu gibi, çoğu fizikçiye, —Einstein da dahil— kabul edilemez geldi. Tıpkı geri-dönüşsüzlükte olduğu gibi yine cehaletimize başvurarak bir çıkış yolu bulunmuş gibi görünüyordu: Kendi yeteneksizliğimiz bizi tıpkı geri-dönüşsüzlükten sorumlu yaptığı gibi, kuantum dünyasındaki istatistiksel davranıştan da sorumlu tutuyordu.

Böylece yine bir defa gizli değişkenler problemine dönmüş olduk. Ancak daha önce de söylediğimiz gibi bu tür değişkenlerin ortaya atılmasını haklı gösterecek hiçbir delil olmadığı gibi, olasılıkların rolü şimdilik asla indirgenemez gibi gözüküyor.

Schrödinger eşitliğinin determinist bir tahmine götürdüğü tek bir örnek vardır: ψ'nin, asal fonksiyonların üstüste çakışması değil de tek bir taneye *indirgendiği* durum. Özelde, ideal bir ölçüm sürecinde, bir sistemi belli bir ölçümün sonucunu tahmin edebilecek biçimde hazırlayabiliriz. O zaman o sistemin ona karşılık gelen asal fonksiyonla tanımlandığını biliriz. Ve buradan hareketle, sistemin ölçüm sonucunun gösterdiği asal durumda oluşu kesin biçimde saptanabilir.

Kuantum mekaniğindeki ölçüm sürecinin, bugünlerde oldukça dikkati çeken özel bir anlamı vardır. Varsayın ki, aslında asal fonksiyonların üstüste çakışması olan bir dalga fonksiyonu ile işe başladık. Ölçüm sürecinin bir sonucu olarak, hepsi aynı dalga fonksiyonu ile temsil edilen bu tek sistemler kolleksiyonunun yerini ölçülebilir nitelikte değişik asal değerlere karşılık gelen bir dalga fonksiyonların kolleksiyonu alır. Teknik olarak ifade edersek, burada, bir ölçüm, tek bir dalga fonksiyonundan (bir "sade" durumdan) bir karışıma geçişe yol açar.

Bohr ve Rosenfield'in[10] tekrar tekrar işaret ettikleri gibi, her ölçüm kendi içinde bir *geri-dönüşsüzlük* unsuru; örneğin, "veriler"in kaydedilmesine denk gelen kimyasal süreçler gibi geri-dönüşsüz olgulara bir başvuru taşır. Kayda geçirme sürecine, mikroskobik bir olayın makroskobik bir düzeyde —yani, ölçüm cihazının göstergesini okuyabileceğimiz bir düzeyde— bir etkiye neden olduğu bir amplifikasyon eşlik eder. Ölçme işlemi, işte bu yüzden bir geri-dönüşsüzlüğü öngörür.

10. L. Rossenfeld, "The Measuring Process in Quantum Mechanics", *Supplement of the Progress of Theoretical Physics* (1965), s. 222.

Bu, bir bakıma klasik fizikte de böyleydi. Ancak; kuantum mekaniğinde, ölçümün geri-dönüşsüz karakteri sorunu klasik mekanikte olduğundan daha ciddi bir sorundur; çünkü kuantum fiziğinin formülasyonu düzeyinde sorular sordurur.

Bu probleme genelde takınılan tavır, kuantum mekaniğinin, birbirine bağlı ve indirgenemez iki sürecin, yani Schrödinger eşitliğinin tanımladığı geri-dönüşlü ve sürekli evrimle, dalga fonksiyonunun ölçüm sırasında asal fonksiyonlardan birine geri dönüşsüz ve süreksiz olarak indirgenişi sürecinin beraberce varolduklarını öne sürmekten başka seçeneği olmadığı şeklindedir. Böylece iş gelip bir paradoksa dayanır. Geri-dönüşlü Schrödinger eşitliği ancak *tanımı gereği* tanımlayamadığı geri dönüşsüz ölçümlerle test edilebilir. Bu nedenledir ki, kuantum mekaniğinin kapalı bir yapıya kavuşması imkânsızdır.

Bu zorluklar karşısında, bazı fizikçiler, sistemin doğallık kanununu, yani "objektif" geri-dönüşlülüğü kıran evrimini *bizim* —yani *bizim* ölçümlerimiz ve hatta kimilerine göre, *bizim* zihnimiz— belirlediğimizi önesürerek yeniden subjektivizme sığındılar.[11] Diğer fizikçilerse, Schrödinger eşitliğinin "tam" olmadığı ve ölçümlerin geri-dönüşsüz karakterini hesaba katması için eşitliğe yeni terimler eklenmesi gerektiği sonucuna vardılar. Ayrıca, Everett'in çoklu-dünya hipotezi gibi (d'Espagnat, ref. 8) daha da olasılık dışı birtakım "çözümler" de önerildi. Ancak, kuantum mekaniğinde geri-dönüşlülüğün ve geri-dönüşsüzlüğün birlikte var olması, bize göre, dinamik dünyayı kendine yeterli olarak tanımlayan klasik idealleştirmenin mikroskobik düzeyde imkansız olduğunu gösteriyor. Kuantum sistemini tanımlamak için kullandığımız dilin, ölçüm araçlarımızın işleyişini tanımlayan makroskobik kavramlardan ayrılamaz olduğunu söylerken, Bohr işte bunu kastediyordu. Schrödinger eşitliği ayrı bir gerçeklik düzeyi tanımlamaktan çok ait olduğumuz makroskobik dünyayı veri sayar.

11. Klasik zihnin kabusu olan kuantum mekaniğinin paradoksları için bkz., d'Espagnat ve Jammer'in kitaplarına. Zira bu paradoksların hepsi (Schrödinger'in kedisi, Wigner'in arkadaşı, çoğul evrenler) kapalı nesnel bir kuram (burada Schrödinger eşitliği kisvesinde) fikrini canlandırmaktadır.

Kuantum mekaniğindeki ölçme problemi, bu yüzden, bu kitabın konusu olan problemlerden birinin —Hamilton yörüngeleri ve Schrödinger denklemiyle tanımlanan basit dünya ile geri-dönüşsüz süreçlerin karmaşık dünyasının birbiriyle bağlantısı— cephesidir.

Bölüm IX'da, geri-dönüşsüzlüğün, klasik fiziğe yörünge kavramıyla ilgili bir idealleştirmenin yetersiz kalışıyla girdiğini göreceğiz. Kuantum mekaniğindeki ölçme problemi de aslında aynı türden bir çözüme duyarlıdır.[12] Gerçekte, dalga fonksiyonu bir kuantum sistemi ile ilgili maksimum bilgiyi ifade eder. Klasik fizikte olduğu gibi, bu maksimum bilginin objesi geri-dönüşlü bir evrim denklemi kurmaya yeterlidir. Her iki durumda da, maksimum bilgiye karşılık gelen objeyi daha az ideal kavramlarla değiştirmek gerektiğinde geri-dönüşlülük devreye girer. Fakat bu ne zaman olur? İşte bu, Bölüm IX'da tekrar döneceğimiz geri-dönüşsüzlüğün fiziksel mekanizmaları ile ilgili bir sorudur. Ancak, buraya gelmeden önce çağdaş bilimin geçirdiği yenileşmenin diğer bazı özelliklerini bir özetleyelim.

DENGE DIŞINDA BİR KÂİNAT

Bu bölümde anlatılan iki bilimsel devrim de c ve h evrensel sabitelerini klasik fizik çerçevesi içinde bir yere oturtma çabaları ile başladı. Bu da, bazıların burada anlattığımız çok kapsamlı sonuçlar doğurdu. Diğer açılardan bakıldığında, izafiyet ve kuantum mekaniği Newtoncu mekanikte ifade edilen temel dünya görüşüne yakın gibi görünür. Özellikle de zamanın rolü ve anlamı sözkonusu olduğunda bu böyledir. Kuantum mekaniğinde bir dalga fonksiyonunun sıfır anındaki değeri biliniyorsa, gelecekteki ve geçmişteki değerleri, ψ (t), belirlenmiştir. Benzer biçimde, izafiyet kuramında dört-boyutlu bir notasyon (mekan için üç, zaman için bir boyut) kullanılarak zamanın *statik* geometrik karakteri öne çıkarılır. Min-

12. B. Mısra, I. Prigogine ve M. Courbage, "Lyapounov Variable; Entropy and Measurement in Quantum Mechanics", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, c. 76 (1979), ss. 4768-4772. I. Prigogine ve C. George, "The Second Law as a Selection-Principle: The Microscopic Theory of Dissipative Processes in Quantum Systems", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, c. 80 (1983), 4590-94.

kowski'nin 1908'de kesin biçimde ifade ettiği gibi, "tek başına mekan ve tek başına zaman salt birer gölgemsi duruma dönüşürler, ve ancak ikisinin bir tür birleşimi bağımsız bir gerçekliği oluşturabilir... ancak bunun içindeki bir dünya varlığını sürdürebilir."[13]

Fakat, son elli yıl içinde bu durum derinlemesine bir değişimden geçti. Kuantum mekaniği temel parçacıkları ve bunların dönüşümlerini incelemenin temel aracı haline geldi. Ne ki, birkaç yıl içinde ortaya çıkan temel parçacıkların başdöndürücü çeşitliliğini anlatmak bu kitabın kapsamı dışında kalıyor.

Ancak şu kadarını hatırlayalım ki, Dirac, hem kuantum mekaniğini hem izafiyeti kullanarak *m*, kütleli ve *e* yüklü her parçacığı aynı kütlede fakat zıt yüklü bir parçacıkla birlikte düşünmemiz gerektiğini göstermişti. Halen, yüksek enerji hızlandırıcılarında, elektronların antiparçacığı pozitronlar ve yanısıra anti-protonlar üretiliyor. Anti-madde artık parçacık fiziğinin genel konularından biri oldu. Parçacıklar ve anti-parçacıklar birbirleriyle çarpıştıklarında foton dediğimiz, ışıkla ilişkili kütlesiz parçacıklar üreterek, birbirlerini yok ederler. Kuantum teorisinin denklemleri parçacık-anti-parçacık alış-verişleri açısından, veya daha kesin ifadesiyle, CPT simetrisi diye bilinen daha zayıf bir gereklilik açısından simetriktirler. Bu simetriye rağmen, etrafımızdaki dünyada parçacıklar ve anti-parçacıklar arasında belirgin bir simetrisizlik vardır. Biz insanlar parçacıklardan yapılmış olduğumuz halde, anti-parçacıklara laboratuvarlarda nadiren rastlanır. Parçacıklar ve anti parçacıklar eşit miktarda olmuş olsaydı, tüm madde yok olurdu. Bizim galaksimizde anti-madde olmadığına dair güçlü deliller var, ama uzak galaksilerde olma ihtimali inkâr edilemez. Sanki, kâinatta parçacıklarla anti-parçacıkları birbirinden ayıran anti-parçacıkları bir yerlerde saklayan bir mekanizma varmış gibi düşünebiliriz. Ancak, maddenin anti-maddeye tümüyle baskın olduğu "simetrik olmayan" bir kâinatta yaşıyor olmamız daha olasıdır.

Bu nasıl olabilir? Bu durumu açıklayan bir modeli 1966'da Sakha-

13. H. Minkowski, "Space and Time", *The Principles of Relativity* (New York: Dover Publications, 1923).

rov sunmuştu ve bugün bu yolda yapılan çok sayıda çalışma mevcuttur.[14] Bu modelin temel bir unsuru, maddenin oluşumu sırasında kâinatın *dengedışı şartlarda* olması gerektiğidir; zira denge durumunda, Bölüm V'de tartıştığımız kütle etkisi kanunu, eşit miktarda madde ve anti-madde gerektirecekti.

Burada vurgulamak istediğimiz şey, artık, denge dışılığın yeni, kozmolojik bir boyut kazanmış olduğudur. Denge-dışılık ve onunla bağlantılı geri-dönüşsüz süreçler olmasaydı, kâinat bugün tamamen farklı bir yapıda olurdu. Gözle görünür, ele avuca alınır miktarda madde olmaz, yalnızca madde ve anti-maddenin birbirlerine üstün geldiği bazı yerlerde dalgalanıp duran azıcık birşeyler olurdu.

Kuantum teorisi, böylece evrensel sabite, h'in varlığını da hesaba katacak biçimde yeniden düzenlenmiş bir mekanistik teori olarak başlayıp, temel parçacıkların karşılıklı dönüşümlerini öngören bir temel teoriye dönüştü. Son zamanlarda, bir "birleşik temel parçacıklar teorisi" formüle etme çabaları çerçevesinde, proton dahil, *tüm* madde parçacıklarının kararsız oldukları bile öne sürüldü (gerçi, protonun yarı ömrü bu durumda, 10^{30} yıl gibi olağanüstü bir süre olacaktır). Hareket bilim olan mekanik, böylece, bir temel tanımlama düzeyine karşılık gelmek yerine, yalnızca proton gibi parçacıkların çok uzun ömürleri nedeniyle işe yarayan bir tür eğretileme durumuna düşer.

İzafiyet kuramı da aynı dönüşümlerden geçti. Daha önce de anlattığımız gibi, öncelikle zamansızlığı öne çıkaran bir teori olarak başladı. Ve bugün artık, kâinatın termal tarihinin incelenmesinde kâinatın şimdiki yapısına yol açan mekanizmalar hakkında delil toplayan temel aracımızdır. Zaman problemi, geri dönüşsüzlük problemi yüzünden, yeni bir önem kazandı; ilk kez formüle edildiği mühendislik ve uygulamalı kimya alanlarından temel parçacıklardan kozmolojiye kadar tüm fiziğe yayıldı.

Bu kitabın bakış açısıyla, kuantum mekaniğinin önemi mikroskobik fiziğe olasılığı sokmasında yatar. Bu, Bölüm V'de tartışıldığı gibi,

14. A.D. Sakharov, *Pisma Zh. Eksp. Teor. Fiz.*, c. 5, No. 23 (1967).

kimyasal reaksiyonları tanımlayan stokastik süreçlerle karıştırılmamalıdır. Kuantum mekaniğinde, dalga fonksiyonu ölçüm süreçleri haricinde, determinist biçimde evrimleşir.

Görüldüğü gibi, kuantum mekaniğinin formülasyonundan bu yana geçen elli yıl içinde, denge dışı süreçlerin çalışılması dalgalanmaların stokastik unsurların mikroskobik boyutta bile önemli olduğunu gösterdi. Bu kitapta, tekrar tekrar fiziğin yeni kavramlaşmasının bugün deterministik, geri-dönüşlü süreçlerden stokastik ve geri dönüşsüz süreçlere doğru ilerlediğini belirttik. Biz kuantum mekaniğinin işte bu gelişim süreci içinde ortalarda bir yeri işgal ettiğine inanıyoruz. Orada olasılıklar vardır, ama henüz geri-dönüşsüzlük yoktur. Bölüm IX'da da anlatacağımız gibi biz, bu yolda bir sonraki adımın geri-dönüşsüzlüğün makroskobik düzeye sokulması olacağını umuyoruz. Klasik geleneği, gizli değişkenler veya başka yollarla yeniden canlandırma çabalarının rağmına deterministik tabiat tanımlamalarından daha da uzaklaşılması ve istatistiksel, stokastik bir tanımlamanın benimsenmesi gerektiğine inanıyoruz.

8

Doktrinlerin Çatışması

OLASILIK VE GERİ-DÖNÜŞSÜZLÜK

Göreceğimiz gibi, fizikçi, hemen her yerde kendi bilimini, sanki ona ideallerine tümüyle aykırı bir insanbiçimci unsur kattığının farkındaymış gibi, tek-yönlü zaman kullanımlarından arındırmıştır. Bununla beraber, önemli bazı olgularda, tek-yönlü zamana ve tek-yönlü nedenselliğe başvurulduğu oldu, ama ileride de göreceğimiz gibi, hep yanlış bazı doktrinleri destekleme adına.

G.N. LEWIS[1]

Bence, tabiat kanunları arasında en yüce konumda olan entropinin artışı kanunudur— termodinamiğin ikinci kanunu. (Sözgelimi), biri size çok sevgili kâinat kuramınızın Maxwell kanunları ile çatıştığını söylemiş olsun —yazık, Maxwell denklemleri adına kötü haber. Veyahut kuramınızın onca gözlemle uyuşmadığı farkedilmiş olsun— ah, şu deneyciler de herşeyi yüzlerine gözlerine bulaştırırlar. Yok, eğer teorinizin termodinamiğin ikinci kanunu ile ters düştüğü anlaşılmışsa, size boş yere ümit veremem; teorinizin derin bir utanç içinde yıkılmaktan başka çaresi yok.

A.S. EDDINGTON[2]

---

1. G.N. Lewis, "The Symmetry of Time in Physics", *Science*, c. 71 (1930), s. 570.
2. A.S. Eddington, *The Nature of the Physical World* (New York: Macmillan, 1948), s. 74.

Clausius'un termodinamiğin ikinci kanunun formüle etmesiyle termodinamik ile dinamik arasındaki ayırım daha da belirginleşti. Fizikte, termodinamik ile dinamiğin ilişkisinden daha çok ve daha yoğun tartışılmış bir başka problem yok gibidir. Clausius'dan tam yüzelli yıl sonra bugün bile aynı problem hâlâ büyük heyecan uyandırır. Üstelik gerçekliğin ve zamanın anlamıyla çok ilişkili olduğu için kimse bu tartışmada tarafsız kalamaz. Bu durumda modern bilimin anası olan dinamik bazı termodinamik kanunlar hatırına tümüyle terkedilmeli miydi? Bu, ondokuzuncu yüzyılda büyük nüfuzları olmuş "enerjetikçi"lerin görüşüydü. Peki, ikinci kanunu Newton ve haleflerinin kurduğu o muhteşem çatıyı yıkmadan, bir kenara bırakmadan yeniden düzenlemenin bir yolu olamaz mıydı? Dinamiğin tanımladığı bir dünyada entropiye ve nasıl bir rol biçilmeliydi?

Bu sorulara Boltzmann'ın getirdiği cevaplardan daha önce söz etmiştik. Boltzmann'ın ünlü $S=k \log P$ denklemi entropi ile olasılığı ilişkilendirir: entropi büyür, çünkü olasılık büyür. Hemen belirtelim ki, bu bakış açısıyla, ikinci kanun büyük pratik öneme sahiptir, ama hiçbir temel anlam taşımaz. Martin Gardner o mükemmel kitabı *Ambidextrous Universe*'de şöyle yazar: "Kimi olaylar yalnızca tek yönde ilerler, ama bu öbür yönde gidemedikleri için böyle değil, öbür yönde gitmeleri son derece olasılık dışı olduğu için böyledir."[3] Buna göre, daha da olasılık dışı olayları ölçme yeteneğimizi geliştirerek, ikinci kanunu dilediğimiz kadar küçük bir rol oynamaya itebiliriz. Bu, bugünlerde çokça benimsenen bir bakış açısıdır. Ama, Planck'ın bakış açısı bu değildi:

> İkinci kanunun geçerliliğinin bir şekilde fizikçi ya da kimyacının gözlemleme ve deney yapma becerisine bağlı olduğunu düşünmek pek saçma olur. İkinci kanunun özünün deneyle hiçbir ilişkisi yoktur. Kanun, kısaca, *tabiatta, tüm tabii süreçlerde aynı anlamda değişim gösteren bir nicelik olduğunu* söyler. Bu genel biçimiyle ifade edilen önerme doğru da olabilir, yanlış da; ama yeryüzünde düşünen ve ölçüm yapan birtakım varlıklar olsa da, olmasa da, ve kabul edelim ki varlar, ve fiziksel veya kimyasal süreçleri bizden, bir, iki veya yüz de-

3. M. Gardner, *The Ambidextrous Universe: Mirror Asymmetry and Time-Reversed Worlds* (New York: Charles Scribner's Sons, 1979), s. 243.

> simal daha duyarlıkla ölçüyor olsalar da, olmasalar da, bu kanun, her hâlûkârda böyle kalacaktır. Eğer bu kanunun bir sınırlılığı varsa, bu kanunun temel fikrinin kaynaklandığı aynı yerde, yani gözlenen tabiatta olmalıdır, gözleyende değil. İnsanın deneyiminin bir kanunun çıkarsanmasına kaynak yapılmasının hiçbir yararı yoktur; çünkü bu zaten bizi tabîat kanunları bilgisine ulaştıran tek yolumuzdur.[4]

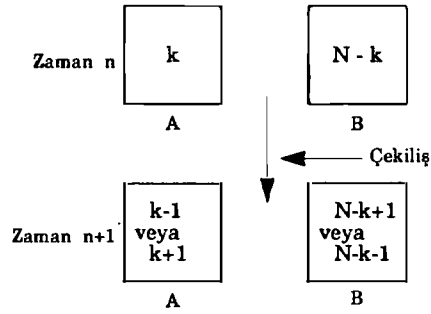
Ne var ki, Planck'ın bu görüşleri bir süre izole kaldı. Daha önce de belirttiğimiz gibi, çoğu bilim adamı ikinci kanunu, eğretilemelerin sonucu, subjektif görüşlerin fiziğin kesin dünyasına sokulması olarak değerlendirdi. Meselâ, Bohr, hâlâ kulaklarda kalan bir cümlesinde şöyle belirtmişti: "Geri-dönüşsüzlük cahilliğin fiziğin temel kanunlarına sokulmasının sonucudur."[5]

Bu bölümde amacımız, ikinci kanuna ilişkin yorumların gelişimindeki bazı atlama taşlarına işaret etmek olacak. Bunun için, önce bu problemin neden bu kadar zor gözüktüğünü kavramaya çalışacağız. Bölüm IX'da ise, ikinci kanunun radikal orijinalliğini ve objektif anlamını açıkça ifade ettiğini umduğumuz yeni bir yaklaşımı sunacağız. Vardığımız sonuç Planck'ın görüşüyle uyuşacak, ve ikinci kanunun, dinamiğin muhteşem çatısını yıkmak bir yana, ona yeni bir temel unsur eklediğini göstereceğiz.

Önce, Boltzmann'ın olasılık ve entropi ilişkilendirmesini bir açıklayalım. Bunun için, önce P. ve T. Ehrenfest'in öne sürdüğü "kap modeli"ni ("*urn model*")[6] bir anlatalım. *A* ve *B* gibi iki kap arasında dağılmış *N* sayıda nesneler (meselâ, toplar) düşünelim. Düzenli zaman aralıklarında (meselâ, her saniyede bir) rastgele bir top seçelim ve bir kaptan diğerine geçirelim. Varsayalım ki, bir n anında A'da k tane top, B'de de N-k tane top olsun. Buna göre, n+1 anında, A'da ya k+1, ya k-1 tane top olacaktır. $k \rightarrow k$-1 için k/N ve $k \rightarrow k$+1 için 1-k/N kadar geçiş olasılığı-

4. M. Planck, *Treatise on Thermodynamics* (New York: Dover Publications, 1945), s. 106.
5. K. Denbin'ın alıntısı, "How Subjective Is Entropy?", *Chemistry in Britain*, c. 17 (1981), ss. 168-85.
6. Örneğin bkz., M. KAC, *Probability and Related Topics in Physical Sciences* (Londra: Interscience Publications, 1959).

mız vardır. Oyuna devam ettiğimizi varsayalım. Sonuçta, topların rastgele değiş tokuşları sonucu Boltzmann'ın belirttiği anlamda en olası dağılıma ulaşırız. Eğer N sayısı yeterince büyükse, sonunda her kapta eşit sayıda, yeni $N/2$ tane top olacak bir dağılıma ulaşırız. Bunu elementer hesaplamayla veya aynı deneyi tekrarlayarak da doğrulayabiliriz.



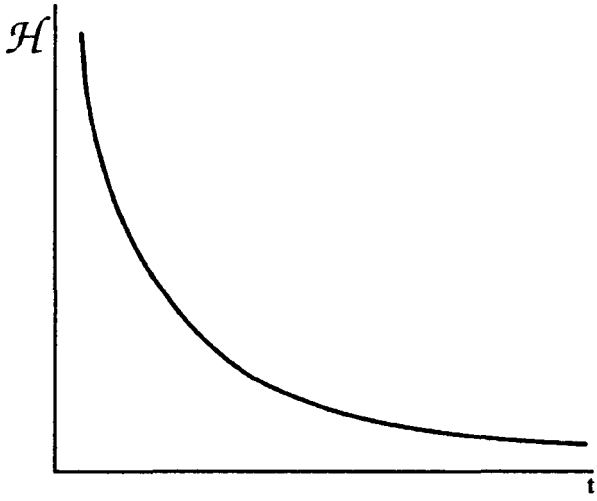
Şekil 23: Ehrenfest'in kap modeli, N sayıda top A ve B kapları arasında dağılmış durumda. n anında, A'da k sayıda, B'de $N-k$ sayıda top var. Düzenli aralıklarla, rastgele herhangi bir kaptan bir top alınıp diğerine konulur.

Ehrenfest modeli, bu gibi süreçleri ilk tanımlayanlardan biri olan (diğeri, Poincaré'ydi) büyük Rus matematikçisi Markov'a atfen adlandırılmış bir "Markov süreci" (ya da Markov "zinciri") örneğidir. Bu süreçlerin karakteristik özellikleri, kısaca, *sistemin önceki tarihinden bağımsız* kesin olarak belirlenmiş geçiş olasılıklarının varolmasıdır.



Şekil 24: Ehrenfest'in kap modelinde dengeye ($k=N/2$) yaklaşma (şematik temsil).

Markov zincirlerinin çarpıcı bir özelliği vardır: entropi cinsinden tanımlanabilirler. A'da k sayıda top bulma olasılığına $P(k)$ dersek, bunu entropinin Bölüm IV'de tartıştığımız özelliklerine tam olarak sahip olan bir $\mathcal{H}$ niceliğiyle ilişkilendirebiliriz. Şekil 25 bu niceliğin evriminin bir örneğini verir. $\mathcal{H}$ niceliği tıpkı bir izole sistemin entropisi gibi zaman boyunca tekdüze olarak değişir. Entropi, S zamanla artarken, $\mathcal{H}$'in azaldığı doğrudur, fakat bu bir tanımlama meselesidir: $\mathcal{H}$, $-S$ rolünü oynar.



Şekil 25: Ehrenfest modeline karşılık gelen $\mathcal{H}$ niceliğinin zaman içindeki evrimi. Bu nicelik monoton olarak azalır ve uzun bir süre gözden kaybolur.

Bu $\mathcal{H}$ niceliğini daha detaylı olarak incelemekte yarar görüyoruz: ($\mathcal{H}$ niceliği) belli bir anda ve denge durumunda (her kaptaki topların sayısının $N/2$ oluşu) mevcut olasılıklar arasındaki farkın ölçüsüdür. Ehrenfest kap modelinde kullanılan muhakemeyi genelleştirebilir ve, meselâ, bir karenin parsellenmesini —yani, kareyi birbirleriyle ilişkisiz birkaç bölgeye bölmeyi— ele alabiliriz. Kareye bir takım parçacıkların dağılmış olduğunu varsayıp, bir parçacığı k bölgesinde bulma olasılığına $P(k,t)$ diyelim. Benzer şekilde, kare içinde tekdüze dağılıma ulaşıldığı anda bu

niceliğe, $P_{eqm}(k)$ diyelim. Kap modelinde olduğu gibi burada da kesin belirli geçiş olasılıkları olduğunu varsayalım. Buna göre, $\mathcal{H}$ niceliğinin tanımı söyledir:

$$\mathcal{H} = \sum_k P(k,t) \log \frac{P(k,t)}{P_{eqm}(k)}$$

Bu formüldeki $P(k,t) / P_{eqm}(k)$ oranına dikkat edin. Varsayın ki, sekiz ayrı bölge var ve $P_{eqm}(k)=1/8$ dir. Sözgelişi, tüm parçacıklar birinci bölgedeyken çekilişe başlamış olalım. Bu durumda, $P(k,t)$ değerleri, $P(1,t)=1$ ve diğerleri sıfır şeklinde olacaktır. Sonuçta, $\mathcal{H}=\log(1/(1/8))=\log 8$ olduğunu görürüz. Zaman ilerledikçe, parçacıklar eşit olarak dağılmış hale gelir, ve $P(k,t) = P_{eqm}(k)=1/8$ olur. Sonuç olarak, $\mathcal{H}$ niceliği kaybolur. Şekil 25'de görüldüğü gibi, $\mathcal{H}$ değerindeki azalmanın tekdüze olarak ilerlediği gösterilebilir. (Stokastik süreçler teorisiyle ilgilenen tüm ders kitaplarında bu durum gösterilir.) Bu yüzdendir ki $\mathcal{H}$, $-S$ rolünü oynar. $\mathcal{H}$'in tekdüze azalışının anlamı çok basittir: Sistemin giderek tekdüzeleşmesinin ölçüsüdür. Bir başka deyişle, başlangıç bilgisi kaybolur, ve sistem "düzen"den "düzensizliğe" doğru evrimleşir.

Markov sürecinin, Şekil 24'de de açıkça görüldüğü gibi, dalgalanmaları öngördüğüne dikkat edin. Yani, eğer yeterince uzun bir süre beklersek, başlangıç durumunu yeniden elde edebiliriz. Ancak burada ilgilendiğimiz şey ortalamalardır. Tekdüze olarak azalan $\mathcal{H}_M$ niceliği bireysel olaylar cinsinden değil, *olasılık dağılımları* cinsinden ifade edilir. Geri-dönüşsüz biçimde evrimleşen olasılık dağılımıdır (Ehrenfest modelinde, dağılım fonksiyonu hep binomial bir dağılım olma eğilimindedir). Dolayısıyla, Markov zincirleri, dağılım fonksiyonları düzeyinde, '*zamanda tek yönlülüğe* yol açar.

Bu zaman oku, Markov zincirleri ile, dalga fonksiyonu olasılıklarla ilişkili olduğu halde *geri-dönüşlü olarak* evrimleşen kuantum mekaniğindeki zamansal evrim arasındaki farkı belirler. Aynı zamanda, Markov zincirleri gibi stokastik süreçlerle geri-dönüşsüzlük arasındaki yakın ilişkiyi gösterir. Ancak, entropinin artışı (veya $\mathcal{H}$'in azalışı) tabiat kanun-

larında varolan zaman okuluna değil, elimizdeki bilgiyi (geçmişi değil de) geleceği tahmin etmek için kullanma kararımıza dayanır. Gibbs bunu her zamanki hicivli üslubu ile şöyle ifade eder:

> Önceden ve sonradan olan olaylar arasında matematiksel kurgular açısından hiçbir fark olmayabilirken, gerçek dünyanın olayları açısından durum tam tersidir. Kendi örneklerimiz gerçek dünyadaki olasılıkları göstermek amacıyla seçildiğine göre, hiç unutulmamalı ki, sonraki olayların olasılıkları çoğu kez önceki olayların olasılıklarından yola çıkarak belirlenebilir, ancak önceki olayların olasılıklarının sonraki olaylarınkinden yola çıkarak hesaplanabildiği durumlar pek nadirdir, zira önceki olayların geçmişteki olasılıkların, dikkate almamakta pek nadiren mazur görülürüz.[7]

Bu, oldukça büyük tartışmalara yol açmış çok önemli bir tesbittir.[8] Olasılık hesaplamaları aslında zaman-yönelimlidir. Geleceğin tahmini geçmişin tahmininden farklıdır. Hepsi bundan ibaret olsaydı, gelecek ve geçmiş arasındaki ayırım sadece bize bağlı olacağı için subjektif bir geri-dönüşsüzlük yorumunu kabullenmeye zorlandığımız sonucuna varmamız gerekirdi. Başka deyişle, subjektif geri-dönüşsüzlük yorumunda (ki, bilgi teorisiyle yapılan anlaşılmaz analojiyle daha da pekiştirilmiştir) sistemin evrimini karakterize eden zamansal asimetriden gözlemci sorumludur. Gözlemci, kompleks bir sistemin tüm parçacıklarının konumlarını ve hızlarını bir bakışta belirleyemeyeceğine göre, sistemin geçmişini ve geleceğini beraberce içeren anlık durumu bilemeyeceği gibi, kendisinin sistemin bir andan diğerine kadar göstereceği gelişimi tahmin etmesini sağlayacak geri-dönüşlü kanunları da kav-

---

7. J. W. Gibss, *Elementary Principles in Statistical Mechanics* (New York: Dover Publications, 1960), Bölüm XII.

8. Örneğin S. Watanabe, düşünülecek edilecek dünya üzerinde aktif amiller olarak bizlerin çalışacağı dünya arasında keskin bir ayırım yapar. Bu şahıs, bizim dünya üzerindeki hareketlerimizle bağlantılı olmayan bir entropi artışından bahsetmenin anlamlı olamayacağını belirtir. Ancak fizik sadece üzerinde çalıştığımız dünyaya ait olduğundan Watanabe'nin ayırımı "mikroskobik deterministik simetri" ile "makroskobik olasılık simetriği" arasındaki ilişkiyi açıklamamızda bize yardımcı olamaz. Böylece soru cevapsız kalmaktadır. Güneşin geridönüşsüz olarak yandığını anlamlı bir biçimde nasıl söyleyebilirz? Bkz., S. Watanabe, "Time and the Probabilistik View of the World", *The Voices of Time*, nşr. J. Fraser (New York: Braziller, 1966).

rayamaz. Böylece, hayalî cin gibi, hızlı ve yavaş hareket eden parçacıkları birbirinden ayırıp, sisteme daha az tekdüze sıcaklık dağılımına doğru giden anti-termodinamik bir evrim dayatamayacağına göre, sistemi manipüle edemez de.[9]

Termodinamik kompleks sistemler bilimidir, fakat bu açıdan bakıldığında, kompleks sistemlerin tek özgül yanı onlara dair bilgimizin sınırlı oluşu ve bilgisizliğimizin zamanla artışıdır. Bilim adamı, böyle baktığında geri-dönüşsüzlük olgusunda tabiatı gözlemciye bağlayan bir şey farkedeceği yerde, tabiatın sadece kendi cehaletine ayna olduğunu kabullenmeye zorlanır. Tabiat sessizdir; geri-dönüşsüzlük ayaklarımızı fiziksel dünyaya bastırmak bir yana, insanoğlunun çabasının ve bu çabanın sınırlılıklarının yansımasından ibarettir.

Ancak, burada, hemen bir itiraz yükselebilir. Bu kabil yorumlara kalırsa, termodinamik de tıpkı cehaletimiz gibi evrensel olmak zorundadır. Buna göre, *sadece* geri-dönüşsüz süreçlerin varlığından söz-edebilmeliydik. İşte bu çıkarım, başlangıç (veya sınır) şartlarına cehaletimizde odaklaşan tüm evrensel entropi yorumlarının önündeki engeldir. Zira *geri-dönüşsüzlük evrensel bir özellik değildir.* Dinamik ve termodinamiği birbirinden ayırmak için geri-dönüşlü ve geri-dönüşsüz süreçleri birbirinden ayıracak bir fiziksel kritere ihtiyaç vardır.

Bu sorunu Bölüm IX'a bırakıp, bilim tarihine ve Boltzmann'ın öncü çalışmasına dönelim.

BOLTZMANN'IN ÇIKIŞI

Boltzmann'ın bilime temel katkıları 1872'den, yani, Markov zincirlerinin bulunmasından otuz yıl kadar öncesinden başlar. Boltzmann'ın amacı bir "mekanik" entropi yorumu çıkarmaktı. Başka deyişle, Markov zin-

9. Maxwell'in cini şurada görülebilir: J.C. Maxwell, *Theory of Heat* (Londra: Longmans, 1871), bölüm XXII; yine bkz., E. Daub, "Maxwell's Demon" ve P. Heimann"Molecular Forces, Statistical Representation and Maxwell's Deman" ikisi de şurada yer almaktadır: *Studies in History and Philosophy of Science*, c. I (1970; bu sayı tamamen Maxwell'e ayrılmıştır.

cirlerinde geçiş olasılıkları, meselâ, Ehrenfest modelinde olduğu gibi, dışarıdan verilirken, bu defa bunları sistemin kendi dinamik davranışı ile ilişkilendirmek gerekiyordu. Boltzmann bu probleme kendini öylesine kaptırmıştı ki, bilim hayatının çoğunu bu yolda harcadı. Kitabı *Popülare Schriften*'de,[10] şöyle yazıyordu: "Eğer biri bana bu yüzyıla ne isim vermek gerektiğini sorsaydı, hiç tereddütsüz 'Darwin yüzyılı' diye cevaplardım". Boltzmann evrim düşüncesinden çok derinlemesine etkilenmişti ve tüm emeli maddenin evriminin "Darwin"i olmaktı.

Mekanikçi entropi yorumuna doğru atılan ilk adım moleküllerin veya atomların "çarpışmaları" kavramını yeniden fiziğe sokmak yanısıra da istatistiksel bir tanımlamanın mümkün olduğunu gündeme getirmek oldu. Ki, bu adımı Clausius ve Maxwell çoktan atmışlardı. Çarpışmalar süreksiz olaylar olduğuna göre, bunlar sayılabilir ve ortalama sıklıkları bulunabilirdi. Çarpışmalar aynı zamanda sınıflandırılabilirdi de —meselâ, belli bir v hızlı bir parçacık üreten çarpışmalarla, v hızlı bir parçacığı yok ederek değişik hızda moleküller üreten çarpışmaları ("doğrudan" ve "tersine" çarpışmaları) birbirinden ayırmak mümkündür.[11]

Maxwell, moleküllerin hızlarını hiç durmaksızın değiştiren çarpışmaların bu hızların *dağılımında*, —yani, her hız değerine karşılık gelen ortalama parçacık sayısında— değişmeleri artık belirlemeyecek bir gaz durumu tanımlamanın mümkün olup olmayacağını sorarak işe başlamıştı. Tüm popülasyon çapında farklı çarpışmaların birbirinin etkisini iptal ettiği hız dağılımı hangisiydi?

---

10. L. Boltzmann, *Populäre Schriften*, yeni nşr. (Braunschweig-Wiesbaden: Vieweg, 1979). "Boltzmann's Scientific Research Program and Its Alternatives", *Interaction Between Science and Philosophy* (Atlantic, Highlands, N. J.: Humanities press, 1974) adlı makalesinde Elkana'nın da vurguladığı gibi Darwinyen evrim fikri, Boltzmann'ın bilimsel bilgiye ilişkin görüşünde— yani enerjicilere karşı mekanistik modelleri savunmasında— açıkça büyük oranda ifade edilmiştir. Örneğin bkz., onun 1886'da yayınlanmış "The Second Law of Thermodynamics", *Theoretical Physics and Philosophical Problems*, nşr. B. McGuinness (Dordrecht, Hollanda: D. Reidel, 1974) adlı çalışmasına.

11. Yakın geçmişteki bir izah için bkz., I. Prigogine, *From Being to Becoming-Time and Complexity in the Physical Sciences* (San Francisco: W. H. Freeman & Company, 1980).

Maxwell, çok geçmeden bir termodinamik denge-durumu olan bu özel durumun, hız dağılımı "sosyal fizik"in kurucusu Quetelet'in rastgeleliğin ifadesi olarak gördüğü ünlü "çan eğrisi" veya "Gauss eğrisi"ne benzediği zaman gerçekleştiğini gösterdi. Maxwell'in bu teorisi gazların davranışına ilişkin bazı temel kanunların basit bir yorumunu yapmamızı sağladı. Buna göre, sıcaklıkta bir artış moleküllerin ortalama hızında bir artışa, dolayısıyla, moleküllerin hareketi ile ilişkili enerjinin artışına karşılık gelir. Sonraki deneyler Maxwell'i büyük bir kesinlikle doğruladılar ve bu kanun halen fiziksel kimyadaki sayısız problemin (meselâ, reaktif bir karışımdaki çarpışmaların sayısının hesaplanması) çözümüne temel olmaya devam ediyor.

Ancak, Boltzmann'ın niyeti daha da ileri gitmekti. Yalnızca denge *durumunu* değil, dengeye doğru *evrimi* —yani, Maxwell dağılımına doğru evrimi— de tanımlamak istiyordu. Entropinin artışına karşılık gelen moleküler mekanizmayı, sistemi rastgele hız dağılımından dengeye götüren mekanizmayı keşfetmek istiyordu.

Boltzmann fiziksel evrim problemini, tamamen kendine özgü bir seçimle, tek tek hareket yörüngeleri düzeyinde değil de, molekül popülasyonu düzeyinde ele aldı. Boltzmann bu yaklaşımın Darwin'in misyonunu fizikte icra ettireceğine inanıyordu; biyolojik evrimin itici gücü de —tabiî seçilim— tek tek bireyler için değil ancak yeterince büyük bir popülasyon için geçerlidir. Dolayısıyla, burada sözkonusu olan bir istatistiksel kavramdır.

Boltzmann'ın çıkarımları nisbeten basit terimlerle anlatılabilir. Mekanın belli bir bölgesindeki ve t zamanındaki v hızlarının dağılım fonksiyonunun $f(v,t)$ evrimi iki etkinin toplamının sonucuymuş gibi gözükür; belli bir t zamanındaki v hızlı parçacıkların sayısı hem parçacıkların serbest hareketlerine, hem de parçacıkların kendi aralarındaki çarpışmalara göre değişir. İlk etki klasik dinamik terimleriyle kolayca hesaplanabilir. Boltzmanın metodunun orijinalliği ise çarpışmalardan kaynaklanan ikinci etkinin keşfinde yatar. Hareket yörüngelerinin (ki, buna etkileşimler de dahildir) izlenmesinin zorlukları karşısında Boltzmann, Bölüm V'de (kimyasal reaksiyonlara ilişkin olarak) özetlenen kavramlara benzer kavramlar kullanma, ve v hızında bir mo-

lekül üreten veya yok eden çarpışmaların *ortalama* sayısını hesaplama yoluna gitti.

Burada da yine zıt etkili iki süreç vardır: v' ve v'' hızlarında iki molekülden başlayarak v hızlı bir molekül üreten "doğrudan" çarpışmalar ve v''' hızlı bir molekülle çarpışma sonucu v hızlı bir molekülün yok edildiği "tersine" çarpışmalar. Kimyasal reaksiyonlarda olduğu gibi (bak Bölüm *v* konu 1) bu gibi olayların sıklığının bu süreçlere katılan moleküllerin sayısının çarpımıyla orantılı olduğu düşünülür. (Bu arada tarihsel konuşmak gerekirse, Boltzmann'ın metodunun [1872] kimyasal kinetiğin keşfinden önce geldiğini de hatırlatalım.)

Boltzmann'ın vardığı sonuçlar Markov zincirinde elde edilenlere oldukça benzerdir. Buraya da, yine, ama bu defa hız dağılımını, f, referans alan bir $\mathcal{H}$ niceliği okuyoruz. Buna göre, $\mathcal{H} = \int f \log f \, dv$ şeklinde bir eşitlik yazılabilir. Yine, bu nicelik dengeye varıncaya kadar zamanla sadece azalabilir ve hız dağılımı Maxwell denge-durumu dağılımı biçimini alır.

Son yıllarda, $\mathcal{H}$'in zamanla tekdüze azalışına ilişkin çok sayıda sayısal sağlama deneyi yapıldı, ve hepsi de Boltzmann'ın tahminini doğruladı. Boltzmann'ın kinetik eşitliğinin bugün bile gaz fiziğinde önemli rolü vardır; Boltzmann'ın ısı kondüksiyonu veya diffüzyonuyla ilgili transport katsayıları deneysel verilerle büyük uyum içinde kalır.

Ancak, Boltzmann'ın başarısının büyüklüğü onun kavramsal yanından gelir: Termodinamiğin ikinci kanununun temelini oluşturduğunu daha önce gördüğümüz geri-dönüşlü ve geri-dönüşsüz olaylar arası ayırım böylelikle artık mikroskobik düzeye de taşınmıştır. Moleküllerin serbest hareketlerinden kaynaklanan hız dağılımı değişimi bu ayırımın geri-dönüşlü olgular tarafına, çarpışmalardan kaynaklanan ise geridönüşüz olgular tarafına düşer. Boltzmann için bu yorum mikroskobik entropi yorumunun anahtarıydı. Moleküler evrimin bir ilkesi ortaya çıkarılmıştı artık! Bu keşfin, Planck, Einstein ve Schrödinger dahil, Boltzmann'dan sonraki tüm fizikçiler üzerindeki büyüleyici etkisini bu açıdan daha kolay anlayabiliyoruz.[12]

12. Planck, *Scientific Autobiography* adlı çalışmasında Boltzman'la ilişkilerinin nasıl değiştiğini (ki Boltzman, Planck'ın geridönüşlü ve geridönüşsüz süreçler arasın- ➡

Boltzmann'ın çıkışı *süreçler* fiziğinin yönünün çizilmesi yolunda kritik bir adım oldu. Boltzmann'ın eşitliğinde zamansal evrimi belirleyen artık kuvvetlerin türüne göre değişen Hamilton'lar değil; tam tersine, süreçlere ilişkin fonksiyonlar —meselâ, saçılmanın kesit alanı— hareket üretecektir. Tüm bunlardan geri-dönüşsüzlük probleminin çözülmüş olduğu ve Boltzmann'ın teorisinin entropiyi dinamiğe indirgediği sonucunu çıkarabilir miyiz? Cevap açıktır: HAYIR, problem çözülmüş değil. O halde gelin probleme daha yakından bir bakalım.

BOLTZMANN'IN YORUMUNUN SORGULANMASI

Boltzmann, 1872'de, araştırmasını yayınlar yayınlamaz itirazlar yükselmeye başladı. Gerçekten Boltzmann geri-dönüşsüzlüğü dinamikten "çıkarsamış" mıydı? Geri-dönüşlü yörünge kanunları nasıl olur da geri-dönüşsüz bir evrime yol açardı? Boltzmann'ın kinetik eşitliği şu veya bu şekilde dinamikle bağdaşır nitelikte miydi? ve kolayca görüldüğü gibi Boltzmann'ın eşitliğindeki simetri klasik mekaniğin simetrisi ile açıkça çelişiyordu.

Daha önce, hızın tersleşmesinin ($v \rightarrow -v$) klasik dinamikte zamanın tersleşmesiyle ($t \rightarrow -t$) aynı etki yapacağını görmüştük. Bu, klasik dinamiğin temel bir simetrisidir ve dağılım fonksiyonunun zaman boyunca değişimini tanımlayan Boltzmann kinetik eşitliğinin de bu simetriyi paylaşmasını bekleriz. Ama böyle olmaz, Boltzmann'ın hesaplarındaki çarpışma terimi *hız tersleşmesine göre değişmezlik* gösterir. Bunun çok basit bir fiziksel nedeni vardır. Boltzmann'ın hesaplarında geleceğe doğru ilerleyen bir çarpışmayı geçmişe doğru ilerleyenden ayıracak birşey yoktur. Ki bu, aynı zamanda, Poincaré'nin Boltzmann'ın çıkarımına yönelttiği itirazın temelini oluşturur; zira, doğru bir hesaplama asla kendi

---

da yapmış olduğu fenomenolojik ayırıma karşı çıkmıştı) anlatmaktadır. Yine bu konuda bkz., Y. Elkana a.y. ve S. Brush, *Statistical Physics and Irreversible Processes*, s. 640-51, Einstein için, a.y., ss. 672-74; Schrödinger için, E. Schrödinger, *Science, Theory and Man* (New York: Dover Publications, 1957).

öncülleriyle çelişen sonuçlar vermez.[13-14] Önce de işaret ettiğimiz gibi, Boltzmann'ın dağılım fonksiyonu için elde ettiği kinetik eşitliğin simetri özellikleri dinamiğinkiyle çelişir. Dolayısıyla, Boltzmann entropiyi dinamikten "çıkarsamış" olamazdı. Boltzmann, dinamik için yeni, dinamiğe yabancı bir şey ortaya atmış olmalıydı. Bu yüzden, çıkarsadığı sonuçlar, kullanışlı olsa da, sadece, dinamikle doğrudan ilişkili olmayan bir fenomenolojik modeli temsil ediyor olabilirdi. Bu, aynı zamanda, Zermelo'nun (1896) Boltzmann'a getirdiği itirazdı.

Loschmidt'in itirazı ise Boltzmann'ın kinetik modelinin *geçerlilik sınırlarını* belirleme imkânı verir. Loschmidt bu modelin gerçekten de $v \rightarrow -v$ dönüşümüne karşılık gelen bir hız tersleşmesinden sonra geçerli olamayacağını gözlemledi (1876).

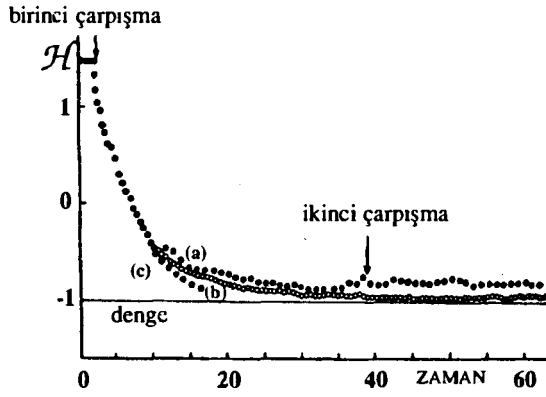
Bunu şöyle bir düşünce deneyi ile açıklayalım. Denge-dışı şartlarda bir gazımız olsun ve bu gaz t_0 anına kadar evrimleşsin. Daha sonra hız değerlerini tersine çevirelim. Sistemi bu durumda, geçmiş durumuna yönelir ve sonuçta, Boltzmann entropisi t=0'da ve t=$2t_0$'da aynı olmuş olur.

Bu tür düşünce deneylerini çoğaltabiliriz. Meselâ, bir hidrojen ve oksijen karışımı ile başlarsak, bir süre sonra su meydana gelir. Buna göre, hızları tersine çevirirsek hidrojenli ve oksijenli ama susuz başlangıç durumuna geri dönüyor olmamız gerekir.

İlginçtir ki, laboratuvarda veya bilgisayar temsilleriyle, gerçek bir hız tersleşmesi gerçekleştirebiliriz. Meselâ, Şekil 26 ve 27'de, bir tarafta izotropik hız dağılımına sahip olan iki boyutlu sert kürelerle başlayan bir evrim için Boltzmann'ın $\mathcal{H}$ niceliği hesaplandı ve sonuçlar Boltzmann'ın tahminlerini doğruladı.

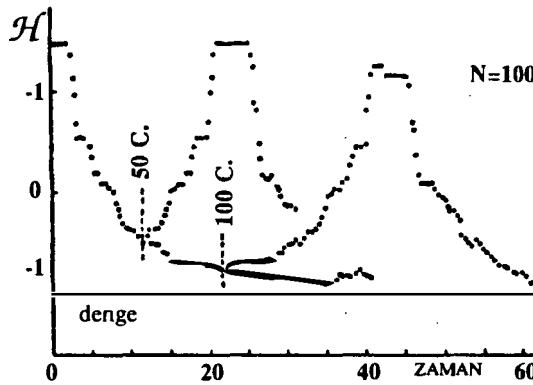
---

13. H. Poincaré "La mécanique et l'expérience", *Revue de Métaphysique et de Morale*, c. 1 (1893), ss. 534-37, H. Poincare, *Leçons de Thermodynamique*, nşr. J. Blondin (1892; Paris: Hermann, 1923).
14. Boltzmann'ın entropisi üzerindeki tartışmalar için bkz., S. Brush, *The Kind of Motion We Call Heat*, a.y., ve Planck'ın biyografisindeki görüşlere (Loschmidt, Planck'ın öğrencisiydi).



Şekil 26: Bilgisayar temsiliyle, N tane "sert küre" için $\mathcal{H}$ niceliğinin zamanla evrimi (a) N= 100'e (b) N=484'e, (c) N= 1225'e karşılık gelir.

Eğer elli ya da yüz çarpışmadan sonra, —ki, bu seyreltik bir gazda 10^{-6} saniye tutar— hızlar tersine çevrilirse yeni bir küme elde edilir.[15] Hız tersleşmesinden sonra, artık Boltzmann'ın $\mathcal{H}$ niceliği azalmak yerine artar.



Şekil 27: Elli ya da yüz çarpışmadan sonra hızlar ters çevrildiğinde $\mathcal{H}$'in evrimi, temsil 100 "sert küre" ile yapıldı.

15. I. Prigogine, C. George, F. Henin ve L. Rosenfeld, "A Unified Formulation of Dynamics and Thermodynamics", *Chemica Scripta*, c. 4 (1973), ss. 5-32.

Benzer bir durumu *spin eko* deneylerinde veya *plazma eko* deneylerinde de elde edebiliriz. Orada, aynı zamanda sınırlı bir zaman aralığı içinde, Boltzmann'ın kasdettiği anlamda bir "anti-termodinamik" davranış da gözlenebilir.

Fakat hatırlatalım ki, hız tersleşmesi deneyi tersleşmeden sonraki t_0 zaman aralığı büyüdükçe daha da zorlaşır.

Geçmişini geriye doğru izleyebilmesi için gazın 0'dan t_0'a kadarki zaman aralığında başından geçen herşeyi hatırlayabilmeli; bir bilgi "depolaması" yapmış olmalıdır. Bu depolanmayı parçacıklar arası korelasyonlar cinsinden ifade edebiliriz. Korelasyonlar problemini Bölüm IX'a bırakarak, şimdilik Boltzmann'ın hesaplamalarında eksik olan şeyin işte bu korelasyonlar ve çarpışmalar arası ilişki olduğunu hatırlatarak yetinelim. Loschmidt bu tesbitle karşısına çıktığında, Boltzmann başka çıkış yolu olmadığını kabul etmek zorunda kalmıştı: Zıt yönde gerçekleşen çarpışmalar daha önce yaptıklarını "geri sarar" ve sistem kendi başlangıç durumuna dönmek zorunda kalır. Dolayısıyla $\mathcal{H}$ fonksiyonu başlangıç değerine gelinceye kadar yine artıyor olmalıdır. Böylelikle, hız tersleşmesi problemi Boltzmann'ın hesaplamalarının uygulanabilir olduğu ve uygulanamaz olduğu durumlar arasında bir ayırım yapmaya zorlar.

Problem ilk kez ortaya atıldığında (1894), bu sınırlılığın tabiatını tanımlamak kolaydı.[16] [17] Boltzmann'ın istatistiksel modelinin geçerliliği moleküllerin çarpışmadan *önce* birbirlerinden *bağımsız olarak* hareket ettiği kabullenmesine dayanıyordu. Ve bu da başlangıç şartlarına ilişkin "moleküler kaos" denen bir kabullenmeyi oluşturuyordu. Hız tersleşmesi ile elde edilen başlangıç şartları ise bu kabullenmeye zorlanırsa, bu, belli moleküllerin hız tersleşmesi anında birbirlerinden ne kadar uzak olursa olsunlar, önceden belirlenebilir bir anda buluşacak şekilde ve o anda önceden belirli bir hız değişimine uğrayacak şekilde "kaderlerinin belirlendiği" bir tür yeni bir "anormal" durum oluştururdu.

16. D. Park, *The Image of Eternity: Roots of Time in the Physical World* (Amherst, Mass.: Univ. of Mass, Press, 1980).
17. Yine bu konuda bkz., S. Brush, *The Kind of Motion We Call Heat* 1. Kitap, *Physics and the Atomists;* 2. Kitap, *Statistical Physics and Irreversible Processes* (Amsterdam: North Holland Publishine Company, 1976); ayrıca onun şerhli antolojisine, *Kinetik Theory;* c. I, *The Nature of Gases and Heat;* c. II, *Irreversible Processes* (Oxford: Pergamon Press, 1965 ve 1966).

Hız tersleşmesi, bu yüzden, son derece organize bir sistem oluşturur ve dolayısıyla moleküler kaos kabullenmesi yıkılır. Çok çeşitli çarpışmalar sanki önceden belirlenmiş bir ahenkle görünüşte amaçlı bir davranış üretir.

Fakat dahası vardı. Düzenden düzensizliğe geçişin işareti neydi? Ehrenfest'in kaplar deneyinde bu bellidir— sistem tekdüzeliğe erişinceye kadar evrimleşir. Fakat diğer durumlar bu kadar net değildir; etkileşen parçacıkların en başında rastgele dağıldığı kompüter simülasyonları yapabiliriz, ne zaman içinde yine düzenli bir dağılım elde ederiz. Peki bu düzenden yine düzensizliğe geçebilir miyiz? Cevap net değildir. Düzeni ve düzensizliği anlamak için önce bu kavramların tanımlanmasında kullanılan objeleri tanımlamak zorundayız. Seyreltik gazlar örneğinde dinamik objelerden termodinamik objelere geçmek kolaydır — Boltzmann'ın çalışmasında olduğu gibi. Ancak, moleküllerin etkileştiği yoğun sistemler örneğinde bu hiç de kolay değildir.

Bu gibi zorluklar yüzünden, Boltzmann'ın yenilikçi ve öncü çalışması tamamlanamadan kaldı.

DİNAMİK VE TERMODİNAMİK: İKİ AYRI DÜNYA

Daha önce, hareket yörüngelerinin geri-dönüşsüzlük fikri ile bağdaşmaz olduğunu söylemiştik. Ancak, dinamiğe bir formülasyon kazandırmamızın tek yolu yörünge çalışmaları değildir. Gibbs ve Einstein'ın ileri sürdüğü [6, 18] ve çok sayıda molekülden oluşmuş sistemlerde özel öneme sahip bir kümeler teorisi vardır. Gibbs-Einstein kümeler teorisinin farklı yanı dinamik teoriyi kesin bir başlangıç durumu belirlemesi yapmadan formüle edebiliyor oluşudur.

Kümeler teorisi "faz mekânı"ndaki dinamik sistemleri temsil eder. Noktasal bir parçacığın dinamik durumu, konumu (üç bileşenli bir vektör) ve momentumu (yine üç bileşenli bir vektör) ile belirtilir. Bu duru-

18. J. W. Gibbs, *Elementary Principles in Statistical Mechanics* (New York: Dover Publications, 1960), Bölüm XII. Tarihsel bir izah için bkz., J. Mehra, "Einstein and the Foundation of Statistical Mechanics", *Physica*, c. 79A, No. 5 (1974), s. 17.

mu, her biri üç boyutlu mekânda olan iki nokta ile veyahut koordinatlar ve momentumlardan oluşmuş altı boyutlu bir mekânda tek nokta ile temsil edebiliriz. İşte buna faz mekanı denir. Bu geometrik temsili *n* sayıda parçacığın oluşturduğu keyfi bir sisteme kadar genişletebiliriz. Bu durumda, sistemin durumunu belirtmek için *n* x 6 tane sayıya ihtiyacımız olur veyahut bir başka şekilde, sistemi 6*n* -boyutlu bir faz mekanındaki tek nokta ile tanımlayabiliriz. Böyle bir sistemin zaman içindeki evrimini, böylece, faz-mekandaki bir hareket yörüngesi ile tanımlayabiliriz.

Daha önce de belirtildiği gibi, makroskobik bir sistemin başlangıç şartlarını hiçbir zaman bilemeyiz. Ancak bu sistemi bir noktalar "kümesi" —yani, sisteme ilişkin bilgimizle bağdaşabilir çeşitli dinamik durumlara karşılık gelen noktalar olarak temsil etmekten bizi hiçbir şey alıkoyamaz. Faz-mekânın her bölgesi, yoğunluğu, sistemi gerçekten bu durumda bulma olasılığının ölçüsü olan sonsuz sayıda temsilî noktalar içerebilir. Bir süreksiz noktalar sonsuzluğu ortaya atmaktansa, faz-mekânda süreklilik gösteren bir temsilî noktalar yoğunluğu ortaya atmak daha akla yakındır. *n* noktalarının koordinatlarını $q_1, q_2, \ldots\ldots q_{3n}$ ve momentumlarını da $p_1, p_2 \ldots\ldots p_{3n}$ diye (her noktanın üç koordinatı ve üç momentumu vardır) işaretlersek, faz-mekândaki yoğunluğu da $\rho(q_1 \ldots\ldots q_{3n}, p_1, \ldots p_{3n})$ diye ifade ederiz. Bu yoğunluk değeri, bir dinamik sistemi faz-mekandaki $q_1 \ldots\ldots q_{3n}, p_1 \ldots\ldots p_{3n}$ noktaları etrafında bulma olasılığının ölçüsüdür.

Bu şekilde sunulduğunda, yoğunluk fonksiyonu p'nin bir tür idealizasyon, bir yapay tasarım olduğu, faz mekândaki bir noktanın hareket yörüngesinin "tabiî" davranış tanımına "doğrudan" karşılık geldiği sanılabilir. Oysa, asıl idealizasyon yoğunlukta değil, noktadadır. Doğrusu, bir başlangıç durumunu, hiçbir zaman faz-mekândaki bir bölgeyi tek noktaya indirgeyecek sonsuz kesinlikte bilemeyiz; yalnızca sistemin başlangıç durumuna karşılık gelen temsilî noktalar kümesinden başlayan bir yörüngeler kümesi belirleyebiliriz. Yoğunluk fonksiyonu ρ sisteme dair bilgimizi temsil eder ve bu bilgi ne kadar kesinse, yoğunluk fonksiyonunun sıfırdan farklı olduğu ve sistemin bulunabileceği faz

mekanı bölgesi de o kadar dar olur. Yoğunluk fonksiyonu her yerde tekdüze bir değerde olsaydı, sistemin durumu hakkında bir şey bilemezdik. Sistem, dinamik yapısı ile bağdaşan herhangi olası durumdan birinde olabilirdi.

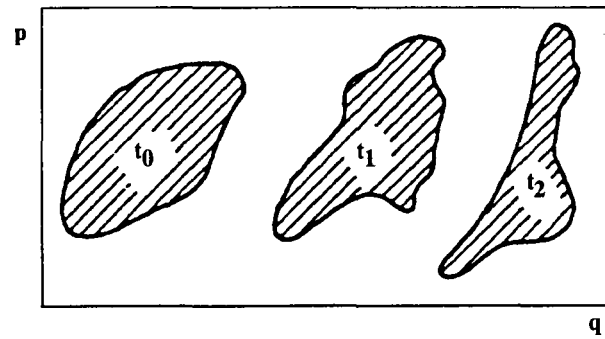
Bu açıdan bakıldığında, bir nokta, sonuç olarak bir sistem hakkında sahip olacağımız *maksimum bilgiyi* temsil eder. Bu, bir limitleyici sürecin, yani bilgimizin giderek artan kesinlik derecesinin sonucudur. Bölüm IX'da göreceğimiz gibi, temel problemimiz de bu türden limitleyici bir sürecin gerçekten ne zaman mümkün olacağını belirlemek olacaktır. Bu süreç, giderek artan bir kesinlik derecesi sayesinde, yoğunluk fonksiyonu ρ'nin sıfırdan farklı olduğu bir bölgeden, o bölgenin içinde başka daha küçük bir bölgeye doğru ilerlememiz anlamına gelir. Bunu, sistemin içinde bulunduğu bölgeyi dilediğimiz kadar küçük yapana kadar sürdürebiliriz. Fakat, ileride de göreceğimiz gibi, bu noktada dikkatli olmamız gerekir: Dilediğimiz kadar küçük demek sıfır demek değildir ve bu limitleyici sürecin iyi belirlenmiş tek bir yörüngenin tutarlı tahmini olasılığına yol açacağı da baştan belli değildir.

Gibbs ve Einstein'ın kümeler teorisini ortaya atması Boltzmann'ın çalışmalarının doğal bir sonucuydu. Bu açıdan, faz-mekandaki yoğunluk fonksiyonu ρ, Boltzmann'ın kullandığı hız dağılımı fonksiyonu *f*'in görevini görür. Ancak, ρ'nin fiziksel içeriği *f*'inkini aşar. Tıpkı *f* gibi, yoğunluk fonksiyonu da hız dağılımını belirler, fakat yanısıra, birbirinden belli uzaklıklardaki iki parçacığın buluşma olasılığı gibi başka bilgiler de içerir. Özelde, bir önceki konuda tartıştığımız parçacıklar arası korelasyonlar, şimdi, yoğunluk fonksiyonu ρ'ye dahil edilmiş olur. Aslında, bu fonksiyon *n*-parçacıklı bir sistemin tüm istatistiksel özelliklerine dair tüm bilgileri içerir.

Şimdi sıra yoğunluk fonksiyonunun faz-mekândaki evrimini anlatmaya geldi. İlk bakışta, bu Boltzmann'ın hız dağılımı fonksiyonu işinden daha müşkül bir işmiş gibi gözükür. Ama hiç de öyle değildir. Bölüm II'de tartıştığımız Hamilton denklemleri, bize, ρ için hiç ileri tahminlere ihtiyaç bırakmayan tam bir evrim denklemi verir. Bu, Bölüm IX'da tekrar döneceğimiz Liouville denklemi denen şeydir. Bura-

da şu kadarını belirtelim ki, Hamilton dinamiğinin özellikleri bize yoğunluk fonksiyonu ρ'nin faz-mekândaki evriminin bir *sıkıştırılamaz akışkan*'ın evrimiyle aynı olduğunu gösterir. Temsilî noktalar faz-mekânda belli bir *V* hacmi işgal ettikten sonra, bu hacim zaman içinde *sabit* kalır. O bölgenin şekli, keyfî biçimde deforme edilse bile hacim değeri aynı kalır.

Gibbs'in kümeler teorisi böylece istatistiksel bakış açısı (ρ ile tanımlanan "popülasyon" çalışması) ile dinamik kanunlarının katı bir kombinasyonunu sağlar. Aynı zamanda da, daha kesin bir termodinamik denge durumu temsilini mümkün kılar. Buna göre, bir izole sistem örneğinde, temsilî noktalar, hepsi aynı enerjiye, *E*, sahip sistemlere karşılık gelir. Yoğunluk, ρ, ancak faz-mekânda belirlenmiş bir enerji değerine karşılık gelen "mikrokanonik yüzey"de sıfırdan farklı olacaktır. En başında, yoğunluk, ρ, bu yüzeyde rastgele dağılmış olabilir. Denge durumunda, ρ artık zamanla değişiyor olmamalı ve özel başlangıç şartlarından bağımsız olmalıdır. Buna göre, dengeye yaklaşmanın p'nin evrimi açısından basit bir anlamı vardır: ρ dağılımı fonksiyonu mikrokanonik yüzey üzerinde tekdüzeleşir. Bu yüzeydeki her noktanın sistemi gerçekten temsil etme olasılıkları aynıdır. Bu da "mikrokanonik" küme'ye karşılık gelir.



Şekil 28: Bir sistemin temsilî noktalarını içeren bir "hacim"in faz-mekândaki zamansal evrimi: Şekil değiştirildiği halde hacim korunur. Faz mekanındaki konum, *q* koordinatları ve *p* momentumları ile belirlenir.

Kümeler teorisi bizi şu veya bu şekilde geri-dönüşsüzlük probleminin çözümüne yakınlaştırabilir mi? Boltzmann'ın teorisi termodinamik entropiyi hız dağılımı fonksiyonu, f, cinsinden tanımlar. Boltzmann bu sonuca $\mathcal{H}$ niceliğini ortaya atarak vardı. Daha önce gördüğümüz gibi, sistem zamanla Maxwell dağılımına varıncaya kadar evrimleşirken $\mathcal{H}$ niceliği de tekdüze olarak azalır. Şimdi, daha genel bir yaklaşım benimseyerek, faz mekândaki dağılımının mikrokanonik kümeye doğru evrimleşmesini entropi artışının temeli olarak alabilir miyiz? Bunun için, f cinsinden ifade edilen Boltzmann niceliği, $\mathcal{H}$, yerine tamamen aynı şekilde, fakat bu defa ρ cinsinden tanımlanan "Gibbs" niceliğini, $\mathcal{H}_G$, koymak yeter mi? Yazık ki, bu iki sorunun cevabı da "Hayır"dır. Yoğunluğun ρ, faz-mekandaki evrimini tanımlayan Liouville denklemini kullanır ve sözünü ettiğimiz hacim korunumunu hesaba katarsak hemen sonuca varırız: $\mathcal{H}_G$ bir sabitedir, ve dolayısıyla entropiyi temsil edemez. Boltzmann açısından, bu bir ileri adımdan çok, bir geri adıma benzer.

Olumsuz da olsa, bu Gibbs sonucu çok önemli olma özelliğini korur. Çok önceden düzen ve düzensizlik fikirlerinin muğlaklığını tartışmıştık. $\mathcal{H}_G$'ninse bize söylediği şey dinamik teori çerçevesinde herhangi bir biçimde düzen değişimi olmadığıdır! $\mathcal{H}_G$ ile ifade edilen "bilgi" sabit kalır. Bunu şöyle de anlayabiliriz: Daha önce de gördüğümüz gibi, çarpışmalar korelasyonlara yol açarlar. Hızlar itibariyle ise rastgeleliğe yol açarlar; bu durumda, bu süreci düzenden düzensizliğe bir geçiş olarak tanımlayabiliriz, fakat çarpışmaların korelasyonlara yolaçması tam ters yönde bir geçişin, yani düzensizlikten düzene bir geçişin olduğunu gösterir! Gibbs bu iki etkinin birbirini tümüyle iptal ettiğini gösterir.

O halde, çok önemli bir sonuca vardık. İster yörüngeler fikri, ister Gibbs-Einstein küme teorisi olsun, nasıl bir temsil kullanırsak kullanalım, asla klasik (ya da kuantum) dinamiğin kanunlarına uyan her sistem için geçerli olacak bir geri-dönüşsüz süreçler teorisi çıkaramayız. Aslında, düzenden düzensizliğe geçişi konuşmanın bile bir yolu yoktur! Peki, bu olumsuz sonuçları nasıl yorumlayacağız? Her geri-dönüşsüz süreç teorisi dinamikle (klasik veya kuantum) mutlak çelişki içinde midir? Hareket denklemlerine genişleyen kâinatın etkisini taşıyan bazı kozmolojik unsurlar kattığımız ve aslında, zamana bu unsurların tek

yönlülük verdiği sık sık öne sürülmüştür. Ancak bunu kabul etmek zordur. Bir defa, bu kozmolojik unsurları denklemlere nasıl katmış olabileceğimiz açık değil; ve kaldı ki, çok hassas dinamik deneyleri bu tür unsurların, en azından bizim burada ilgilendiğimiz dünya ölçeğinde varlığını ekarte ediyor (meselâ, Newton denklemlerini büyük ölçüde doğrulayan uzay yolculuğu deneylerinin kesinliğini bir düşünün). Diğer taraftan, önceden de belirttiğimiz gibi, biz, geri-dönüşlü ve geri-dönüşsüz süreçlerin beraberce varolduğu, hepsinin genişleyen kâinat içinde kendine bir yer bulduğu bir çoğulcu kâinat içinde yaşıyoruz.

Buradan çıkacak çok daha radikal bir sonuç da, Einstein'ın geri-dönüşsüz zaman fikrinin objektif fizik dünyasında asla yer bulamayacak bir yanılgı olduğu fikrinin doğrulanması olur. Şükür ki, Bölüm IX'da açıklayacağımız bir başka çıkış yolumuz var. Tekrar tekrar belirttiğimiz gibi, geri-dönüşlülük bir evrensel özellik değildir. Dolayısıyla, dinamikten bir genel geri-dönüşlülük çıkarsaması beklenemez.

Gibbs'in kümeler teorisi yörüngeler dinamiği açısından yalnızca tek ama önemli bir ek unsur —kesin başlangıç şartlarının cahili oluşumuz— ortaya atar. Bu cahilliğinse tek başına geri-dönüşsüzlüğe yol açması uzak bir ihtimaldir.

Bu durumda, başarısızlığımıza şaşırmamamız gerekir. Çünkü, bir dinamik sistemin geri-dönüşsüz süreçlere yol açması için sahip olması gereken özel niteliklerini henüz formüle etmiş değiliz.

Neden, bir çok bilim adamı geri-dönüşsüzlüğün subjektif yorumunu hemencecik kabul etmişti? Belki de, bu yorumun çekiciliğinin bir kısmı, daha önce de gördüğümüz gibi, entropinin geri-dönüşsüz artışının, en başında, hatalı manipülasyona, yani, idealde geri-dönüşlü olan işlemleri yeterince kontrol edemeyişimize bağlanmış olmasında yatıyordu.

Fakat, bu yorum da, teknolojik problemlerle yapılan anlamsız ilişkilendirmeleri bir kenara bırakıldığında anlamını yitirir. Burada, ikinci kanuna zamanın oku olma anlamını veren özel bağlamı bir kez daha hatırlayalım. Subjektif yoruma göre, kimyasal affinite, ısı iletimi, viskozite gibi geri-dönüşsüz entropi üretimiyle ilgili tüm özellikler gözlemciye bağlıdır. Dahası geri-dönüşsüzlükten kaynaklanan organizasyon fenomenlerinin biyolojide oynadığı rolün büyüklüğü bunların cehaletimizden

kaynaklanan basit yanılsamalar olarak değerlendirilmesini imkânsız kılar. Yoksa, olayları gözlemleme ve düzenleme yeteneğindeki canlı yaratıklar olan bizler de kendi kusurlu duygularımızın ürettiği bir kurgudan mı ibaretiz? Hayat ve ölüm arasındaki ayırım bir yanılsama mı?

Böylelikle, termodinamik teorideki son gelişmeler, dinamik ve termodinamik arasındaki çatışmanın şiddetini daha da arttırmış oldu. Termodinamiğin çıkarımlarını salt kendi kusurlu bilgimizden kaynaklanan birer eğretilemeye indirgeme çabalarının, entropinin yapıcı yanlarının anlaşılmasıyla ve dalgalanmaların amplifiye olması olasılığının keşfiyle yanlışlığı anlaşıldı. Buna karşılık, geri-dönüşsüzlük adına tüm dinamiği reddetmek de zordur, zira, meselâ, bir ideal sarkacın hareketinde gerçekten de geri-dönüşsüzlük yoktur. Görünen o ki, biri hareket yörüngeleri dünyası, diğeri süreçler dünyası olmak üzere birbiriyle çatışan iki ayrı dünya var ve bunlardan birinin mutlak otoritesini ilan etmeden diğerini reddetmek imkânsız.

Belli ölçüde, bu çatışma ile diyalektik materyalizmi doğuran çatışma arasında bir analoji kurulabilir. Bölüm V ve VI'da, "tarihsel" —yani, gelişme ve yenileşme yeteneğinde— denebilecek bir tabiat tasvir etmiştik. Aslında, tabiat tarihi fikri materyalizmin bütünleyici bir parçası olarak, Marx, ve daha ayrıntılı olarak da, Engels tarafından ileri sürülmüştür. Fizikteki çağdaş gelişmeler ve geri-dönüşsüzlüğün yapıcı rolünün keşfi, böylece uzun bir süredir materyalistlerce sorulagelmiş bir soruyu tabiat bilimlerinde gündeme getirdi. Materyalistlere göre, tabiatı anlamak demek, onun insanı ve insan topluluklarını üretebilen bir şey olarak anlamak demekti.

Dahası, Engels'in *Dialectics of Nature*'u yazdığı sıralarda, fizik bilimleri mekanistik dünya görüşünü reddediyor ve tabiatın tarihsel gelişimi fikrine doğru kayıyor görünüyordu. Engels kitabında üç temel keşiften söz ediyordu: enerji ve enerjinin nitel dönüşümlerini belirleyen kanunların keşfi, hücrenin temel hayat birimi olarak keşfi, ve Darwin'in türlerin evrimini keşfetmesi. Bu büyük keşiflerden yola çıkan Engels mekanistik dünya görüşünün artık öldüğüne hükmetmişti.

Fakat, mekanizm diyalektik materyalizmin yüzyüze olduğu bir temel müşkil olarak kalmaya devam etti. Genel diyalektik kanunları ile ay-

nı derecede evrensel mekanik hareket kanunları arasında ne gibi bir ilişki olabilir di? Mekanik kanunlar bir noktadan sonra "uygulanabilir olmaktan" çıkıyor muydu, yoksa, sadece yanlış veya henüz tamamlanmamış durumdalar mıydı? Ya da, daha önceki soruş şeklimizle, süreçler dünyası ile yörüngeler dünyası nasıl olup da ilişkilendirilebilirlerdi?[19]

Ne ki, subjektif geri-dönüşsüzlük yorumunu eleştirip zayıflıklarına dikkat çekmek kolaydır ama onu aşıp "objektif" bir geri-dönüşsüz süreçler teorisi kurmak bu kadar kolay değildir. Hele bu konunun tarihi bazı dramatik olaylara da sahne olmuşken: Çokları, Boltzmann'ın 1906'da intiharı sebeninin buradaki temel çıkmazların farkına varması olduğuna inanır.

BOLTZMANN VE ZAMAN OKU

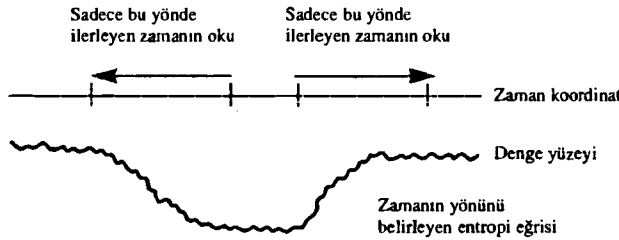
Daha önce de belirttiğimiz gibi, Boltzmann işin başında, zamanın yönünü dinamik sistemlerin daha yüksek olasılıklara ve daha çeşitli permütasyonlara doğru evrimleşmelerinin belirlediğini düşünüyordu: Zamanla tek yönlü bir permütasyon çeşitliliği artışı olmalıydı. Poincaré ve Zermelo'nun buna getirdikleri itirazlardan da söz ettik. Poincaré her kapalı sistemin zamanla bir önceki durumuna geri döndüğünü ispatlamıştı. Buna göre, tüm sistem durumları sürekli olarak yineleniyordu. "Zamanın oku" diye bir şey, bu durumda, entropi artışı ile nasıl ilişkilendirilecekti? Bu Boltzmann'ın yaklaşımında dramatik bir değişime yol açtı. Objektif bir zaman oku olduğunu ispatlama gayretinden vazgeçerek, yerine, bir bakıma entropi artışı kanununu bir tür totolojiye indirgeyen bir fikir ortaya attı. Zaman okunun, gerçekte geçmiş ve gelecek arasında bir ayırımın olmadığı bir dünyaya bizim (ve belki de tüm canlı varlıkların) yakıştırdığımız bir kurgu olduğunu ileri sürdü. Boltzmann'ın Zermelo'ya verdiği cevaba bir bakalım:

---

19. Birçok Marksist doğa filozofunun Engels'ten ilham aldığı görülmektedir. (Lenin *Philosophic Notebooks*'unda alıntı yapmıştır). Engels *Anti-Dühring* (Moskova: Foreign Languages Publishing House, 1954), s. 167'de şöyle yazmıştır: "Hareket bir tezattır: Bir durumun çok basit mekanik bir değişimi bile, bir cismin aynı anda iki yerde bulunmasıyla yani bir yerde hem bulunmasıyla hem de bulunmamasıyla gerçekleşir. Ve bu tezadın nihai çözümü hareketin ne olduğunda yatmaktadır.

> Elimizde iki tür resim seçeneği var. Ya kâinatın şu anda çok olasılık dışı bir durumda olduğunu kabul edeceğiz. Ya da, bu olasılık dışı durumun devam ettiği milyarlarca yıllık devirlerin, ve buradan Sirius yıldızına olan uzaklığın tüm kâinatın ömrü ve büyüklüğüne kıyasla çok minimal bir şey olduğunu kabul edeceğiz. Tümüyle termal dengede, ve dolayısıyla ölü olan böyle bir kâinatta, bu "milyarlarca yıllık devirler" gibi nisbeten kısa süreler için termal dengeden anlamlı derecede sapmış galaksimiz gibi nisbeten küçük boyutta (bizim, "dünyalar" dediğimiz) bölgeler orada-burada bulunabilir. Bu dünyalar arasında, hali hazır durumlarının olasılıkları (yani, entropisi) artan kadar azalan da olacaktır. Kâinatta bir bütün olarak, tıpkı uzayın aşağısının yukarısının olmayışı gibi, zamanın da iki yönü birbirinden ayrıştırılamaz. Bununla beraber, yeryüzünün belli bir bölgesinde dünyanın merkezine doğru olan yöne "aşağısı" diyebildiğimiz gibi, kendini belli bir zaman aralığındaki bir dünyada bulmuş bir canlı organizma da, zamana, az olası bir durumdan daha olası bir duruma doğru gidişiyle bir "yönlülük" verebilir (ki, bu durumda ilk durum "geçmiş", sonraki ise "gelecek" olacaktır), ve bu tanımlama sayesinde kâinatın geri kalan kısmından ayrılmış kendi küçük bölgesinin, "en başında" bir olasılık dışı durumda olduğunu kavrayabilir. Bence, ikinci kanunu ve her bireysel dünyanın termal ölümünü, kâinata belli bir ilk durumdan bir nihai duruma doğru tek yönlü bir değişim biçmeden anlamanın tek yolu bu bakış açısıdır.[20]

Boltzmann'ın düşüncesini Karl Popper'ın çizdiği diyagramla çok daha netleştirebiliriz (Şekil 29). Buna göre, zamanın oku gravitasyon alanının belirlediği dikey yön kadar keyfî bir belirlemedir.



Şekil 29: Popper'ın Boltzmann'ın kozmolojik zaman oku yorumunu şematik olarak göstermesi, (açıklama için bak, metin).

20. L. Boltzmann, *Lectures on Gas Theory* (Berkeley: University of California Press, 1964), s. 446 f, K. Popper, *Unended Quest* (La Salle, III.: Open Court Publishing Company, 1976), s. 160.

Popper, Boltzmann'ın cevabını yorumlarken şöyle yazar:

> Buna göre, Boltzmann'ın fikri, cesareti ve güzelliği açısından çok sarsıcı. Ama yine, bana göre, bir realist için oldukça muğlak. Tek yönlü değişimi bir yanılsama olarak damgalıyor. Oysa, bu Hiroşima faciasını da bir yanılsama haline getirir. Dolayısıyla, dünyamıza dair yeni şeyler bulma çabalarımızın tümüyle dünyamızın kendisini de bir yanılsamadan ibaret yapar. Dolayısıyla, (her idealizm gibi) kendi kendini çürütür. Boltzmann'ın bu idealist ad hoc hipotezi, yine kendisine ait ve neredeyse hırsla sürdürdüğü realist, anti-idealist felsefesi, ve kendi bilme tutkusu ile çatışır.[21]

Biz, Boltzmann'ın yorumlarına tümüyle katılıyor ve Boltzmann'ın misyonunu bir kez daha icra etmenin şimdi sırası olduğuna inanıyoruz. Önce de söylediğimiz gibi, yirminci yüzyıl teorik fizikte büyük bir kavramsal devrime şahit oldu, ve bu, dinamik ve termodinamiğin bütünleştirilmesi yolunda yeni ümitler doğurdu. Artık, zaman'ın tarihinde yeni bir döneme giriyoruz; öyle bir dönem ki olma ve oluşma beraberce varolup çelişkisiz tek bir görüş içinde birleştirilebilir durumda olacak.

21. Popper, a.y., s. 160.

9

Geridönüşsüzlük-Entropi Engeli

ENTROPİ VE ZAMAN OKU

Bir önceki bölümde geri-dönüşsüz süreçlere dair mikroskobik teorideki bazı zorlukları anlattık. Geri-dönüşsüzlüğün ve ona eşlik eden entropi artışının dinamiğin genel bir sonucu olmaması itibarıyla, bu teorinin klasik veya kuantum dinamiği ile olan ilişkisi pek basit olmasa gerek. Yani, bir mikroskobik geri-dönüşsüz süreçler teorisi ve daha özel ek şartlar gerektirir. Geri-dönüşlü ve geri-dönüşsüz süreçlerin birlikte varolduğu çoğulcu bir dünyayı kabul etmek zorundayız. Ne var ki, böylesi çoğulcu bir dünyayı kabul etmek kolay değildir.

Voltaire, *Dictionnaire Philosophique* kitabında kadere ilişkin şunları yazar:

> ... herşey değişmez kanunlarla idare ediliyor... herşey baştan düzenlenmiş... herşeyin gerekli bir işlevi var... Kimileri var ki, bu gerçekten korkup tıpkı alacaklısına borcunun yarısını verip, gerisi için zaman isteyen borçlular gibi bu gerçeğin yarısını kabul ediyorlar. Gerekli olaylar yanında, gereksizlerin de olduğunu söylüyorlar... Bir olayın bir kısmı gerçekleşip, bir kısmı gerçekleşmeseydi pek garip olurdu... Bende bunu yazacak kararlılık olduğu gibi, sizde de beni ayıplayacak kararlılık olmalı; her ikimiz de kaderin elindeki bir oyuncak gibi eşit derecede aptalız. Sizin tabiatınızda yanlış yapmak var, benimkinde gerçeği sevmek ve onu size rağmen yayınlamak var.[1]

1. Voltaire, *Dictionnaire Philosophique*, (Paris: Garnier, 1954).

Ne kadar ikna edici gözükse de, böylesi bir a priori muhakeme bizi yoldan çıkarabilir. Voltaire'in muhakemesi Newtoncu bir muhakemedir: Tabiat her zaman kendini doğrular. Fakat, ne garip ki bugün kendimizi Voltaire'in alay ettiği garip dünyanın içinde bulmuşuz; tabiatın sergilediği nitel çeşitliliğin keşfiyle şaşkın hale dönmüşüz.

İnsanların iki aşırı uç arasında, yani, önceden de anlattığımız gibi[2] Einstein'ın ileri sürdüğü geri-dönüşsüzlüğü fizikten tümüyle arındırmakla Whitehead'in süreç kavramındaki gibi geri-dönüşsüzlüğün mutlakiyetini iddia etmek arasında gidip-gelmiş olmalarına şaşmamak gerekir. Geri-dönüşsüzlüğün makroskobik düzeyde de varolup, Bölüm V ve VI'da gösterildiği gibi önemli yapıcı roller üstlendiğinde hiç kuşku yoktur. Dolayısıyla, mikroskobik düzeyde de makroskobik geri-dönüşsüzlüğün görünümü olacak bir şey olmalıdır.

Böyle bir mikroskobik teori birbiriyle çok yakından ilişkili iki unsuru hesaba katmak zorundadır. Hepsinden önce, zaman boyunca tekdüze olarak değişen bir entropi için bir mikroskobik model (Boltzmann'ın $\mathcal{H}$ fonksiyonu) kurmaya çalışırken Boltzmann'ın izini sürmek gerekir. Ki bu değişme bizim zaman okumuzu belirlemeli; izole sistemlerdeki entropi artışı sistemin yaşlanmasını ifade etmelidir.

Çoğu defa, entropiyi böyle bir süreç tipiyle ilişkilendirmeden de bir zaman oku elde edebiliriz. Popper tek yönlü bir süreç ve dolayısıyla zaman oku gösteren şöyle bir basit sistem örneği verir.

> Durgun genişçe bir gölün yüzüne bir taşın düşüşünü filme aldığımızı varsayın. Filmi tersine çevirdiğimizde, giderek artan genlikte ve daralan dairesel dalgalar görürüz. Dahası, en yüksek dalga tepesinin hemen ardından durgun su yüzeyinin dairesel bir bölgesinin merkeze doğru kendi üzerine kapandığını görürüz. Bu bir olası klasik süreç olarak değerlendirilemez. Yoksa, filmde açıklanabilir olsun diye, her birinin koordinasyonunun tek bir merkezden yapıldığının gösterilmesi gereken, birbirinden uzak ancak uyumlu çok sayıda dalga üreticisinin varolması gerekirdi. Ancak, filmi tekrar doğru yönüne doğru çevirmeye kalktığımızda bu durum yine aynı zorluğa yol açar.[3]

2. Bkz., 2. dipnot, Bölüm VII.
3. K. Popper, "The Arrow of Time", *Nature*, c. 177 (1956), s. 538.

Aslında nasıl bir teknik kullanırsak kullanalım, merkeze varıncaya kadar daralan bir dalga üretemediğimiz küçük bir mesafe hep olacaktır. Evet, tek yönlü süreçlerin varolduğu doğrudur. Popper'in örneğiyle aynı türden birçok başka süreç tasavvur edilebilir: enerjinin her yönden gelip bir yıldız üzerinde yoğunlaştığını ve yanısıra, nükleer reaksiyonların tersine işleyerek bu enerjiyi emdiğini hiç görmedik.

Bunun dışında başka zaman okları da —meselâ, kozmolojik ok (bunun için M. Gardner'in mükemmel yorumuna bir bakın[4])— vardır. Eğer kâinatın bir Büyük Patlama (Big Bang) ile başladığını kabul edersek, bu açıkça kozmolojik düzeyde bir zamansal düzenin varolduğunu ima eder. Kâinatın hacmi halen artmaya devam ediyor, ama kâinatın çapını entropi ile tanımlayamıyoruz. Aslında, daha önce de açıkladığımız gibi, genişleyen kâinat içinde hem geri-dönüşlü hem geri-dönüşsüz olaylara rastlarız. Benzer şekilde parçacık fiziğinde de T-violasyonu denen özellikler gösteren süreçler vardır. T-violasyonu bir sistemin evrimini $+t$'ye göre tanımlayan eşitliklerin, $-t$'ye göre tanımlayan eşitliklerden farklı olduğunu ima eder. Ancak bu T-violasyonu onu her zamanki (Hamiltonyen) dinamik formülasyonu içine almamızı engellemez. T-violasyonun sonucu olan herhangi bir entropi fonksiyonu tanımlanamaz.

Burada, Einstein ve Ritz arasında geçen ve 1909'da yayınlanmış ünlü tartışmayı[5] hatırladık. Oldukça sıradışı ve bir kitap sayfasından bile az, bu çok kısa makale, basit ifadesiyle bir anlaşmazlık senedidir. Einstein, geri-dönüşsüzlüğün Boltzmann'ın öne sürdüğü olasılık kavramının bir sonucu olduğunu savunurken, Ritz tam tersine "gecikmiş" ve "erkenci" dalgalar arası ayırımın temel rolü oynadığı görüşündeydi. Ki bu ayırım Popper'in muhakemesini hatırlatır. Su birikintisi üzerinde gözlediğimiz dalgalar gecikmiş dalgalardır, yani taşın düşüşünün ardından gelirler.

Hem Einstein hem Ritz aslında geri-dönüşsüzlük tartışmasına temel unsurlar sokuyorlardı, ama her biri hikayenin yalnızca bir yanını

4. Bkz., M. Gardner, *The Ambidextrous Universe*, ss. 271-72.
5. A. Einstein ve W. Ritz, *Phys. Zsch.*, c. 10 (1909), s. 323.

ele alıyordu. Bölüm VII'de olasılığın zamana peşin bir yönlülük *öngördüğü*nden ve dolayısıyla zaman okunun buradan çıkarsanamayacağından söz etmiştik. Ayrıca, "erkenci" dalgalar gibi süreçlerin dışlanmasının mutlaka bir ikinci kanun formülasyonunu gerektirmediğini de belirtmiştik. Şimdi her iki tür muhakemeye de ihtiyacımız var.

BİR SİMETRİ KIRICI SÜREÇ OLARAK GERİ-DÖNÜŞSÜZLÜK

Geri-dönüşsüzlük problemini tartışmaya geçmeden önce bir başka tür simetri-kırınımının, yani mekânsal simetri kırınımının nasıl çıkarsandığını hatırlamakta yarar var. Reaksiyon-difüzyon sistemlerini tanımlayan eşitliklerde eşitliğin sol ve sağ kolları aynı rolleri oynarlar (mekân tersleşmesi, $r \rightarrow -r$ olduğunda difüzyon eşitlikleri değişmeden kalır). Yine daha önce de gördüğümüz gibi, çatallaşmalar bir simetrinin kırılmasını gerektiren çözümlemelere yol açabilirler (Bak Bölüm V). Sözgelişi, bazı bileşenlerin konsantrasyonu solda sağdakinden daha yüksek hale gelebilir. Eşitliklerin simetrisi yalnızca simetri-kırıcı çözümlemelerin çiftler halinde görünmesini öngörür.

Çatallaşma göstermeyen ve dolayısıyla mekansal simetriyi kıramayan başka bir sürü reaksiyon-difüzyon eşitliği de var tabii. Mekânsal simetrinin kırılması son derece özel başka şartlar gerektirir. Bu durum, burada öncelikle ilgilendiğimiz zamansal simetri tanımını anlamamız açısından oldukça önemlidir. Hareket eşitlikleri *düşük simetri* realizasyonlarına sahip olabilen sistemler bulmak zorundayız.

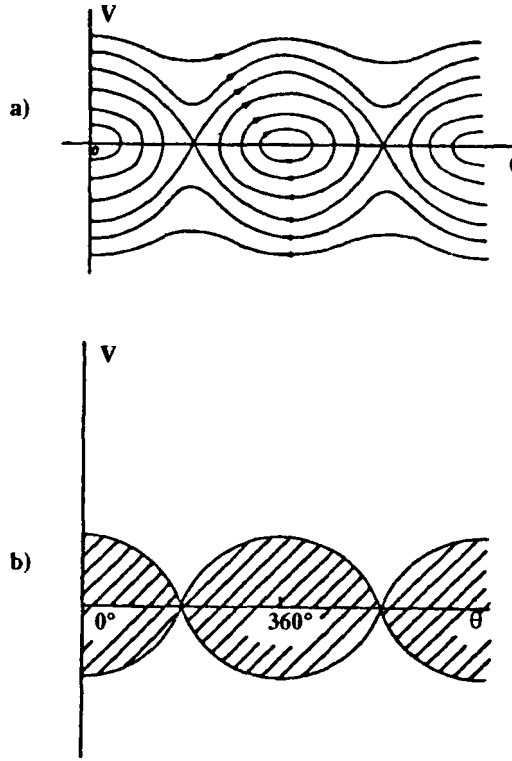
Bu eşitlikler aslında zaman tersleşmesi, $t \rightarrow -t$ açısından değişmezlik gösterir. Ancak, realizasyonları bu simetrinin yittiği evrimlere karşılık gelebilir. Eşitliklerin simetrisinin dayattığı tek şart bu tür realizasyonların çiftler halinde görülmesi gereğidir. Meselâ, çok uzak gelecekte (çok uzak geçmişte değil) dengeye giden bir çözümleme bulmuşsak, aynı zamanda çok uzak geçmişte (çok uzak gelecekte değil) dengeye giden bir çözümleme de bulabilmeliyiz. Çünkü simetrinin kırıldığı çözümlemeler çiftler halinde bulunur.

Böylesi bir durum bulduğumuzda ancak, ikinci kanunun içsel anlamını ifade edebiliriz. Yani, ikinci kanun, olası iki tür çözümlemeden ancak birinin realize olabileceğini veya tabiatta gözlenebileceğini belirten bir seçilim ilkesi olur. İkinci kanun, uygulanabilir olduğu her durumda tabiatta bir içsel polarizasyonu ifade eder. Asla, dinamiğin kendisinin bir sonucu olamaz; ancak realize olduğunda dinamikle yayılan bir ilave seçilim ilkesi olarak gözükmek zorundadır. Daha birkaç yıl önce böylesi bir programa teşebbüs etmek imkânsız görüyordu. Ancak, son birkaç onyıl içinde dinamik kayda değer ilerlemeler yaptı, ve bu simetri kırıcı çözümlemelerin "yeterince karmaşık" dinamik sistemlerde nasıl ortaya çıktığını ve termodinamiğin ikinci kanunuyla ifade edilen seçilim kuralının mikroskobik düzeyde ne anlama geldiğini, artık ayrıntılı olarak anlayabiliyoruz.

KLASİK KAVRAMLARIN SINIRLARI

Gelin klasik mekanikten başlayalım. Daha önce de bahsettiğimiz gibi, hareket yörüngeleri eğer indirgenemez unsurlarsa, dünya da kendisini oluşturan yörüngeler kadar geri-dönüşlü olmalıdır. Bunu temel alan bir tanımlamada ne entropinin ne de zaman okunun yeri olmalıdır; fakat beklenmedik son gelişmeler yörünge kavramının bizim umduğumuzdan çok daha sınırlı olduğunu gösterdi. Burada, Bölüm VIII'de anlatılan, Gibbs ve Einstein'ın kümeler teorisine tekrar dönelim. Orada Gibbs ve Einstein'in çok sayıda parçacıktan oluşmuş sistemlerin ilk durumunu bilmeyişimizi hesaba katmak için fiziğe faz-mekan kavramını soktuklarını görmüştük. Onlara göre, faz-mekândaki dağılım fonksiyonu *de jure* olarak çok iyi belirlenmiş bir duruma dair *de facto* cehaletimizi ifade eden tek yardımcı tasarımdı. Ancak, *belli tür sistemler* için sonsuz derecede kesin bir ilk durum belirlemesinin kendi içinde çelişkili bir işleme yol açtığı gösterildikçe, bu problem tümüyle yeni bir boyut kazanır. Bu böyleyken, tek bir yörüngeyi değil, ancak bir yörüngeler grubunu yani, faz-mekândaki bir yörüngeler kümesini bilebiliyor oluşumuz, bilgimizin sınırlılığının ifadesi olarak kalmaz dinamiğin bir yeni keşif yolunun başlama noktası oluverir.

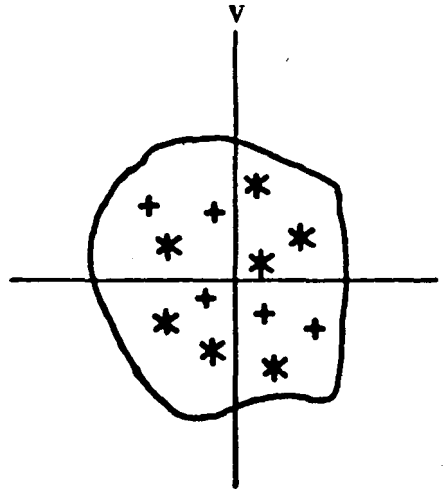
Basit örneklerde, bu açıdan bir sorun çıkmadığı doğrudur. Sözgelimi, sarkaç örneğini alalım. Sarkaç başlangıç şartlarına göre ya salınır ya kendi ekseni etrafında dolanır. Dolanabilmesi için kinetik enerjisi dikey bir konuma gelmeden önce "geri düşmesi"ni önleyecek kadar büyük olmalıdır. Bu iki tür hareket birbirinden ayrı iki faz-mekân bölgesini belirler. Bunun nedeni gayet basittir; dolanım salınmadan daha çok enerji gerektirir (Bak. Şekil 30).



Şekil 30: Bir sarkaçın bir mekandaki hareketinin temsili (V, hızı; θ sapma açısını ifade eder). (a) (V, θ) mekanındaki tipik yörüngeler; (b) taralı alanlar salınımlara, taralı alanların dışındaki bölge dolanımlara karşılık gelir.

Eğer ölçümlerimizle, sistemin başlangıçta belli bir bölgede olduğunu belirleyebilirsek sarkacın sergilediği hareket türünü güvenle tahmin edebiliriz. Zamanla, ölçümlerimizi daha da hassaslaştırabilir ve sarkacın başlangıç durumunu, ilk belirlediğimiz bölgenin içinde daha küçük bir bölgeye lokalize edebiliriz. Her halûkârda, tüm zamanlardaki davranışını biliriz; yeni veya beklenmedik birşey olmaz.

Yirminci yüzyılda varılan en şaşırtıcı sonuçlardan biri de *böylesi bir tanımlamanın genelde geçerli olmadığı*dır. Tam aksine, "çoğu" *dinamik sistemler* oldukça kararsız biçimde davranır.[6] Bir yörünge türünü



Şekil 31: Dinamik kararsızlık gösteren bir sistem için *V* faz-mekânın keyfi olarak küçük alınmış herhangi bir bölgesinin temsili. Sarkaç örneğinde olduğu gibi, burada da iki tür yörünge (+ ve * ile temsil edildi) vardır; ancak sarkaçtakinin tersine, keyfi küçüklükteki her bölgede her iki hareket türü de görünür.

6. H. Poincaré, *Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste* (New York: Dover Publications, 1957); E.T. Whittaker, *A Treatise on the Analytical Dynamics of Particles and Rigid Bodies* (Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1965).

(meselâ, salınımların yörüngesini) + işareti ile, bir başka türü de (meselâ, salınımların yörüngesini) * işareti ile gösterelim. Bu defa, iki bölgenin birbirinden ayrıldığı şekil 30'u değil de, tek bir noktaya geçişi iyice muğlaklaştıran bir durumlar karışımını elde ederiz (Bak. Şekil 31). Sadece sistemimizin başlangıç durumunun A bölgesinde olduğunu biliyorsak, sistemin izlediği yörüngenin + türünden olduğunu çıkarsayamayız; yörünge pekalâ eşit olasılıkta * türünden de olabilir. Bölge A içinde daha küçük bir bölge tanımlayarak hassasiyetimizi arttırmakla birşey kazanmayız, çünkü belirsizlik hep oradadır, azalmaz. *Ne kadar küçük de olsa tüm bölgelerde her zaman iki yörünge türünden birine ait olan durumlar olacaktır.*[7]

Bu gibi sistemler için, yörünge *gözlemlenemez* hale gelir. Bu kararsızlık Newtoncu idealleştirmenin sınırlarını ifade eder. Newtoncu dinamiğin iki temel unsurunun, dinamik kanun ile başlangıç şartlarının bağımsızlığı kaybolur: dinamik kanun başlangıç şartlarının belirlenmesi ile çelişkiye düşer. Burada Anaxagoras'ın tabiatın üretici olasılıklar bakımından zenginliğini değerlendirme tarzını hatırlamak gerek. Anaxagoras her nesnenin her parçasında sonsuz çeşitlilikte farklı nitelikte tohumlar taşıdığını düşünüyordu. İşte burada da faz-mekânın her bölgesi farklı nitelikte bir davranış zenginliği sergiler.

Bu açıdan bakıldığında, deterministik yörünge kavramının sınırlı bir uygulanımı olduğu görülür. Bir sistemi yalnızca pratikte değil, teoride de yörüngelerle tanımlamada kabiliyetsiz olduğumuz ve faz-mekanın (ne kadar küçük de olsa) sınırlı bir bölgesine karışılık gelen bir dağılım fonksiyonu kullanmaya *mecbur kaldığımız* sürece yalnızca sistemin *istatistiksel* geleceğini tahmin edebiliriz.

Arkadaşımız Leon Rosenfeld kavramların ancak *kendi sınırlılıkları sayesinde* anlaşılabileceğini söylerdi. Bu bakımdan, formülasyonu ile modern bilimin çığırını açmış olan klasik mekaniği artık daha iyi kavradığımız söylenebilir.

---

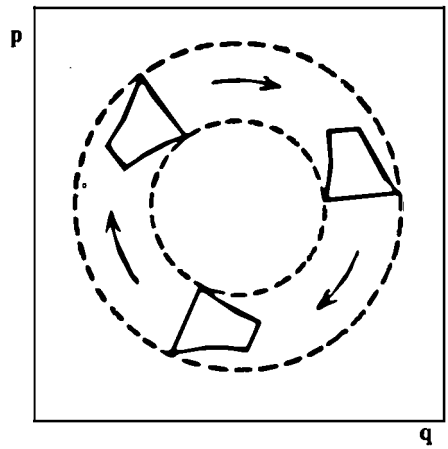
7. J. Moser, *Stable and Random Motions in Dynamical Systems* (Princeton; N.J. Princeton Univ. Press, 1974).

Fakat bu bakış açısı nasıl ortaya çıktı? Burada dinamiğin son yüzyılda geçirdiği dramatik değişimleri birbir anlatmamız gerekir. Kendi kendine yeter tamamlanmış kapalı bir bilgi türünün ilk örneği olarak düşünülmüş olsa da, dinamik artık yeni baştan bir değişim geçirmiştir.

DİNAMİĞİN YENİLENİŞİ

Bu kitabın birinci kısmında, dinamiği ondokuzuncu yüzyıldaki şekliyle anlattık. Ki çoğu ders kitaplarında dinamik hâlâ bu şekliyle anlatılır. Bir dinamik sistemin prototipi bir entegre edilebilir sistemdi. Hareket denklemlerini çözmek için yalnızca, karşılık gelen anlar hareket açısından değişmez olacak şekilde "iyi" koordinatlar bulmak zorundaydık. Böylelikle hareket eden birimler arasındaki etkileşim elimine edilmiş oluyordu. Ancak, bu program tutmadı. Daha önce de bahsettiğimiz gibi, ondokuzuncu yüzyılın sonunda Bruns ve Poincaré, ünlü "üç cisimli" sistem başta olmak üzere çoğu dinamik sistemlerin entegre edilebilir olmadığını gösterdiler.

Diğer taraftan, denge durumuna kümeler teorisi cinsinden yaklaşma fikri özünde entegre edilebilir sistemler idealizasyonundan da öteye geçmemizi gerektirir. Bölüm VIII'de gördüğümüz gibi, kümeler teorisine göre, izole bir sistem, bir "mikrokanonik küme" ile temsil ediliyor olduğunda, yani belli bir enerji yüzeyindeki tüm noktalar aynı olasılığa sahip olduğunda denge-durumundadır. Bu, dengeye doğru evrimleşen bir sistem için evrimi boyunca korunan tek niceliğin enerji olması demektir. Tek "değişmez" enerji olmalıdır. Başlangıç şartları ne olursa olsun, sistemin evrimi sistemin belli enerji yüzeyindeki tüm noktalara ulaşmasına izin vermelidir. Fakat entegre edilebilir bir sistem için, enerji tek değişmez olmaktan çok uzaktadır. Aslında, her genellenmiş momentum sabit kaldığı için, özgürlük derecesi ne kadarsa, o kadar çok sayıda değişmez vardır. Dolayısıyla, böylesi bir sistemin tüm bu değişmez yüzeylerin kesişmesiyle oluşmuş bir sabit-enerji (Bak. Şekil 32) yüzeyinin çok küçük bir "aralığı"nda "hapsolmasını" beklememiz gerekir.



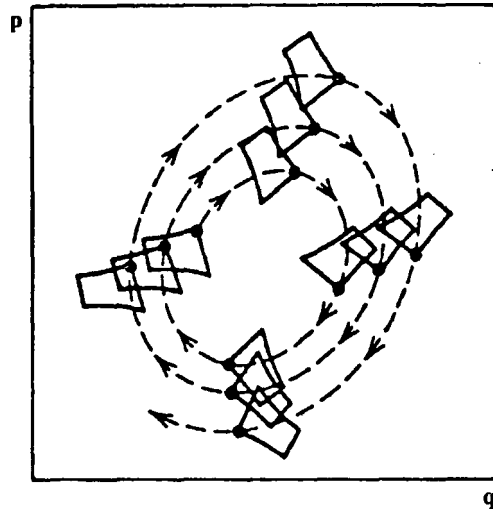
Şekil 32: Bir hücrenin p, q faz-mekânındaki zamansal evrimi. Hücrenin "hacmi" ve şekli zaman içinde korunur; hatta sistem faz-mekânın büyük kısmına uğramaz bile.

Maxwell ve Boltzmann bu zorlukları aşmak için yeni ve oldukça farklı türde bir dinamik sistem ortaya attılar. Bu sistemlerde enerji tek değişmezdi ve bu tür sistemlere "ergodik" (*ergodic*) sistemler dendi (Bak. Şekil 33).

Sadece önemlilerini zikretmek gerekirse, ergodik sistemler teorisine büyük katkıları olanlar arasında Birchoff'u, von Neumann'ı, Hopf'u, Kolmogoroff'u ve Sinai'yi sayabiliriz.[8, 9, 10] Bugün, aynı zamanda ergodik olan çok çeşitli dinamik (ama Hamiltonyen değil) sistemler olduğunu biliyoruz. Nisbeten basit sistemlerin bile ergodiklikten daha güçlü özelliklerinin olabileceğini de biliyoruz. Bu sistemlerin faz-

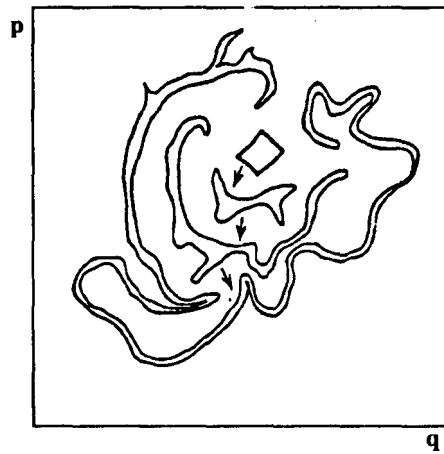
8. Genel bir bakış için bkz., J. Lebowwitz ve O. Penrose, "Modern Ergodic Theory", *Physics Today* (Şubat 1973), s. 23-29.
9. Daha ayrıntılı bir çalışma için bkz., R. Balescu, *Equilibrium and Non-Equilibrium Statistical Mechanics* (New York: John Wiley & Sons, 1975).
10. V. Arnold, ve A. Avez, *Ergodic Problems of Classical Mechanics* (New York: Benjamin, 1968).

mekândaki hareketleri oldukça kaotikleşir (Bu sırada, Bölüm VIII'de sözü edilen Liouville eşitliğine uyan bir hacmi korur)

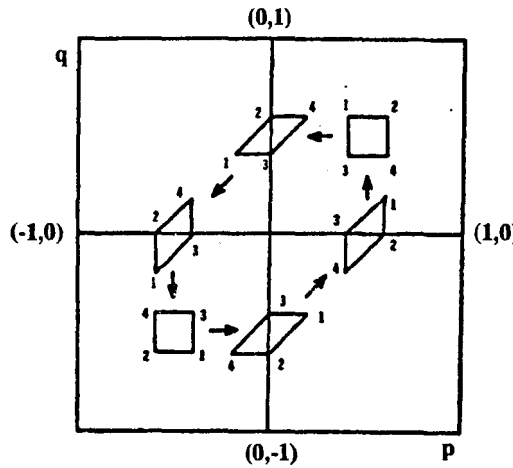


Şekil 33: Bir ergodik sisteme karşılık gelen bir hücrenin faz-mekândaki tipik evrimi. Zaman ilerlerken, "hacim" ve biçim korunur, fakat hücre artık tüm faz-mekânı boyunca spiral çizer.

Başlangıç şartlarına dair bilgimizin, bir sistemi faz-mekânın küçük bir hücresine lokalize etmemize izin verdiğini varsayın. O zaman, tüm evrimi boyunca, bu başlangıç hücresinin, kıvrılıp bükülüp büyüdüğünü ve tıpkı bir amip gibi, tüm yönlere "psödopodlar" ("yalancı ayaklar") gönderdiğini, giderek daha da incelen ve kıvrılan filamentlerle iyice yayılarak sonunda tüm mekânı kapladığını görürüz. Buradaki gerçek durumun karmaşası hiçbir kalıba girmez. Öyle ki, karışık bir sistemin dinamik evrimi sırasında faz-mekanda dilediğimiz kadar birbirine yakın seçeceğimiz herhangi iki nokta tümüyle ayrı yönlere sapabilir. Sistem hakkında kendi temsilî noktalarının oluşturduğu başlangıç hücresini çok çok küçük yapacak yoğunlukta bilgimiz olsa bile, dinamik evrim, filamenter ağını tüm faz-mekân boyunca yayarak hücreyi gerçek bir geometrik dev yapar.



Şekil 34: "Karışan" bir sisteme karşılık gelen bir hücrenin faz-mekandaki tipik evrimi. Hacim hâlâ korunuyor, ama biçim değil: hücre giderek tüm faz-mekâna yayılıyor.

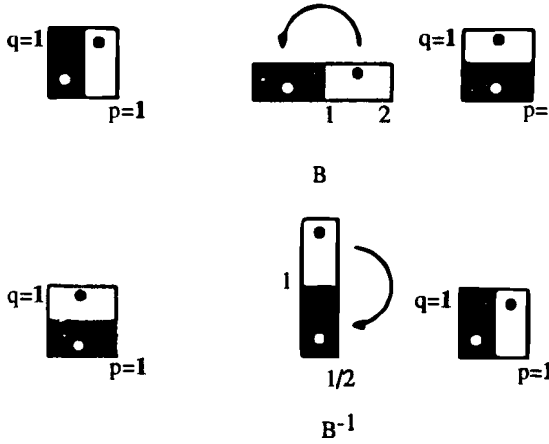


Şekil 35: Faz-mekândaki bir hacmin süreksiz transformasyonla oluşturulmuş transformasyonu: *p* absisi *p-q* olur, *q* ordinatı *p* olur. Transformasyon döngüseldir: altı transformasyondan sonra başlangıç hücresi yeniden elde edilir.

Burada kararlı ve kararsız sistemler arasındaki ayırımı basit birkaç örnekle göstermek istiyoruz. İki-boyutlu bir faz-mekân düşünün. Düzenli zaman aralıklarında bu koordinatları yenileri ile değiştirelim. Yatay eksendeki yeni nokta p-q, yeni ordinat p olsun. Şekil 35 bu operasyonu bir kareye uyguladığımızda neler olduğunu gösterir.

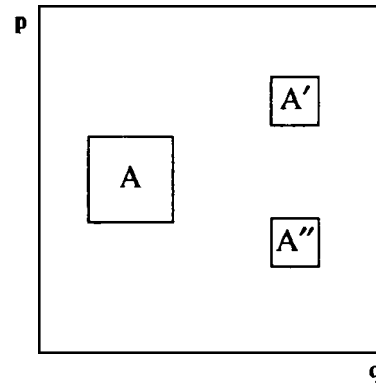
Kare deforme olur, fakat altı transformasyondan sonra orijinal kareye yeniden döneriz. Sistem kararlıdır: komşu olan noktalar yine komşu noktalara transforme olur. Dahası, bu, döngüsel bir transformasyon olur (altı operasyondan sonra orijinal kare yeniden ortaya çıkar).

Şimdi de, iki hayli kararsız sistem örneği —ilki matematiksel, ikincisi fizikle yakından ilişkili— görelim. Birinci sistem, matematikçilerin, çok belli [9, 10] nedenlerle, "fırıncı transformasyonu" (*baker transformation*) dedikleri bir tür transformasyondan oluşur. Önce bir kare alırız ve bunu bir dikdörtgen olacak şekilde ikiye bölüp uzatırız, sonra dikdörtgenin bir yarısını diğer yarısının üzerine getirip tekrar kare elde ederiz. Bu operasyonlar takımını Şekil 36'da görebilirsiniz ve böyle bir operasyon takımını dilediğiniz kadar tekrarlayabilirsiniz.



Şekil 36: Fırıncı transformasyonunun (B) ve tersinin (B^{-1}) gerçekleşmesi. Kare içindeki iki noktanın hareketi transformasyonlar hakkında bir fikir verir.

Her defasında, karenin yüzeyi dağıtılır ve yeniden toplanır. Kare burada faz-mekânı temsil eder. Fırıncı transformasyonu her noktayı iyi-belirlenmiş yeni bir noktaya transforme eder. Bu şekilde elde edilen noktalar serisi ne kadar "deterministik" de olsa, ilave olarak indirgenemez bir istatistiksel özellik sergiler. Sözgelişi, karenin içinde bir A bölgesinin, başlangıçta tekdüze biçimde temsilî noktalarla dolu olduğu bir başlangıç durumuyla tanımlanan bir sistemi ele alalım. Görülecektir ki, bu hücre *büyüklüğü ve lokalizasyonu ne olursa olsun* yeterince çok sayıda transformasyon tekrarından sonra parça parça olur (Bak. Şekil 37). Burada önemli olan kare içinde herhangi bir bölgenin büyüklüğü ne olursa olsun, böylelikle her zaman için her parçalanmada ayrı yönlere doğru sapan değişik yörüngeler içeriyor oluşudur. Bir noktanın evrimi geri-dönüşlü ve deterministik olsa da, ne kadar da küçük olsa, bir bölgenin tanımı temelde istatistikseldir.

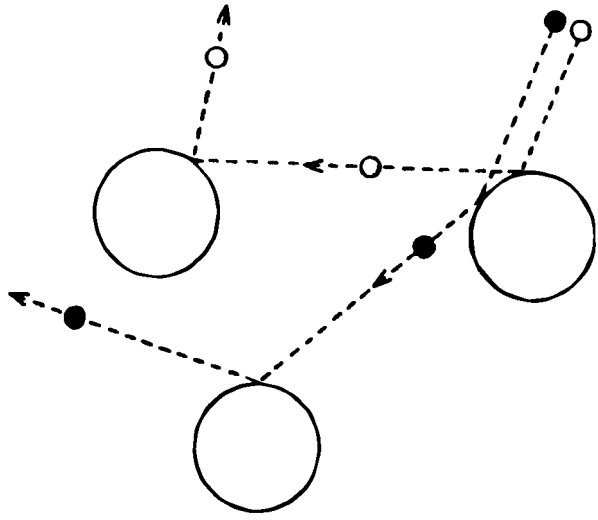


Şekil 37: Kararsız bir sistemin zamansal evrimi. Zaman ilerledikçe, A bölgesi giderek daha da bölünecek olan A′ ve A″ bölgelerine bölünür.

Benzer bir örnek de sert kürelerin dağılımıyla ilgilidir. Rastgele yerleştirilmiş büyük küreler kümesi üzerinde sıçrayıp duran bir küçük küre düşünebiliriz. Büyük kürelerin sabitleştirilmiş olduklarını varsayalım. İşte bu, fizikçilerin büyük Hollandalı fizikçi Hendrik Antoon Lorentz'in adıyla andıkları "Lorentz modeli"dir.

Küçük hareketli kürenin hareket yörüngesi çok iyi tanımlanmıştır. Ancak, başlangıç şartlarına en küçük bir belirsizlik soktuğumuzda, bu belirsizlik ardışık çarpışmalarla amplifiye olur. Zaman ilerledikçe, küçük küreyi belli bir hacimde bulma olasılığı tekdüzeleşir. Ne kadar çok transformasyon olursa olsun orijinal duruma asla dönmeyiz.

Son iki örnekte ileri derecede *kararsız* dinamik sistemlerimiz vardır. Bu durum termodinamik sistemlerde görünen şekliyle kararsızlıkları hatırlatır (bak Bölüm V). Başlangıç şartlarındaki keyfi derecede küçük farklılıklar amplifiye olur. Sonuç olarak da, faz-mekândaki kümelerden tek tek yörüngelere geçiş yapamayız. Kümeler cinsinden tanımlamayı başlangıç noktası almak zorundayız. İstatistiksel kavramlar artık birazcık "objektif gerçeklik"e göre yapılmış birer eğretilemeden ibaret değildir. Bu türden kararsız sistemler karşısında, Laplace'ın cini de bizim kadar çaresizdir.



Şekil 38: Küçük bir kürenin büyük küreler üzerinde sıçrarken izlediği yörüngenin kararsızlığının şematik temsili. Küçük kürenin konumu hakkındaki en küçük bir belirsizlik bile küçük kürenin ilk çarpışmadan sonra hangi büyük küreye çarpacağını tahmin etmeyi imkânsızlaştırır.

Einstein'ın "Tanrı zar atmaz" sözü çok iyi bilinir. Poincaré de aynı cümleden olarak yüce bir matematikçi için olasılıklara yer olmadığını söylerdi. Ancak, Poincaré bu problemin çözümüne giden yolu kendisi çizdi.[11] Zar attığımızda ve olasılık hesapları kullandığımızda bunun dinamiğin yanlış olduğunu varsaymamız anlamına gelmediğini farketti. Bu tamamen ayrı birşey demekti. Ne kadar küçük de olsa, herhangi iki başlangıç şartları aralığında, zarın her ayrı yüzüne giden her zamanki kadar "çok sayıda" yörünge olduğu için biz olasılık kavramını buraya uygularız. Kararsız dinamik sistemlerde olanlar da tamtamına budur. Tanrı, eğer dilerse, kararsız bir dinamik dünyadaki yörüngeleri hesaplayabilir, ve olasılık hesaplarının bizim ulaşmamıza izin verdiği sonuçların aynısını elde eder. Mutlak bilgisini kullanırsa, elbette ki tüm rastgelelikleri bir kenara atabilir.

Sonuç olarak, kararsızlık ile olasılık arasında çok yakın bir ilişki vardır. Bu önemli bir noktadır, ve şimdi bu noktayı tartışmak istiyoruz.

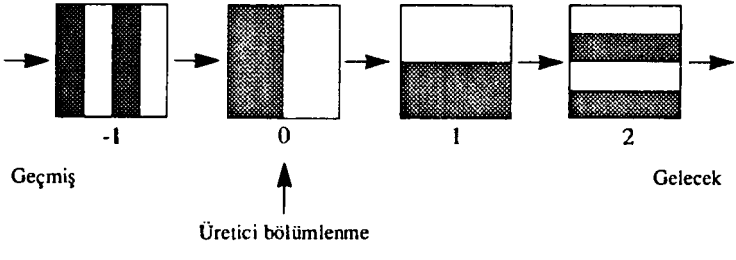
RASTGELELİKTEN GERİ-DÖNÜŞSÜZLÜĞE

Fırıncı *(Baker)* transformasyonları uyguladığımız bir ardışık kareler dizisini düşünün. Bu ardışıklık Şekil 39'da gösterilmiştir. Taralı bölgelerin mürekkeple, açık bölgelerinse suyla dolu olduğunu varsayabiliriz. Sıfır anında elimizde üretici bölümlenme denen şekil vardır. Biz bu bölünmeden başlayarak ya geleceğe doğru giderek bir yatay bölümlemeler dizisi ya da geçmişe doğru giden dikey bölümlenmeler elde ederiz. Bunlar temel bölümlenmelerdir. Kare içinde herhangi bir keyfi mürekkep dağılımı, formal olarak, temel bölümlenmelerin bir üst üste çakışması olarak yazılabilir. Her bir temel bölünlenmeye, basitçe üretici bölümlenmeden sözkonusu temel bölünmeye gelinceye kadarki transformasyonların sayısı olan bir tür "içsel" zaman atfedebiliriz.[12] Böylece bu tür bir sistemin bir tür içsel yaşı olabileceğini görürüz.(*)

11. H. Poincaré, "Le Hasard", *Science et Méthode* (Paris: Flammarion, 1914), s. 65.
12. B. Misra, I. Prigogine ve M. Courbage, "From Deterministic Dynamics to Probalistic Descriptions; *Physica*, Vol 98A (1979), ss. 1-26.

(*) *T* olarak göstereceğimiz içsel zaman, kuantum mekaniklerinde operatör olarak ➨

T içsel zamanı, sistemin global topolojisine bağlı olduğu için, alışılagelmiş mekanik zamandan oldukça farklıdır. Hatta "mekânın zamanlaması"ndan bile söz edebilir ve böylece, "kronojeografi" kavramını ortaya atmış olan coğrafyacıların son zamanlarda ileri sürdüğü fikirlere yakınlaşabiliriz.[13] Sözgelimi, bir kasabanın veya bir arazinin yapısına baktığımızda, birbiriyle etkileşen ve birlikte varolan zamansal unsurlar görürüz. Örneğin, Brezilya ve Pompei'nin fırıncı transformasyonlarındaki temel bölümlenmelere benzer kesin belirlenmiş içsel yaşları vardır. Binaları farklı periyodlarda inşa edilmiş modern Roma'nın ise, tam tersine tıpkı keyfi bir bölümlenmenin farklı içsel zamanlara karşılık gelen bileşenlere ayrılması gibi bir ortalama zamanı olur.



Şekil 39: O zamandaki "üretici bölümlenme"den başlayarak, fırıncı transformasyonları uygularız; böylece yatay bantlar oluştururuz. Benzer şekilde geriye doğru gidince de dikey bantlar elde ederiz.

Gelin tekrar Şekil 39'a bakalım. Eğer çok uzak geleceğe doğru gidersek ne olur? Yatay mürekkep bantları daha da birbirine yaklaşırlar. Ölçümlerimiz ne kadar hassas olursa olsun, bir süre sonra mürekkebin tüm hacim boyunca tekdüze dağıldığı sonucunu çıkarırız. Dolayısıyla, böylesi bir "denge"ye yaklaşma sürecinin, Bölüm VIII'de anlattığımız Markov zinciri gibi bir stokastik süreç olarak resmedilmesine şaşırma-

---

kullanılan olgudur. (bkz. Bölüm VII). Gerçekten, zorlama ile bölümlerin parçalanması, zamanı iyi bir şekilde ifade etmez. Ancak, sadece zaman "farkı" belirlenmişler dışında temel bölünmelere eklenenleri belirlemeye yarar.

13. D. N. Parks ve N.J. Thrrift, *Times, Spaces and Places: A Chronogeographic Perspective* (New York: John Wiley & Sons, 1980).

mak gerekir. Yakın geçmişte, böyle olduğu tam bir matematiksel kesinlikle gösterildi;[14] ancak sonuçlar bize oldukça doğal geldi. Zaman geçtikçe, mürekkebin dağılımı tamtamına Bölüm VIII'de anlatılan kap deneyindeki topların dağılımı gibi, bir dengeye ulaşır. Ancak geçmişe doğru baktığımızda, yine zaman sıfırdaki üretici bölümlenmeden başlayarak, aynı olguyu görürüz. Bu defa mürekkep giderek daralan dikey bantlar halinde dağılır, ve yine, geçmişte, yeterince uzak bir yerde tekdüze dağılmış bir mürekkep buluruz. Dolayısıyla, bu süreci de, ama bu defa geçmişe doğru yönelmiş bir Markov zinciri ile modellendirebileceğimiz sonucunu çıkarabiliriz. Görüyoruz ki, kararsız dinamik süreçlerden biri gelecekte, biri geçmişte dengeye varan iki Markov zinciri elde ederiz.

Çok ilginç bulduğumuz bu sonucu biz şöyle yorumlamak istiyoruz: İçsel zaman bize yeni bir "lokal olmayan" tanımlama imkânı tanır.

Sistemin "yaşı"nı bildiğimizde (yani, ona karşılık gelen bölümlenmeyi bildiğimizde) yine de onu kesin belirli bir lokal yörüngeyle ilişkilendiremeyiz.

Sadece sistemin taralı bir bölge içinde bir yerde olduğunu biliriz (Şekil 39). Benzer şekilde, sistem içinde bir noktaya karşılık gelen bazı kesin başlangıç şartlarını bilsek de, ne onun hangi bölümlenmeye ait olduğunu, ne de sistemin yaşını bilebiliriz. Bu gibi sistemler için dolayısıyla iki tane birbirini tamamlayan tanımlama biliriz ve bu durum Bölüm VII'de, kuantum mekaniğini tartışırken tanımladığımız bir durumu hatırlatır.

Dinamikten olasılığa, ancak yeni alternatifimiz, yani lokal olmayan tanımlama sayesinde geçiş yapabiliriz. Bunun mümkün olduğu sistemlere "özde tesadüfi sistemler" deriz.

Klasik deterministik sistemlerde, bir noktadan diğerine geçişte geçiş olasılıklarını oldukça yozlaşmış anlamıyla kullanabiliriz. Bu geçiş olasılığı, iki nokta aynı dinamik yörüngede yeralıyorsa bire, yoksa sıfıra eşit olacaktır.

---

14. M. Courbage ve I. Prigogine, "Intrinsic Randomness and Intrinsic Irreversibility in Classical Dynamical Systems" *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 80 (Nisan 1983).

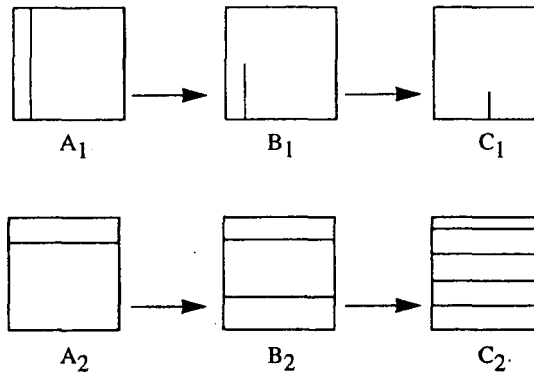
Oysa, gerçek anlamda olasılık teorisinde, sıfır ile bir arasındaki pozitif sayılar olan geçiş olasılıklarına ihtiyacımız vardır. Bu nasıl olur? İşte burada subjektivist görüşlerle objektif olasılık yorumları arasındaki karşıtlığı tüm çıplaklığıyla görürüz. Subjektif yorum tek tek yörüngelerin bilinmediği duruma karşılık gelir. Olasılık (ve, en sonunda, onunla çok yakından ilişkili geri-dönüşsüzlük) bizim cehaletimizden kaynaklanır. Fakat, şükür ki bir başka objektif yorum vardır: olasılık, bir alternatif dinamik tanımlamanın, yani ileri derecede kararsız dinamik sistemlerden kaynaklanan bir lokal-olmayan tanımlamanın sonucu olarak ortaya çıkar.

Burada, olasılık, bir bakıma dinamiğin kendi içinde ürettiği ve dinamik sistemin temel bir yapısını ifade eden bir objektif özellik haline gelir. Boltzmann'ın temel buluşunun önemini daha önce de vurgulamıştık: entropi ve olasılık arasındaki bağlantı. Kendi içinde rastgele sistemler için olasılık kavramı dinamik bir anlam kazanır. Şimdi ise kendi içinde rastgele sistemlerden geri-dönüşsüz sistemlere geçmenin bir yolunu bulmalıyız. Kararsız dinamik süreçlerden, iki Markov zinciri elde ettiğimizi görmüştük.

İşte bu ikiliği değişik bir şekilde de görebiliriz. Bir çizgi üzerinde (bir yüzey üzerinde değil) yoğunlaşmış bir dağılımı ele alalım. Bu çizgi dikey ya da yatay olabilir. Geleceğe doğru giden bir Baker transformasyonu uyguladığımızda, bu çizginin başına neler gelecek, bir görelim. Sonuç Şekil 41'de gösterilmiştir. Yatay çizgi birbiri ardından küçük parçalara bölünür ve uzak bir gelecekte bir nokta haline gelir. Yatay çizgi ise, tam tersine, her defasında iki katına çıkacak ve uzak gelecekte tüm yüzeyi tekdüze olarak "kaplayacaktır." Açık ki, geriye doğru gidersek tam tersi olur. Anlaşılması kolay nedenlerle, dikey çizgiye daralan çizgi, yatay çizgiye ise genişleyen çizgi denir.

Artık karşımızda çatallaşma teorisi ile tam analoji gösteren bir teori vardır. Daralan çizgi ve genişleyen çizgi her biri simetri konumuna katılan ve çiftler halinde beliren iki dinamik realizasyonuna karşılık gelir. Daralan çizgi uzak geçmişteki dengeye, genişleyen çizgi geleceğe karşılık gelir. Dolayısıyla, karşıt zaman doğrultularına yönelmiş iki tane Markov zincirimiz olur.

Şimdi, kendi içinde rastgele sistemlerden kendi içinde geri-dönüşsüz sistemlere geçiş yapmamız gerekiyor. Bunun için daralan ve genişleyen çizgiler arasındaki farkı daha kesin biçimde anlamamız gerekir. Baker transformasyonu kadar kararsız bir başka sistemin de sert kümelerin saçılmasını açıklayabileceğini gördük. Burada daralan ve genişleyen çizgilerin basit bir fiziksel yorumu vardır. Daralan bir çizgi, hızları uzak geçmişte rastgele dağılmış ve uzak gelecekte paralel hale gelen bir sert küre topluluğuna karşılık gelir. Genişleyen bir çizgi ise, paralel hızlarla başlayıp rastgele bir hız dağılımına doğru gittiğimiz tam tersi duruma karşılık gelir. Dolayısıyla aradaki fark Popper'in verdiği örnekteki gelen ve giden dalgalar arasındaki farka çok benzer niteliktedir. Daralan çizgilerin gerçekte olmayışı, deneycinin, ne kadar incelikli, gelişmiş araçlarla çalışıyor olursa olsun, birtakım rastgele çarpışmalardan sonra artık sisteme paralel hızlar ürettirecek kontrolü sağlayamaması gerçeğine karşılık gelir. Daralan çizgileri ekarte ettikten sonra, elimizde ortaya attığımız iki olası Markov zincirinden sadece biri kalır. Bir başka deyişle, ikinci kanun başlangıç şartlarının seçilimi ilkesi haline gelir. Sadece gelecekte dengeye giden başlangıç şartları elde kalır.



Şekil 40: Baker transformasyonunda daralan ve genişleyen çizgiler; zaman geçtikçe, A_1 daralan çizgisi kısalır (sırasıyla A_1, B_1, C_1), ve genişleyen çizgiler iki katına çıkar (sırasıyla A_2, B_2, C_2)

Belli ki bu seçilim ilkesinin geçerliğini dinamik sürdürür. Bunu, daralan çizgilerin yine tüm zamanlarda daralan çizgiler olarak, genişleyen çizgileriyle genişleyen çizgiler olarak kaldığı Baker transformasyonu örneğinde kolayca görebiliriz. Markov zincirlerinden birini bastırarak kendi içinde rastgele bir sistemden kendi içinde geri-dönüşsüz bir sisteme geçeriz. Geri dönüşsüzlüğün tanımlanmasında üç temel unsur görürüz:

kararsızlık

↑

özde tesadüfiyet

↑

içsel geri-dönüşsüzlük

Bunlardan içsel geri-dönüşsüzlük en kuvvetli özelliktir: tesadüfü ve kararsızlığı öngörür. [14, 15]

Bu çıkarım dinamikle nasıl bağdaşır? Daha önce gördüğümüz gibi, dinamikte "bilgi" korunurken, Markov zincirlerinde bilgi yitirilir (ve dolayısıyla entropi artar, Bak. Bölüm VIII). Ancak yine de bir çelişki yoktur; çünkü Baker transformasyonunun dinamik tanımından termodinamik tanıma geçtiğimizde, dağılım fonksiyonumuzu yeniden düzenlememiz gerekir; entropi artışına konu olan "objeler" dinamikte ele alınanlardan farklıdır. Yeni dağılım fonksiyonumuz $\hat{\rho}$ içsel olarak zaman yönelimli bir dinamik sistem tanımlamasına karşılık gelir. Bu kitapta bu transformasyonun matematiksel yanlarına giremeyiz. Fakat bu transformasyonun kanonik olmaması gerektiğini de belirtelim (Bak. Bölüm II). Termodinamik tanımlamaya ulaşmak için bilinen dinamik formülasyonlarını terketmemiz gerekir.

Böyle bir transformasyonun var olması ve sonuç olarak artık dinamiği ve termodinamiği, yani olmanın fiziğini ve akışmanın fiziğini bütünleştirebiliyor oluşumuz oldukça kayda değer birşeydir. Daha sonra yine bu bölümde ve ayrıca sonuç bölümümüzde bu yeni termodinamik nesnelere tekrar döneceğiz. Şimdilik, yalnızca denge durumunda, ent-

15. I. Prigogine ve C. George "The Second Law as a Selection Principle: The Microscopic Theory of Dissipative Processes in Quantum Systems, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, c. 80 (1983), ss. 4590-4594.

ropi ne zaman maksimuma erişirse, bu nesnelerin rastgele davranacağını belirtmekle yetinelim.

Geri-dönüşsüzlüğün, deyim yerindeyse, tanımlamamıza indirgenemez istatistiksel nitelikler sokan kararsızlıktan çıkışı oldukça dikkat çekici görünüyor. Doğrusu, geleceğin ve geçmişin beraberce şimdiki anda saklı olduğu deterministik bir dünyada zamanın okunun anlamı ne olabilir ki? Gelecek şimdiki zamanda saklı olmadığı ve biz de şimdiki zamandan geleceğe doğru gittiğimiz içindir ki, zamanın oku şimdiki zamandan geleceğe doğru yöneliktir. Biz, geri-dönüşsüzlüğün rastgelelik üzerine inşasının, bilimin kendisinden de öteye geçen ve sonuç bölümümüzde tekrar döneceğimiz birçok sonuçları olduğuna inanıyoruz. Gelin, şimdi ikinci kanunun izin verdiği ve yasakladığı durumlar arasındaki farkı netleştirelim.

ENTROPİ ENGELİ

Zaman tek bir yönde, geçmişten geleceğe doğru akar. Zamanı manipüle edemiyoruz, geçmişe yolculuk yapamıyoruz. Zaman içinde yolculuk, *Binbir Gece Masalları*'ndan H. G. Wells'ın *Zaman Makinesi*'ne kadar birçok yazarın zihnini meşgul etmiştir. Günümüzde de, Nabokov kısa romanı *Look at the Harlequins!*[16]'de biz "zamanı kıvırmaya" çalışırken, kendini bir mekansal yönden diğerine çeviremeyen birinin çektiklerini anlatır. *Science and Civilization in China*'nın beşinci cildinde, Needham Çinli simyacıların rüyasını anlatır: onların en büyük emeli, (Batılı meslekdaşlarının tersine), metallerin altına dönüşümünü başarmak değil, zamanı manipüle etmek, tabiî bozunma süreçlerini radikal düzeyde yavaşlatarak ölümsüzlüğe ulaşmaktı.[17] Artık, Nabokov'un ifadesiyle neden "zamanı kıvıramadığımızı" daha iyi anlayacak durumdayız.

Sonsuz bir entropi engeli olası başlangıç şartlarını yasak olanlardan ayırır. Bu engel sonsuz olduğu için de, teknolojik ilerleme hiçbir zaman onu aşamayacak. Bir gün geçmişimize doğru yolculuk edebileceğimiz

16. V. Nabokov, *Look at the Harlequins!* (McGraw-Hill 1974).
17. J. Needham, "Science and Society in East and West; *The Grand Tradition* (Condro: Allen & Unwin, 1969).

umudundan artık vazgeçmek zorundayız. Bu durum ışık hızının sunduğu engeli andırır. Teknolojik ilerleme bizi ışık hızına yaklaştırabilir, ama bugünkü fizik anlayışına göre, ışık hızına asla varamayız.

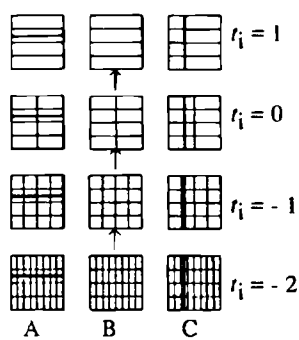
Bu engeli anlayabilmek için, Markov zincirleri teorisindeki şekliyle $\mathcal{H}$ niceliğinin ifade edilmesine bir dönelim (Bak. Bölüm VIII). Her ayrı dağılımı bir sayı —buna karşılık gelen $\mathcal{H}$ niceliğini— verebiliriz. Böylece her dağılıma kesin-belirlenmiş bir bilgi içeriğinin karşılık geldiğini söyleyebiliriz. Bu bilgi içeriği arttıkça da, ona karşılık gelen durumu gerçekleştirmek o kadar zorlaşacaktır. Burada söylemek istediğimiz şey, ikinci kanunun yasakladığı başlangıç dağılımının sonsuz bir bilgi içeriğine sahip olabileceğidir. İşte bu yüzdendir ki, onları ne gerçekleştirebilir, ne de tabiatta bulabiliriz.

Önce Bölüm VIII'de sunulduğu şekliyle $\mathcal{H}$'in anlamını tekrar irdeleyelim. İlgili faz-mekânını bunun için, bölmelere veya kutulara bölmek zorundayız. Her k bölmesine, bir denge olasılığı $p_{eqm}(k)$ ve bir denge-dışı olasılığı $P(k,t)$ verelim. $\mathcal{H}$, $P(k,t)$ ile $P_{eqm}(k)$ arasındaki farkın ölçüsüdür ve denge durumunda, bu fark kaybolduğu için, sıfırlanır. Dolayısıyla, fırıncı transformasyonunu Markov zincirleri ile karşılaştırmak için karşılık gelen bölmelerin seçimini daha da duyarlı hale getirmemiz gerekir. Zaman 2'de bir sistemi ele aldığımızı varsayın ve yine bu sistemin t_i zamanında oluştuğunu farzedin (Bak. Şekil 39). Bu durumda, dinamik teorimizin bir sonucu, bölmelerin t_i ve t=2 zamanları arasındaki bölümlenmeler arasındaki tüm kesişmelere karşılık gelmesidir. Şimdi Şekil 39'u ele alırsak, t_i geçmişe doğru kaydıkça, giderek daha da çok sayıda dikey bölümlenmeler koymak zorunda kaldığımızı ve sonuçta bölmelerin giderek daraldıklarını görürüz. Aynı durum şekil 41'de, t_i'in 1, 0, –1 ve son olarak, t_i= –2 değerlerini aldığı B sıralamasında gösterilmiştir. Aslında böylelikle bölmelerin sayısının 4'den 32'ye çıktığını görürüz.

Hazır bölmeler elimizdeyken, her bölmeye karşılık gelen denge-dışı dağılımla denge dağılımını kıyaslayabiliriz. Bu örnekte, denge-dışı dağılım ya genişleyen (A sırası) ya da daralan çizgidir (K sırası). Burada dikkat edilmesi gereken nokta t_i geçmişe doğru kayarken, daralan çizginin giderek artan sayıda bölmeler kaplamasıdır: t_i= –1 değeri için 4 bölme kaplarken , t_i= –2 için 8 bölme kaplar ve böylece sürer.

Sonuç olarak, Bölüm VIII'de verilen formülü uyguladığımızda, bölmelerin sayısı bu şekilde sonsuza gidiyor, $t_i \to -\infty$ olsa da, sınırlı bir sonuç elde ederiz.

Daralan çizgi ise, tam tersine, t_i'in değeri ne olursa olsun hep 4 kutu içinde kalır. Sonuç olarak daralan çizgiye uygulandığında t_i geçmişe değin kaydıkça, $\mathcal{H}$'de sonsuza bölünür. Özet olarak bir dinamik sistemle Markov zinciri arasındaki fark dinamik sistemde gözönüne alınacak bölmelerin sayısının sonsuz oluşudur. Bu gerçek bizi bir seçilim ilkesine götürür. Yalnızca ölçmeleri veya olasılıkları, o da sayısız bölmelerin limiti içinde sınırlı bir bilgi veya sınırlı bir $\mathcal{H}$ niceliği verdiklerinden, hazırlayabilir veya gözleyebiliriz. Bu da daralan çizgileri ekarte eder.[18] Yine aynı nedenle tek bir nokta üzerinde yoğunlaşmış dağılımları da ekarte etmemiz gerekir. Kararsız sistemlerde bir tek noktaya karşılık gelen başlangıç şartları yine sonsuz bir bilgiye karşılık gelir ve dolayısıyla realize edilmesi ya da gözlenmesi imkânsızdır. Yine ikinci kanunun bir seçilim ilkesi olarak belirdiğini görürüz.



Şekil 41: Genişleyen (A sırası) ve daralan (C sırası) çizgiler Baker transformasyonu faz-mekânını bölümleyen çeşitli sayıda bölmelere ulaşır. Belli bir sıradaki tüm "kareler" aynı zamana, yani t= 2'ye karşılık gelir, fakat her kareyi bölümleyen bölmelerin sayısı sistemin t_i başlangıç zamanına bağlıdır.

18. Ayrıntılar için bkz., B. Misra, I. Prigogine ve M. Courbage, "From Deterministic Dynamics to Probabilistic Description", *Physica*, 98A (1979), ss. 1-26. B. Misra ve I. Prigogine "Time, probability and Dynamics", in *Long-time Prediction in Dynamics*. ed s. C.W. Horton L. E. Recihl, ve A.G. Szebehely (New York: Wiley, 1983).

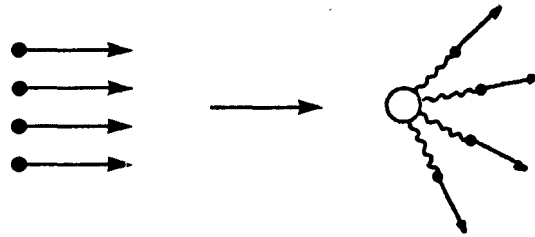
Klasik tabloda başlangıç şartları keyfî idi. Kararsız sistemler için artık bu geçerli değil. Burada her başlangıç durumuna ayrı bir bilgi içeriği atfedebiliriz ve bu bilgi içeriğinin kendisi sistemin dinamiklerine bağlıdır (Fırıncı transformasyonunda bilgi içeriğini hesaplamak için hücrelerin ardışık fragmantasyonunu kullanışımız gibi). Başlangıç şartları ve dinamik artık bağımsız şeyler değiller. Bir seçilim ilkesi olarak ikinci kanun bize öylesine önemli görünüyor ki, burada korelasyonların dinamiğine dayalı bir başka resim daha vermek istiyoruz.

KORELASYONLARIN DİNAMİĞİ

Bölüm VIII'de kısaca hız tersleşmesi deneyini tartışmıştık. Seyreltik bir gazı ele alıp onun zaman içindeki evrimini izleyebiliriz. t_0 anında her molekülün hızlarının tersleşmesini yaşamış olalım. Gaz bu durumda başlangıç durumuna geri döner. Önceden de dikkat çektiğimiz gibi gazın kendi geçmişini yeniden yaşayabilmesi için bir bilgi deposu olmalıdır. Bu depo, parçacıklar arasındaki "korelasyonlar" açısından tanımlanabilir.[19]

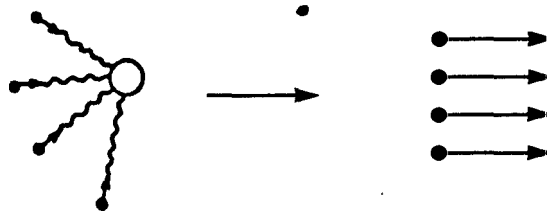
Önce bir hedefe (ağır ve hareketsiz bir parçacığa) doğru yönelmiş bir parçacıklar bulutu düşünün. Bu durum Şekil 42'de gösterilmiştir. Uzak geçmişte, parçacıklar arasında hiçbir korelasyon yoktu. Şimdi ise, saçılma Bölüm VIII'de söz konusu edilmiş iki sonuca yol açar. Parçacıkları ayrı yönlerde dağıtır (hız dağılımını daha simetrik hale getirir) ve saçılmış parçacıklar ve saçıcı parçacık arasında korelasyonlar üretir. Bu korelasyonlar bir hız tersleşmesi ile (yani, parçacıkların önüne küresel bir ayna koyarak) görünür hale getirir ve korelasyonlar üretir; karşıt süreçte ise, hız dağılımının simetrisi azalır ve korelasyonlar kaybolur. Görüldüğü gibi, korelasyonların hesaba katılması doğrudan ve karşıt süreçler arasında temel bir ayırıma yol açar.

19. I. Prigogine, C. George, F. Henin ve L. Rosenfeld, "A Unified Formulation of Dynamics and Thermodynamics", *Chemica Scripta* c. 4 (1973), ss. 5-32.



Şekil 42: Parçacıkların saçılması. Başlangıçta tüm parçacıklar aynı hızdadır. Çarpışmadan sonra, hızlar artık aynı değildir, ve saçılmış parçacıklar saçıcı ile korelasyon gösterirler (korelasyonlar her zaman dalgalı çizgilerle temsil edilir).

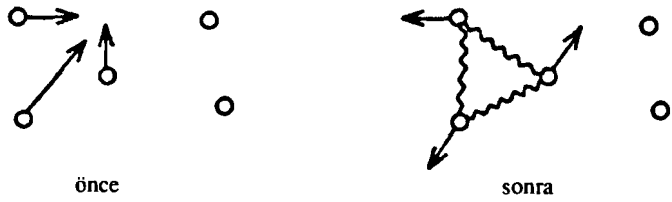
Bu çıkarımımızı çok cisimli sistemlere uygulayabiliriz. Burada iki tür durumu gözönüne alabiliriz: birinde, korele parçacıklar gelir saçılır ve korele olmayan parçacıklar üretilir (Bak. Şekil 44). Karşıt durumda ise, korele parçacıklar gelir ve çarpışmalarla korelasyonlar kaybolur ve korele olmayan parçacıklar ortaya çıkar (Bak. Şekil 45)



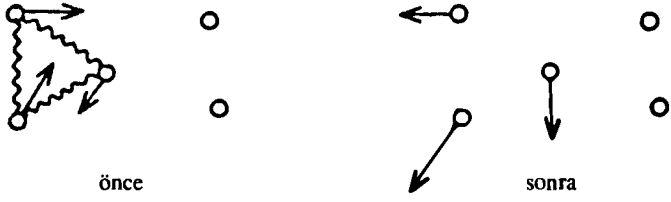
Şekil 43: Bir çarpışmadan sonraki hız tersleşmesinin sonucu: "tersleşmiş" yeni çarpışmadan sonra, korelasyonlar baskılanır ve tüm parçacıkların hızı aynı olur.

Bu iki durum çarpışmaların ve korelasyonların zamansal düzeni açısından birbirinden ayrılır. Birinci durumda, "çarpışma sonrası" korelasyonlarımız vardır. Şimdi, çarpışma öncesi ve sonrası korelasyonlar arası farkı aklımızda tutarak, hız tersleşmesi deneyine dönelim. t=0 anında, parçacıklar arası hiçbir korelasyonun olmadığı bir başlangıç

durumu ile başlayalım. $0 \rightarrow t_0$ süresince "normal" bir evrimimiz olur. Çarpışmalar hız dağılımını Maxwell denge dağılımına yakınlaştırır. Bu çarpışmalar aynı zamanda parçacıklar arasında çarpışma-sonrası korelasyonlar üretir. Hız tersleşmesinden sonraki t_0 anında, tümüyle yeni bir durum ortaya çıkar. Çarpışma sonrası korelasyonlar artık çarpışma-öncesi korelasyonlara dönüşür. t_0 ve $2t_0$ zaman aralığında bu çarpışma-öncesi korelasyonlar kaybolur, hız dağılımının simetrisi azalır ve $2t_0$ anında korelasyon dışı duruma geri dönmüş oluruz. Bu sistemin tarihinin dolayısıyla iki evresi vardır.



Şekil 44: Çarpışma sonrası korelasyonların oluşumunun dalgalı çizgilerle temsili; ayrıntılar için metine bakınız.



Şekil 45: Çarpışma-öncesi korelasyonların çarpışmalarla kaybolması.

Birinci evrede çarpışmalar korelasyonlara transforme olur; ikincide korelasyonlar tekrar çarpışmalara dönüşür. Her iki süreç de dinamik kanunları ile bağdaşır niteliktedir. Dahası, Bölüm VIII'de bahsettiğimiz gibi dinamiğin tanımladığı toplam "bilgi" sabit kalır. Yine daha önce

Boltzmann'ın tanımlamasında 0 anından t_0 anına kadarki evrimin her zamanki $\mathcal{H}$ azalmasına karşılık geldiğini, ancak t_0'dan $2t_0$'a kadar anormal bir durum elde ettiğimizi görmüştük: t_0 ve $2t_0$ arasında $\mathcal{H}$ artar ve entropi azalır. Buna göre laboratuvarda veya kompüterde ikinci kanunun çiğnendiği deneyler düzenleyebiliriz! 0-t_0 zaman aralığındaki geri-dönüşsüzlük t_0-$2t_0$ zaman aralığındaki "anti-geri-dönüşsüzlük"le telafi edilebilir.

Bu pek tatmin edici değildir. Baker transformasyonunda olduğu gibi, dinamiği Markov zinciri gibi olasılıklı süreçlerle tanımlayabilecek yeni "termodinamik temsil"e geçtiğimizde, tüm bu zorluklar kaybolur. Aynı zamanda hız tersleşmesinin bir "tabiî" süreç olmadığını da hesaba katmalıyız; çünkü hızlarını tersine çevirmek için moleküllere dışarıdan "bilgi" verilmesini öngörür. Hız tersleşmesini gerçekleştirebilmek için bir Maxwell cinine ihtiyacımız var, ve tabii bu cinin de bir fiyatı vardır. $\mathcal{H}$ niceliğini (olasılıklı süreçler için) zamanın bir fonksiyonu olarak ele alalım. Bunun Şekil 46'da yapıldığını göreceksiniz. Bu yaklaşımda, Boltzmann'ın yaklaşımının aksine, korelasyonların etkileri yeni $\mathcal{H}$ tanımı içinde yeralır. Buna göre, hızın tersleştiği t_0 noktasında, aniden, daha sonra kaybolacak anormal çarpışma öncesi korelasyonlar ürettiğimiz için, $\mathcal{H}$ niceliği bir sıçrama yapacaktır. Bu sıçrama ödemek zorunda olduğumuz entropiye veya bilgi ücretine karşılık gelir.

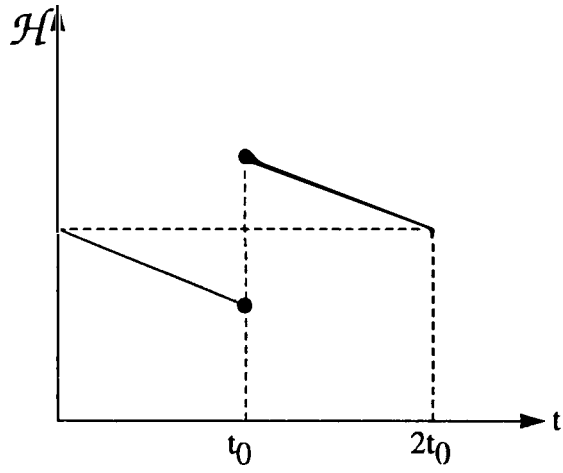
Artık elimizde güvenilir bir ikinci kanun temsili vardır: her anda $\mathcal{H}$ niceliği azalır (veya entropi artar). t_0 anında bunun bir istisnası olur: $\mathcal{H}$ aniden yukarı sıçrar; fakat bu sistemin açık durumda olduğu ana rastlar. Ancak dışarıdan etki ederek hızları tersleştirebiliriz.

Bir başka temel nokta daha vardır: t_0 anında yeni $\mathcal{H}$ niceliğinin iki ayrı değeri vardır; biri hız tersleşmesinden önceki sistem için, biri de hız tersleşmesinden sonrası için. Bu iki durumun farklı entropileri vardır. Bu daralan ve genişleyen çizgiler birbirinin hız tersleşmesi olduğunda Baker transformasyonunda olanları andırır.

Hız tersleşmesi yapmadan önce yeterince uzun bir süre beklediğimizi farzedin. Çarpışma-sonrası korelasyonların keyfî bir ranjı olacak

ve hız tersleşmesinin entropi maliyeti çok yükselecektir. Hız tersleşmesi böylelikle çok yüksek bir entropi maliyeti isteyecek ve böylece ekarte edilmiş olacaktır. Fiziksel bakımdan, bu, ikinci kanunun geniş-alanlı çarpışma öncesi korelasyonları ekarte etmesi demek olur.

İkinci kanunun makroskobik tanımıyla yapılan analoji oldukça çarpıcıdır. Enerjinin korunumu açısından, ısı ve iş aynı rolü oynarlar, ama ikinci kanun açısından artık böyle değil. Kısaca belirtirsek, iş daha içtutarlılıklı bir enerji biçimidir ve her zaman ısıya çevrilebilir, fakat bunun tersi olmaz.



Şekil 46: $\mathcal{H}$-fonksiyonunun hız tersleşmesi deneyinde zamansal değişimi: t_0 anında hızlar tersleşir ve $\mathcal{H}$ süreksizlik gösterir $2t_0$ anında sistem 0 anındaki aynı durumdadır, $\mathcal{H}$ başlangıçtaki değerini yeniden alır. Tüm anlarda (t_0 anı hariç) $\mathcal{H}$ azalır. Burada önemli olan t_0 anında $\mathcal{H}$ niceliğinin iki ayrı değer almasıdır.

Mikroskobik düzeyde de çarpışmalar ve korelasyonlar arasından benzer bir ayrım vardır. Dinamik açısından çarpışmalar ve korelasyonlar denk roller oynarlar. Çarpışmalar korelasyonlara yol açar, ve korelasyonlar çarpışmaların etkisini yokeder. Fakat burada temel bir farklılık vardır. Çarpışmaları kontrol edip korelasyonlar üretebiliriz, fakat

korelasyonları çarpışmaların sisteme soktuğu etkileri yok edecek şekilde kontrol edemeyiz. İşte dinamikte hesaba katılmayan ancak termodinamik hesaplarına katılabilecek olan, bu temel farktır. Termodinamiğin hiçbir noktada dinamikle çatışmaya girmediğine dikkat edin. Termodinamik fiziksel dünya anlayışımıza yeni ve temelli bir unsur ekler.

BİR SEÇİLİM İLKESİ OLARAK ENTROPİ

Mikroskobik geri-dönüşsüz süreçler teorisinin geleneksel makroskobik teoriye ne kadar yakından benzediğini görmek oldukça şaşırtıcıdır. Her iki durumda da entropinin başlangıçta negatif bir anlamı vardır. Makroskobik yanıyla, ısının soğuktan sıcağa doğru akışı gibi bazı süreçleri yasaklar. Mikroskobik yanıyla ise, belli türde başlangıç durumlarını yasaklar. İzin verilenle yasaklanan arasındaki ayırım zaman içinde dinamik kanunlar ile sürdürülür. Entropinin pozitif yanıda yine negatif yanından kaynaklanır: entropinin kendi olasılık yorumu ile birlikte varolması. Geri-dönüşsüzlük artık belli makroskobik düzeydeki bir mucizeymiş gibi ortaya çıkmaz. Makroskobik geri-dönüşsüzlük yalnızca, içinde yaşadığımız kâinatın zaman yönelimli polarize tabiatını ortaya çıkarır.

Tekrar tekrar vurguladığımız gibi, tabiatta geri-dönüşlü olarak davranan ve tümüyle klasik veya kuantum mekaniği kanunlarıyla tasvir edilebilecek sistemler vardır. Fakat ilgimizi çeken çoğu sistemler, —kimyasal sistemler ve dolayısıyla tüm biyolojik sistemler de dahil— makroskobik düzeyde zaman-yönelimlidir. Bu bir "yanılsama" olmaktan öte mikroskobik düzeydeki bir kırık zaman-simetrisinin ifadesidir. Geri-dönüşsüzlük ya *tüm* düzeylerde geçerlidir ya da hiçbirinde. Bir mucizeymiş gibi, bir düzeyden diğerine gidip gelirken ortaya çıkamaz.

Ayrıca daha önce geri-dönüşsüzlüğün diğer simetri kırınımlarının başlangıç noktası olduğunu belirtmiştik. Meselâ, genellikle parçacıklarla anti-parçacıklar arasındaki farkın yalnızca denge-dışı bir dünyada ortaya çıkabileceği kabul edilir. Bu kabullenme diğer birçok duruma da uzatılabilir. Geri-dönüşsüzlüğün, uygun antllaşmayı seçerek çiral (*chiral*) simetrinin ortaya çıkışında da bir rol oynamış olması olasıdır. Bu-

günlerdeki en ateşli araştırma konularından biri de geri-dönüşsüzlüğün maddenin yapısına nasıl "dahil edileceği"dir.

Okuyucu mikroskobik geri-dönüşsüzlüğün çıkarımı sırasında, klasik dinamik üzerinde yoğunlaşageldiğimizi farketmiş olabilir. Ancak, korelasyonlar ve çarpışma-öncesi ve sonrası korelasyonlar farkı fikirleri pekâlâ kuantum sistemlerine de uygulanabilir. Kuantum sistemlerinin çalışılması klasik sistemlerin çalışılmasından daha karmaşıktır. Ki bunun bir nedeni vardır: klasik ve kuantum mekaniği arasındaki fark. Birkaç sert küreden oluşmuş olanlar gibi küçük klasik sistemler bile bir içsel geri-dönüşsüzlük gösterirler. Ne var ki, kuantum sistemlerinde geri-dönüşsüzlüğe ulaşabilmek için, sıvılar, gazlar içinde veya alan teorisi içinde gerçekleşenler gibi büyük sistemlere ihtiyaç duyarız. Büyük sistemleri çalışmanın matematiksel olarak daha zor olduğu açıktır ve bu yüzden burada konuya girmeyeceğiz. Ancak, bu durum temel olarak kuantum teorisinde de aynıdır. Orada da geri-dönüşsüzlük dalga fonksiyonu kavramının bir tür kuantum kararsızlığı nedeniyle sınırlanmasının bir sonucu olarak başlar.

Dahası, çarpışmalar ve korelasyonlar fikri kuantum teorisinde de kullanılabilir. Dolayısıyla, ikinci kanun klasik teoride olduğu gibi, geniş-alanlı çarpışma-öncesi korelasyonları yasaklar.

Bir olasılık sürecine geçmek yeni bazı antiteler ortaya çıkarır ve bu *yeni antitelerle ikinci kanun düzenden düzensizliğe doğru bir evrim olarak anlaşılabilir.* Bu önemli bir çıkarımdır; ikinci kanun yeni bir madde kavramı getirir. Şimdi bu kavramı anlatmak istiyoruz.

AKTİF MADDE

Entropiyi bir dinamik sistemle ilişkilendirdiğimizde tekrar Boltzmann kavramlaşmasına döneriz: denge durumunda olasılık en yüksek değerdedir. Termodinamik evrimi tanımlamak için kullandığımız birimler bu yüzden denge durumunda kaotik biçimde davranacaklardır. Tam tersine, dengeye-yakın şartlarda korelasyonlar ve tutarlılık ortaya çıkacaktır.

Böylece buradan çıkaracağımız temel sonuçlardan birine geldik: ister makroskobik fizik düzeyinde, ister dalgalanmalar düzeyinde veya mikroskobik düzeyde olsun, tüm düzeylerde, *denge-dışılık düzenin kaynağıdır. Denge-dışılık "kaostan düzen" çıkarır.* Fakat daha önce de söz ettiğimiz gibi, düzen (veya düzensizlik) kavramı sanıldığından daha karmaşıktır. Seyreltik gazlar gibi bazı sınırlı durumlarda ancak, Boltzmann'ın öncü çalışmasına uyan basit bir anlam kazanır.

Şimdi bir kez daha fiziksel dünyanın kuvvetler ve alanlar cinsinden yapılan dinamik tanımını termodinamik tanımlama ile karşılaştıralım. Daha önce sözettiğimiz gibi, başlangıçta rastgele dağılmış ve birbiriyle etkileşen parçacıkların bir karışım oluşturduğu kompüter deneyleri düzenleyebiliriz. Bunun dinamiksel yorumu parçacıklar arası kuvvetler yoluyla bir düzenin ortaya çıktığı şeklindedir. Termodinamik yorumu ise, tam tersine, *düzensizliğe* doğru yaklaşmak şeklinde olacaktır (sistem izole olduğunda), fakat düzensizliğe doğru gidiş oldukça farklı birimlerle ifade edilir, ki bu örnekte çok sayıda parçacığın kollektif modlarıyla anlatılır. Burada Bölüm VI'da sistemin denge durumunda tutarlı olmasını sağlayan yeni birimleri tanımlamak için kullandığımız bir buluşumuzu yeniden gündeme getirmeye değer buluyoruz; bu birimlere "hipnonlar", yani denge durumunda birbirlerini tanımadıkları için "uyurgezer"ler diyoruz. Bunların her biri dilediğimiz kadar karmaşık olabilir (bir enzimin moleküler karmaşıklığını düşünün). Fakat denge durumunda bu karmaşıklıkları "içe" döner. Yine bir molekül içinde yoğun bir elektrik alanı vardır ama seyreltik bir gazda bu alan diğer moleküllerin de hesaba katılmasıyla ihmal edilebilir durumdadır.

Günümüz fiziğindeki büyük sorunlardan biri de temel parçacıklar problemidir. Ancak, temel parçacıkların temel olmaktan çok uzak olduğunu biliyoruz. Çünkü daha da yüksek enerjilerde yeni yapı düzeyleri ortaya çıkar. O halde, tüm bunlar bir yana temel parçacık nedir? Mesela, Dünya gezegeni bir temel parçacık mıdır? Kuşkusuz değildir. Enerjisinin bir bölümü Güneş, Ay ve diğer gezegenlerle etkileşiminden kaynaklanır. Temel parçacıklar kavramı alışılmış kavramlar cinsinden tanımlanması oldukça zor bir "otonomi"yi gerektirir. Elektronlar ve fo-

tonlar örneğini alalım. Burada bir ikilem karşılar bizi: ya kesin sınırla ayrılmış parçacıkların olmadığına (çünkü enerji kısmen elektronlar ve protonlar arasındadır) ya aradaki etkileşimi elimine edebilirsek ancak hiç etkileşmeyen parçacıklar olduğuna hükmedeceğiz. Nasıl yapacağımızı bilseydik bile, bu aşırı radikal bir işlem olurdu. Elektronlar foton emerler veya foton saçarlar. Bir çıkış yolu süreçler fiziğine geçmek olabilir. Birimler, yani temel parçacıklar bu defa da hipnonlar, yani denge durumunda birbirlerinden bağımsız olarak evrimleşen şeyler olarak tanımlanırdı. Biz, yakın bir gelecekte, bu hipotezi test edebilecek deneylerin yapılacağına inanıyoruz; eğer fotonlarla etkileşen atomların (veya kararsız temel parçacıkların) tabiatın global evrimini ifade eden zaman okunu öteden beri taşıyor oldukları doğruysa, bu oldukça şaşırtıcı birşey olmalı.

Bugün hemen herkesçe tartışılan bir konu da kozmik evrim problemidir. Big Bang anının hemen yakınındaki bir dünya nasıl olur da "düzenli" olur? Ancak, eğer kozmik evrimi düzenden düzensizliğe doğru dereceli bir geçiş olarak anlamak istiyorsak bu düzen gereklidir.

Buna tatmin edici bir cevap verebilmek için hangi "hipnonlar"ın erken kâinata özgü uç sıcaklık ve yoğunluk şartlarına uygun düştüğünü bilmemiz gerekir. Tek başına termodinamik elbette bu problemleri çözemez; aynı şekilde en gelişmiş biçimi alan teorisiyle dinamik de. Dinamiğin ve termodinamiğin birleşmesi işte bu yüzden yeni perspektifler açar.

Ne olursa olsun, termodinamiğin ikinci kanununun formüle edilmesinden bu yana geçen yüzelli yıl içinde herşey çarpıcı biçimde değişti. En başında, atomistik görüş entropi kavramı ile çatıştı. Boltzmann mekanistik dünya görüşünü ikinci kanunu büyük pratik öneme sahip ancak temel bir anlamı olmayan bir önermeye indirgeme pahasına kurtarmaya çalıştı. Biz kesin çözümün ne olacağını bilmiyoruz; fakat bugün durum çok farklı. Madde artık bir veri değil. Bundan böyle onun da kuantum alanları cinsinden daha temel kavramlardan inşa edilmesi gerekiyor. Bu madde inşasında termodinamik kavramlarının (geri-dönüşsüzlük, entropi) da oynayacağı roller vardır.

Buraya kadar neler başarıldığını bir özetleyelim. İkinci kanunun (ve geri-dönüşsüzlüğün korelatif kavramının) makroskobik sistemler düzeyindeki rolünden daha önce Kitap Bir ve İki'de söz edilmişti.

Kitap Üç'de göstermeye çalıştığımız şey ise artık makroskobik düzeyden öte geçebiliyor ve geri-dönüşsüzlüğün mikroskobik anlamını keşfediyor olabildiğimizdir.

Ancak, bu temel fizik kanunlarını kavrama tarzımızda temel değişiklikler gerektirir. Ancak klasik bakış açısı kaybolduğunda —yeterince kararsız sistemler örneğinde olduğu gibi— içsel rastgelelikten ve "içsel geri-dönüşsüzlük"ten söz edebiliriz.

İşte bu sistemler için operatör zaman, T, cinsinden yeni, genişletilmiş bir zaman tanımı öne sürebiliriz. Baker transformasyonu (Bölüm IX, "Rastgelelikten geri-dönüşsüzlüğe") örneğinde gösterdiğimiz gibi, bu operatörün "asal-fonksiyonları" olarak faz-mekân bölümlenmeleri vardır (Bak. Şekil 39).

Böylece, kuantum mekaniğindekine çok benzeyen bir duruma geldik. Gerçekte, elimizde iki olası tanımlama vardır. Ya faz-mekânda kendimize bir nokta vereceğiz, ve o zaman o noktanın hangi bölümlenmeye ait olduğunu ve dolayısıyla içsel yaşının ne kadar olduğunu bilemeyeceğiz, ya da içsel yaşını biliyor olacağız, ama bu defa da noktanın kesin yerleşimini değil yalnızca bölümlenmesini bileceğiz.

İçsel zamanı, T, bir kez öne sürdükten sonra entropiyi dağılım fonksiyonu ρ, $\hat{\rho}$ cinsinden bir ilk-tanımlamadan $\hat{\rho}$ dağılım fonksiyonuna geçişte bir seçilim ilkesi olarak kullanabiliriz. ρ ve $\hat{\rho}$ arasındaki temel farklılıklar bu fonksiyonlar operatör zamanı, T'nin asal fonksiyonu cinsinden genişletildiklerinde ortaya çıkar (Bak Bölüm VII, "Kuantum Mekaniğinin Doğuşu"). ρ'de, ister geçmişten ister gelecekten olsun, tüm içsel yaşlar simetrik olarak gözükür. $\hat{\rho}$'de, tam tersine, geçmiş ve gelecek farklı roller oynar. Geçmiş fonksiyona dahildir, ama gelecek belli değildir. Zamanın okunun anlamı da işte budur. Bunun ilginç yanı artık başlangıç şartları ve değişme kanunları arasında bir ilişkinin beliriyor olmasıdır. Zaman oklu bir durum, yine bir zaman okuna sahip ve mevcut durumu transforme eden, ancak bu zaman okunu koruyan bir kanundan çıkar.

Şimdiye kadar daha çok klasik durum üzerinde yoğunlaştık[20]. Ancak yaptığımız bu çözümleme, sözkonusu durumun Planck sabitesinin yörünge kavramını çoktan öldürmüş olması ve dolayısıyla yine faz-mekânda bir tür delokalizasyona yol açması nedeniyle daha da karmaşık olduğu kuantum mekaniği için de geçerlidir. Kuantum mekaniğinde, dolayısıyla, kuantum delokalizasyonunu geri-dönüşsüzlükten kaynaklanan delokalizasyonla üst üste çakıştırmak zorundayız.

Bölüm VII'de belirtildiği gibi, çağımız fiziğindeki iki büyük devrimin yaptığı şey klasik mekaniğe yabancı imkânsızlıkları fiziğin temel yapısına sokmak olmuştur: sinyallerin ışık hızından daha büyük bir hızla yayılması imkansızlığı, ve aynı anda hem koordinatların hem momentumun ölçülmesinin imkânsızlığı.

Bir yanda maddeyi manipüle etme yeteneğimizi kısıtlayan ikinci kanunun aynı zamanda temel fizik kanunlarının yapısında derin değişmelere yolaçması şaşırtıcı değildir.

Monografımızın bu kısmını gelin bir uyarı sözü ile sonuca bağlayalım. Geri-dönüşsüz süreçlere ilişkin fenomenolojik teori halihazırda çok iyi oturmuş durumda. Tam tersine geri-dönüşsüz süreçlere ilişkin temel mikroskobik teori oldukça yeni. Bu görüşleri test edecek deneyler henüz hazırlık aşamasındayken bu kitabın muhtemelen düzeltilmesi gerekecek deliller sunduğu unutulmamalı. Bu deneyler gerçekleştirilmedikçe anlattıklarımızda spekülatif unsurlar eksik olmayacaktır.

20. M. Courbage, "Intrinsic Irreversibility of Kolmogorov Dynamical Systems", *Physica* 1983; B. Misra ve I. Prigogine, *Letters in Mathematical Physics*, Eylül 1983.

SONUÇ

Yeryüzünden Gökyüzüne: Tabiatın Yeniden Büyülenişi

Kendi tabiatımızın ruhsal ve fiziksel tarafına ait deneyim alanlarını birleştirmeye yönelik her çabada, zaman anahtar konumda yer alır.

A.S. EDDINGTON[1]

AÇIK BİR BİLİM

Bilim, şüphesiz tabiatın manipülasyonuyla ilgilenir, fakat, aynı zamanda onu anlama, kuşaklar boyu sorulagelmiş soruları daha da eşeleme çabasıdır. Bu sorulardan biri de, bilim ve felsefe tarihinde olduğu gibi, bu kitap boyunca da, tıpkı bir ana-motif, neredeyse bir saplantı gibi sürekli soruldu. Bu soru, varlık ve oluş, süreklilik ve değişim arasındaki ilişki sorusudur.

Daha önce, Sokrat-öncesi spekülasyonlardan söz etmiştik. Eşyanın doğup-ölmesi ile sürüp giden değişim, bir takım eylemsiz (*inert*) madde üzerine dışarıdan dayatılan birşey midir? Yoksa, maddenin içsel ve

1. A.S. Eddington, *The Nature of Physical World* (New York: Macmillan, 1948).

bağımsız aktivitesinin bir sonucu mudur? Bir harici, itici kuvvet gerekli mi, yoksa oluş maddenin içinde mi? Onyedinci yüzyıl bilimi tabii varlıkları kendiliğinden ve özerk organizasyonlar olarak tanımlayan biyolojik modele muhalefet ederek doğdu. Fakat, o da bir başka temel alternatifle sınırlandı. Tabiat yapısı gereği desadüfe mi dayanıyordu? Düzenli davranışlar atomların rastgele çarpışmalarının ve kararsız birlikteliklerinin tesadüfi bir sonucundan mı ibaretti?

Modern bilimdeki başlıca hayranlık kaynaklarından biri de, bilimin tam olarak tabiatın dönüşünülerinin özündeki değişmez kanunları keşfettiği ve böylece zamanı ve oluşmayı hiç dönmemecesine tabiattan kovduğu duygusuydu. Tabiatta bir düzenin bu keşfi Fransız sosyolog Lévy - Bruhl'un tasvir ettiği entellektüel güven duygusunu doğurdu:

> Entellektüel güven duygumuz öylesine içimize yer etmiş ki onun nasıl sarsılabildiğini görmemişiz bile. Görünürde oldukça esrarlı kimi fenomenleri gözleyebileceğimizi varsaysak bile, yine de [bu konuda] cahil olduğumuza o fenomenin de nedenselliğin genel-geçer kanunlarına nasılsa uyacağına ve niye gözüktüğünü er ya da geç kavrayacağımıza kendimizi ikna ederiz. *Çevremizdeki tabiat, aynen insan aklı gibi düzen ve mantıkdır.* Günlük aktivitelerimiz tabiat kanunlarının evrenselliğine tam bir güven duygusunu ima eder.[2]

Tabiatın "mantığı"na olan bu güven duygusu, kısmen günümüzde bilimin gürültülü büyümesi sonucu, artık sarsıldı. Önsözde belirttiğimiz gibi, tabiat görüşümüz kesret'e zamansal'a, ve karmaşık'a doğru radikal bir değişimden geçiyor. Bu değişimlerden bazıları bu kitapta anlatıldı.

Değişmez kanunlar açısından ifade edilebilecek genel, kuşatıcı şemalar arıyorduk, ama zamanı, olayları, evrimleşen parçacıkları bulduk. Bunun yanı sıra simetri de arıyorduk, ama onda da sürprizle karşılaştık; elementer parçacıklardan biyoloji ve ekolojiye varıncaya kadar tüm düzeylerde simetri-kırıcı süreçler keşfettik. Bu kitapta, zamansal simetri öngören dinamikle, zamana yönlülük veren termodinamiğin ikinci kanunu arasındaki çatışmayı anlattık.

---

2. L. Lévy-Bruhl, *La Mentalité Primitif* (Paris: PUF, 1922).

Artık yeni bir bütünlük çıkıyor: Tüm düzeylerde düzenin kaynağı geri-dönüşsüzlüktür. Geri-dönüşsüzlük kaostan düzen çıkaran mekanizmadır. Tabiat görüşümüzde böylesine radikal bir dönüşüm nasıl oldu da son birkaç onyıl gibi kısa bir sürede gerçekleşti? Biz bunun entellektüel tasarımın gerçeklik kavramımızda oynadığı önemli rolü gösterdiğine inanıyoruz. Bohr, bunu Kronberg Kalesine bir ziyaret sırasında W. Heisenberg'e söylediği şu sözleriyle çok güzel ifade etmiştir.

> Hamlet'in burada yaşadığını öğrenir öğrenmez bu kalenin birden değişivermesi garip değil mi? Bilim adamları olarak bizler bir kalenin yalnızca taşlardan ibaret olduğuna inanırız ve mimarın onları bir araya nasıl getirdiğine hayranlık duyarız. Taşlar, şu küflü yeşil çatı, kilisedeki ahşap oymalar oluşturuyor bütün kaleyi. Bunların hiçbirinin Hamlet'in burada yaşadığı gerçeğiyle değişmemesi gerekir, ama gel gör ki hepsi tümüyle değişiyor. Birden duvarlar ve surlar ayrı bir dille konuşmaya başlıyor... Ne ki Hamlet hakkında tüm bildiğimiz adının bir onüçüncü yüzyıl yazmasında geçmesi... Fakat Shakespeare'in ona sordurduğu soruları, onunla gösterilen insani derinlikleri biliyoruz ve öyle ki onun da bu yeryüzünde, burada Kronberg'de bir yeri olması gerektiğini herkes bilir.[3]

Gerçekliğin anlamı meselesi Einstein ve Tagore arasındaki ilginç diyalogun ana konusuydu.[4] Einstein bilimin herhangi bir gözlemcinin varlığından bağımsız olması gerektiğini vurguluyordu. Bu da onu bir geri-dönüşsüzlük, bir evrim olarak zaman gerçekliğini inkâra götürdü. Tagore ise, aksine mutlak gerçek var olsa bile, bunun insan zihnine geçit vermeyeceği fikrindeydi. Ne gariptir ki bilimin halihazır gelişimi büyük Hint şairinin dediği yönde ilerliyor. Adını ne koyarsak koyalım, gerçeklik ancak bizim de katıldığımız aktif bir tasarlama aracılığıyla bize malum olur. D.S. Kothari'nin özlü bir şekilde ifade ettiği gibi, "Basit gerçek şu ki, uygun bir teorik çerçeve olmaksızın hiçbir ölçüm, hiçbir deney veya gözlem mümkün değildir."[5]

---

3. G. Mills, *Hamlet's Castle* (Austin: Univ. of Texas Press, 1976).
4. R. Tagore, "The Nature of Reality" (Calcutta: *Modern Review* XLIX, 1931) ss. 42-43
5. D.S. Kothari, *Some Thoughts on Truth* (New Delhi: Anniversary Address, Indian National Science Academy, Bahadur Shah Zafar Marg. 1975), s. 5.

ZAMAN VE ZAMANLAR

Zamanın temelde dinamik durumların ard arda açılımını izlemeyi sağlayan bir geometrik parametre olduğu önermesi fizikte üç yüzyıldan uzun bir süredir iddia edilmektedir. Bir zamanlar, Emile Meyerson[6] modern bilimin tarihini insan aklının bir temel kategorisi olarak gördüğü şeyin derece derece kökleşmesi olarak tanımlamayı denemişti: Farklı ve değişken olan aynı ve kalıcı olana indirgenmeliydi. Zaman dışlanmalıydı.

Daha yakın geçmişte de, Einstein, temel düzeyde geri-dönüşsüzlüğe hiçbir referansta bulunmayan bu türden bir fizik formülasyonu arzusunun yeniden dirilişi olarak karşımıza çıkar.

6 Nisan 1922'de, Paris'de, Société de Philosophie'de[7], Henri Bergson Einstein'a karşı bir arada "yaşanmış" zamanların çokluğunun nedenini savunduğu sırada bir tarihî sahne gerçekleşmişti. Einstein'ın cevabı kesindi: "filozofların zamanı"nı kategorik olarak reddediyordu. Yaşanmış deneyim bilimin reddettiği bir şeyi kabul ettiremezdi.

Einstein'ın tepkisi biraz haklıydı. Bergson belli ki Einstein'ın izafiyet kuramını yanlış anlamıştı. Ancak, Einstein tarafında da bazı ön yargılar vardı: **durée**, yani Bergson'un "yaşanmış zaman"ı Einstein'in yalnızca fenomenolojik düzeyde kabul etmeye istekli olduğu oluşun, geri-dönüşsüzlüğün temel boyutlarına atıfta bulunuyordu. Einstein'ın Carnap'la olan konuşmalarından daha önce söz etmiştik (Bak. Bölüm VIII). Ona göre, geçmiş, şimdiki zaman ve gelecek arasındaki ayırımlar fiziğin sahası dışındaydı.

Einstein'la gençlik günlerinde Zürih'deki en yakın arkadaşı Michele Besso'nun yazışmaları hayli ilginçtir.[8] Besso, bir mühendis ve bilim adamı olduğu halde, ömrünün sonlarına doğru giderek, felsefe, edebiyat ve insanoğlunun varoluşunun özünü çevreleyen problemlerle haşir neşir olmaya başlamıştı. Usanmadan hep aynı soruları soruyordu: Geri-dönüşsüzlük nedir? Ve fizik kanunları ile ilişkisi nedir? Ve Einstein,

6. E. Meyerson, *Identity and Reality* (New York: Dover Publications, 1962).
7. H. Bergson'un şu kitabında tarif edilmiştir: *Mélanges*, (Paris: PUF, 1972), ss. 1340-46.
8. *Correspondence, Albert Einstein-Michele Besso*, 1903-1955 (Paris: Herman, 1972).

ancak en yakın arkadaşına gösterebileceği bir sabırla usanmaksızın cevaplıyordu: Geri-dönüşsüzlük "olasılık dışı" başlangıç şartlarının doğurduğu bir yanılsamadan ibarettir. Bu diyaloga, Einstein'dan sekiz yaş büyük olan Besso'nun, Einstein'ın ölümünden sadece birkaç ay önce göçüp gitmesine kadar yıllarca sürdü. Besso'nun kızkardeşi ve oğluna yazdığı son mektubunda şöyle yazıyordu Einstein: "Michele bu garip dünyayı benden biraz önce terketti. Bunun bir önemi yok. Biz kendinden emin fizikçiler için geçmiş, şimdiki zaman ve gelecek arasındaki ayırım sabitleşmiş de olsa, sadece bir yanılsamadır". Einstein'ın temel fizik kanunlarını kavrama emelinde akılla kavranabilir olan (*intelligible*) hiç değişmez olanla (*immutable*) özdeşleşmişti.

Einstein neden bu kadar kuvvetle geri-dönüşsüzlüğün fiziğe sokulmasına karşı çıkıyordu? Bunu sadece tahmin edebiliriz. Einstein oldukça yalnız bir adamdı; çok az dostu, az iş arkadaşı, az öğrencisi vardı. Acılı bir dönemde yaşadı: İki Dünya Savaşı, Yahudi düşmanlığının yükselmesi Einstein için bilimin zamanın keşmekeşine karşı kazanılacak zafere götüren yol olması şaşırtıcı değildir. Oysa, kendi bilimsel çalışmasına ne kadar zıttır bu. Dünyası, birbirlerine göre sürekli hareket halinde olan çeşitli koordinat sistemlerinde oturmuş, gravitasyonel alanlar ile birbirinden ayrılan çeşitli yıldızlar üzerinde oturan gözlemcilerle, bilim adamlarıyla doludur. Tüm bu gözlemciler tüm kâinat boyunca sinyaller götürüp getirirler. Einstein'ın her şeyden öte korumak istediği şey bu iletişimin objektif anlamı idi. Ancak, belki burada Einstein'ın iletişim ve geri-dönüşsüzlüğün yakından ilişkili olduğunu kabul etmeye yanaşmadığını öne sürebiliriz. İletişim, muhtemelen, insan aklına açık en geri-dönüşsüz sürecin, yeni ilerleyici bilgi artışının temelini oluşturuyor.

ENTROPİ ENGELİ

Bölüm IX'da ikinci kanunu bir ayıklama ilkesi olarak tanımladık; her başlangıç durumuna bir "bilgi" karşılık gelir. Kendilerine karşılık gelen bu bilgi sınırlı olan tüm başlangıç şartlarına izin verir. Ancak, zaman yönünü tersine çevirmek için, sınırsız bilgiye gerek duyarız; kendi geçmişimize doğru evrimleşen durumlar üretemeyiz, işte bu daha önce anlattığımız entropi engelidir.

Işık hızının maksimum sinyal iletim hızı olması kavramına ilişkin ilginç bir analoji vardır. Bölüm VII'de gördüğümüz gibi, bu, Einstein'ın izafiyet teorisinin temel önermelerinden biridir. Nedenselliğe anlam verebilmek için ışık hızı engelinin varlığına gerek duyulur. Meselâ, bir bilim-kurgu gemisiyle, ışık hızından daha büyük bir hızla dünyadan ayrıldığımızı farzedin. Işık sinyallerini aşar ve böylece kendi geçmişimize döneriz. Aynı şekilde, entropi engeli de iletişime anlam vermek için gereklidir. Geri-dönüşsüzlüğün ve iletişimin çok yakından ilişkili olduklarından daha önce söz etmiştik. Norbert Wiener iki yönlü zamanın korkunç sonuçlara yol açacağını öne sürmüştü. Burada onun ünlü kitabı **Cybernetics**'ten bir pasajı aktarmak yerinde olur:

> Aslında, zamanı bizimkinin tersine doğru akan bir akıllı varlık fantezisi oldukça ilginç bir entellektüel deneydir. Böyle bir varlığın bizimle her türlü iletişimi imkânsız olurdu. Göndereceği herhangi bir sinyal onun açısından mantıksal bir neden-sonuç zinciri biçiminde, bizim açımızdansa bir sonuç-neden zinciri biçiminde bize ulaşırdı. Bu nedenler zaten bizim yaşantımız içinde olur ve bize gönderdiği sinyalin tabiî açıklaması gibi gelir, bir akıllı varlığın gönderdiğini varsaymamıza gerek bırakmaz. Örneğin, bize bir kare çizmeye kalksaydı, şeklin tamamından önce, şekilden arta kalmış kalıntıları görürdük ve dolayısıyla o kare bu kalıntıların —her zaman tabiî olarak açıklanabilir— bir tür kristalizasyonu olmuş olurdu. Onun anlamı dağlarda ve kayalıklarda gördüğümüz yüzler kadar tesadüfi olur. Karenin çizilmesi bize bir felaket gibi gelecektir— aniden fakat doğa kanunlarıyla açıklanabilir türden bu felaketle de kare yok olur. Eşimiz, bizim hakkımızda benzer fikirler taşıyacaktır. *İletişimde bulunabileceğimiz her dünyada zamanın yönü tekdüzedir.*[9]

Zaman yönünün yeganeliğini, yani bir zamanda bir yönden diğerine dönmenin imkânsızlığını işte bu sonsuz entropi engeli garanti eder.

Bu kitap boyunca yer yer imkânsızlıkların gösterilmesinin önemini vurguladık. Aslında, Einstein görece eşzamanlılık kavramını ışık hızından daha hızlı sinyal iletilmesinin imkânsızlığına dayandırmakla, bu önemi ilk kavrayan kişi olmuştur. Tüm izafiyet kuramı "gözlemlenemez"

9. N. Wiener, *Cybernetics* (Cambridge, Mass.: M.I.T. Press ve New York: John Wiley & Sons, 1961)

eşzamanlılıkların dışlanmasıyla atılan adıma benzetir. Fakat, bazı çağdaşları —meselâ, Heisenberg— bu iki imkansızlık arasındaki önemli bir farklılığı vurgulamıştı. Termodinamik örneğinde, belli bir *durumun* tabiatta var olmayışından söz edilirken, relativitede bir *gözlem*'in imkansızlığından söz edilir. Yani imkansız olan bir diyalog, tabiat ve onu tanımlayan arasındaki bir iletişim tipidir. Heisenberg, böylece gözlemlenemez diye tanımladığı şeyi dışlamasına dayandırırken, Einstein'ın şüpheciliğine rağmen yine Einstein'ın yolunu izlediğini düşünüyordu.

Yalnızca pratik olanakdışılığı ifade ediyor diye algılanınca, ikinci kanun çok az bir teorik önem taşır. Bu, yeterli teknik yeteneğimiz varsa, her zaman için onu açma ümidimizi koruyacağımız anlamına gelir. Fakat durumun hiç de böyle olmadığını gördük. Kökeninde olası başlangıç durumları arasında bir ayıklanma vardır. Ancak, bu durumlar ayıklandıktan sonradır ki olasılık yorumu mümkün olur. Aslında, ilk kez Boltzmann'ın öne sürdüğü gibi, entropi artışı olasılık artışını ifade eder. Ancak bu yorum entropinin zaman simetrisini kıran bir ayıklanma ilkesi olduğu çıkarımının bir sonucudur. Ancak bu simetri kırılmasından sonradır ki, olasılıkçı yorum mümkün olur.

Boltzmann entropi yorumunu büyük ölçüde telafi olmamıza karşın bizim ikinci kanuna ilişkin yorumumuz onunkinden köklü biçimde ayrılır, çünkü bizim elimizde sırasıyla,

simetri-kırıcı ayıklama ilkesi olarak ikinci kanun

↓

olasılıkçı yorum

↓

düzensizliğin artışı olarak düzensizlik, vardır.

Ancak, dinamik ve termodinamiğin yani bir ayıklama ilkesinin ortaya konmasıyla yapılacak bir tür birleşimi ikinci kanuna bilimin evrensel paradigması gibi temel bir önem kazandıracaktır. Bu önemli noktayı şimdi daha ayrıntılı olarak ele almak istiyoruz.

EVRİMCİ PARADİGMA

Dinamik dünyası, ister klasik, istek kuantum olsun, geri-dönüşlü bir dünyadır. Bölüm VIII'de belirttiğimiz gibi bu dünyaya hiçbir evrim atfedilemez; dinamik birimler cinsinden ifade edilen "bilgi" hep sabit kalır. Dolayısıyla, artık fiziğe de —yalnızca makroskobik tanımlama düzeyinde değil tüm düzeylerde— bir evrimsel paradigmanın oturtulabilir olmasının önemi büyüktür. Pek tabii ki bunun şartları vardır. Önceleri de gördüğümüz gibi minimum bir karmaşıklık gereklidir. Geri-dönüşsüz süreçlerin böylesine büyük önemi bu gereğin söz konusu çoğu sistemde yerine getirildiğini gösteriyor. Biyolojik organizasyon düzeyi yükseldikçe yönelimli zaman algılaması dikkate değer şekilde artar ve muhtemelen insan aklıyla zirve noktasına varır.

Böyle bir evrimsel paradigma ne kadar geneldir? Bu paradigma düzensizliğe doğru evrimleşen izole sistemleri ve giderek daha da yüksek karmaşıklık biçimlerine doğru evrimleşen açık sistemleri kapsar. Entropi metaforunun kimi yazarları sosyal veya ekonomik problemlerle ilgilenmeye sevketmesi şaşırtıcı değildir. Belli ki burada oldukça dikkatli olmalıyız; insanlar birer dinamik obje değildir ve termodinamiğe geçiş dinamiğin sağladığı bir seçilim ilkesi olarak tanımlanamaz. İnsan düzeyine gelindiğinde geri-dönüşsüzlük bizim için kendi varlığımızın anlamından ayrılamaz nitelikte olan daha temelli bir kavramdır. Yine de bu perspektifle içsel geri-dönüşsüzlük duygusunu artık bizi dış dünyaya yabancılaştıran bir subjektif izlenim değil, evrimsel bir paradigmanın hükmettiği bir dünyaya katılımımızın bir belirtisi olarak görmemiz esastır.

Kozmolojik problemler, korkunç derecede zor şeylerdir. Gravitasyon derken kâinattaki rolünün ne olduğunu halâ bilmiyoruz. Gravitasyon bir şekilde ikinci kanuna dahil edilebilir mi, yoksa termodinamik ve gravitasyon arasında bir tür diyalektik denge mi vardır? Şurası kesin ki, zaman-geri-dönüşlü bir dünyada birden bire geri-dönüşsüzlük ortaya çıkamaz. Geri-dönüşsüzlüğün kökeni bir kozmolojik problemdir ve kâinatın ilk evrelerinin analizini gerektirir. Bizim buradaki amacımız ise daha basittir. Tanımlaya-geldiğimiz dünyadaki konumumuzla ilgisi nedir?

OYUNCULAR VE SEYİRCİLER

Fiziğin oluşmayı inkâr etmesi bilim içinde derin çatlaklara yol açtı ve bilimi felsefeye yabancılaştırdı. Bir zamanlar hakim Aristocu gelenek içinde cesur bir bahis olarak ortaya çıkmış bir şey zamanla tabiatta bir nitel çeşitliliğin var olduğuna inananların tümüne (kimyacılar, biyologlar, fizikçiler) karşı yöneltilmiş dogmatik bir iddiaya dönüştü. Ondokuzuncu yüzyılın sonlarında bilimin içinden "bilim" ve özellikle felsefe olmak üzere onun dışındaki kültür arasındaki ilişkiye kaydı. Bölüm III'de, sürekli yeni bir bilgi bütünlüğü elde etme çabasıyla birlikte, Batı düşünce tarihinin bu yanını anlatmıştık. Fenomenologların "yaşanan zaman"ı yani objektif bilim dünyasının karşıtı olan *Lebenswelt* bilimin yayılmasına karşı siperler kurma ihtiyacından kaynaklanabilir.

Bugün artık kesinliklerin ve mutlak itirazlar devrinin kapandığına inanıyoruz. Fizikçilerin şu veya bu şekilde bir dünyadışılık gibi bir ayrıcalıkları yoktur. Birer bilim adamı olarak onlar da, sonuçta yine kendilerinin temelli katkılarda bulunduğu kendi kültürlerine aittirler. Böylece uzun zaman önce sosyolojide farkedilmiş bir duruma yakın bir yere geldik: Merleau-Ponty çok zaman önce kendisinin "durumlar içindeki gerçek" diye tanımladığı bir şeyi hep akılda tutma gereğini vurgulamıştı:

> Mutlak bir gözlemci idealini veya herhangi bir bakış açısının yokluğunu benimsediğim müddetçe hata yapmaktan başka şansım yoktur. Fakat bana anlamlı gelen tüm eylemlere ve tüm bilgiye onun sayesinde kendimi ayarlayabildiğimi ve benim için *olabilecek* her şeyle içimin yavaş yavaş dolduğunu anlar anlamaz, kendi konumumun sınırlılığı içinde sosyal şeylerle olan temasımın bana biliminki de içinde olmak üzere, bütün gerçekliğin başlangıç noktasıymış gibi hepimizin bir gerçeklik anlayışı olduğuna, hepimiz gerçeğin içinde olduğumuza ve onun dışına çıkamadığımıza göre, tüm yapabildiğim bir gerçeği o kanun içinde tanımlamakmış gibi geldi.[10]

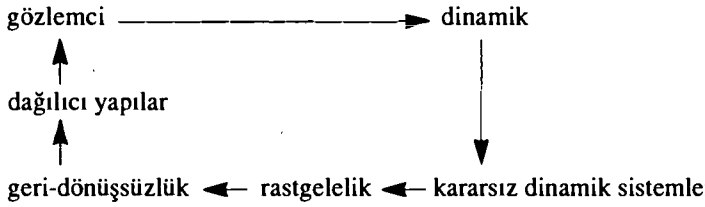
Biz bu kitap boyunca hem objektif hem katılımcı yanı olan bu bilgi kavramını tanıttık.

---

10. M. Merleau-Ponty, "Le Philosophe et la sociologie", *Éloge de la Philosophie*, Collection Idées (Paris: Gallimard, 1960). ss. 136-37.

Merleau-Ponty de kitabı *Themes*'de[11] bilimin "felsefi" keşiflerinin, temel kavramsal dönüşümlerinin sıklıkla bir bakış açısının tersinden alınmasına fırsat veren ve başlangıç noktası olan *negatif keşifler*in sonucu olduğunu belirtir. İster relativitede ister kuantum mekaniğinde veya termodinamikte olsun ortaya çıkarılan imkânsızlıklar bize tabiatı bir seyirciymişiz gibi "dışarıdan" tanımlayamayacağımızı gösterdi. Tanımlama temelde bir diyalog, bir iletişimden ibaret olup bu iletişim de bizim fiziksel dünyaya gömülü bir makroskobik varlık olduğumuzu gösteren yetersizliklere maruzdur.

Bugün gördüğümüz şekliyle gelinen durumu şu diyagramla özetleyebiliriz:



Açıklamaya koordinatlar ve momentumları ölçen ve bunların zaman içindeki değişimlerini çalışan gözlemciden başlayalım. Bu faaliyetleri gözlemciyi, Bölüm IX'da tartıştığımız gibi kararsız dinamik sistemleri ve içsel rastgelelik ve içsel geri-dönüşsüzlük kavramlarının keşfine götürür. İçsel geri-dönüşsüzlüğe ve entropiye geldikten sonra da dengeye uzak sistemlere ve dağılıcı yapılara gelmiş oluruz ve gözlemcinin zaman-yönelimli aktivitesini anlarız.

Zaman-yönelimli olmayan bilimsel aktivite yoktur. Bir deney hazırlığı, deneyden "öncesi" ve "sonrası" ayırımını gerektirir. Ki ancak geri-dönüşsüzlüğün farkında olmamız sayesinde geri-dönüşlü hareketi tanırız. Diyagramımız artık tüm döngüyü tamamladığımızı, kendimizi tanımladığımız kâinatın bir parçası olarak görebileceğimizi gösterir.

11. M. Merleau-Ponty, *Résumés de Cours 1952-60*. (Paris: Gallimard, 1968), s. 119.

Sunduğumuz şema *a priori* bir şema değildir —bazı mantıksal yapılardan çıkarsanabilir. Aslında, dağılıcı yapıların tabiatta gerçekten var olmalarının mantıksal bir gerekliliği yoktur; dengeye uzak bir kâinat şeklindeki "kozmolojik gerçek" makroskobik dünyanın gözlemcilerle dolu bir dünya —yaşayan bir dünya— olması için gereklidir. Şemamız bu yüzden mantıksal ya da epistemolojik bir gerçeğe karşılık gelmez; dengeye uzak bir dünyadaki varlıklar olma konumumuza atıfta bulunur. Dahası, şemamızın temel bir karakteristiği de herhangi bir temel tanımlama biçimi öngörmemesidir; her tanımlama düzeyi bir başka tanımlama düzeyince ima edilir, ve bir başkasını ima eder. Hepsi birbiriyle bağlantılı, hiçbiri diğerine üstünlük iddiası taşımayan bir düzey çeşitliliğine ihtiyaç duyarız.

Daha önce de geri-dönüşsüzlüğün bir evrensel fenomen olmadığını belirtmiştik. Sınırlı uzay bölümlerinde termodinamik dengeye karşılık gelen deneyler yapabiliriz. Ayrıca, zaman ölçeklerinin önemi de değişkenlik gösterir. Bir taş jeolojik evriminin zaman ölçeğine göre evrimleşir; insan topluluklarının, özellikle de zamanımızda, açık görüldüğü gibi çok daha kısa zaman ölçekleri vardır. Geri-dönüşsüzlüğün ilgili dinamik sistemlerin minimum karmaşıklığı ile başladığından daha önce de sözetmiştik. Karmaşıklık arttıkça, taştan insan topluluklarına doğru geçtikçe, zamanın okunun evrimsel ritimlerin rollerinin artması ilginçtir. Moleküler biyoloji bir hücre içindeki herşeyin aynı şekilde canlı olmadığını gösteriyor. Kimi süreçler denge durumuna varırken, kimilerine dengeye uzak durumdaki düzenleyici enzimlerle hükmedilir. Aynı şekilde, zaman oku da çevremizdeki kâinatta oldukça farklı roller oynar. Bu zaman-yönelimli aktivite açısından bakıldığında, insanın durumu benzersiz gibi görünür. Bölüm IX'da da dediğimiz gibi, geri-dönüşsüzlüğün zaman okunun rastgeleliği öngörmesi bize oldukça önemli geliyor. "Zaman bir inşadır". Valery'nin[12] bizden tamamen ayrı yoldan vardığı bu çıkarım, bilimin kendisinden öteye geçen bir mesaj taşır.

12. P. Valéry, *Cahiers*, La Pleiade (Paris: Gallimard, 1973), s. 1303.

ÇALKANTILI TABİATTA BİR KASIRGA

Toplumumuzda, bilimin oldukça geniş kognitif teknikler yelpazesine sahip olması nedeniyle, şairin etimolojik anlamda bir "yapıcı" —aktif, manipüle edici, keşfedici— olması itibarıyla tabiatın bir tür şiirsel sorgusu olmak gibi özel bir konumu vardır. Bundan başka, bilim inceleyegeldiği tabiatta saygı besler hale gelmiştir. Klasik bilimin tabiatta başlattığı diyalogdan, tabiatı bir otomat olarak gören bakış açısından tabiatı sorgulama eyleminin kendisini de onun kendi aktivitesinin bir parçası olarak gören oldukça farklı bir görüş doğdu.

Bu bölümün başında da yazdığımız gibi entellektüel güven duygumuz artık yıkılmış durumda. Artık bilim ve felsefe arasındaki ilişkiyi polemiksiz biçimde değerlendirebiliriz. Einstein-Bergson çatışmasından daha önce söz etmiştik. Bergson bazı teknik noktalarda kesinlikle "yanılıyordu", fakat bir felsefeci olarak onun görevi bilimin ihmal ettiğini düşündüğü zamansal unsurları fiziğin içinde görünür hale getirmeye çabalamaktı.

Hem bilimsel hem felsefî gibi görünen bu temel kavramların sonuçlarının ve tutarlılıklarının keşfi riskli olabilir, fakat bilim ve felsefe arasındaki diyalogda çok semereli olabilir. Gelin bunu Leibniz, Pierce; Whitehead ve Lucretius'a kısa göndermelerle gösterelim.

Leibniz, "bir şeyin girip çıkabileceği hiçbir penceresi olmayan" birbiriyle iletişimsiz fiziksel varlıklar olan şu garip monadlar kavramını ortaya atmıştı. Görüşleri sık sık saçma diye nitelendi ama, monadlar, hâlâ, Bölüm II'de gördüğümüz gibi, etkileşimsiz varlıklar cinsinden tanımlanabilecek bir tür transformasyonun olduğu tüm entegre edilebilir sistemlerin bir temel özelliğidir. Bu varlıklar hareketleri sırasında kendi ilk durumlarını değişime uğratırlar, fakat, aynı zamanda tıpkı monadlar gibi, tüm diğerleriyle birlikte "önceden belirli" bir harmoni içinde beraber varolurlar; bu temsilde her varlığın durumu, tam olarak self determine olsa da, en küçük ayrıntısına kadar sistemin bütününün durumunu yansıtır.

Tüm entegre edilebilir sistemler buna göre "monadik" sistemler

olarak görülebilir. Aynı şekilde, Leibnizci monadoloji de dinamik diline çevrilebilir: Kâinat entegre edilebilir bir sistemdir.[13] Monadoloji böylece tüm oluşun kendisinden dışlandığı en nihaî aşamadaki bir kâinat formülasyonu haline gelir. Leibniz'in maddenin aktivitesini anlama çabalarını gözönünde tutarak, onyedinci yüzyılı çağımızdan ayıran boşluğu ölçebiliriz. O zamanlar, bu işi yapacak araçlar henüz hazır değildi; Leibniz'in salt mekanik bir kâinat temelinden hareketle maddenin aktivitesini açıklaması imkânsızdı. Yine de maddenin aktiviteden ibaret olduğu, kâinatın karşılıklı-ilişkiler biriminden ibaret olduğu gibi fikirleri hala uhdemizde ve bugün yeni bir biçim almaktadır.

Charles S. Pierce'in çalışmalarına burada yeterince yer veremeyeceğimiz için üzgünüz. Ama hiç olmazsa kayda değer bir pasajını nakledelim:

> Hepiniz enerjinin dağılıcılığı konusunda bir şeyler duymuşsunuzdur. Bütün enerji transformasyonlarında bir kısım enerjinin ısıya çevrildiği ve ısının da her zaman sıcaklığını eşitleme eğiliminde olduğu bulunmuştur. Sonuçta, kâinatın enerjisi kendi zorunlu kanunları vasıtasıyla hiçbir kuvvetin olamayacağı, fakat ısı ve sıcaklığın her yerde aynı olacağı bir evrensel ölüme doğru gider...
>
> Fakat, her ne kadar bu gidişe hiçbir kuvvet karşı koyamasa da, şans karşı yönde etkili olabilir ve olacaktır. Kuvvet uzun vadede dağıtıcı; şans ise uzun vadede toplayıcıdır. Enerjinin düzenli tabiat kanunlarıyla olan bu dağılımına, yine bu kanunlar sayesinde, şans eseri yeniden toplanmasına giderek daha çok imkân veren şartlar eşlik eder. Buna göre, iki eğilimin birbirini dengelediği bir nokta olmalı ve bu nokta hiç şüphesiz kâinatın tümünün şu andaki gerçek durumudur.[14]

Aynı cümleden olarak, Pierce'in metafiziği de gerçeğe yabancılaşmış bir başka felsefe örneği olarak değerlendirildi. Fakat, aslında Pier-

13. Ayrıntılar için bkz., I. Prigogine, I. Stengers ve S. Pahaut, "La dynamique de Leibniz à Lucrèce", *Critique*, "Spécial Serres" c. 35 (Ocak 1979). ss. 34-55. İngilizce çevirisi: *"Dynamics from Leibniz to Lucretius"*, M. Serres, *Hermes: Literature, Science, Philosophy* (Baltimore: Johns Hopkins Univ. Press, 1982), ss. 137-55.

14. C.S. Peirce, *The Monist*, c. 2 (1892) ss. 321-337.

ce'in çalışması bugün fizik kanunlarında mündemiç bulunan pluralizmin anlaşılmasına doğru atılmış bir öncü adım gibi görünüyor.

Whitehead'ın felsefesi ise bizi yelpazenin öbür ucuna götürür. Ona göre, varlık oluştan ayrılamaz; şöyle yazıyordu Whitehead: "'herşey akıyor' cümlesinin anlamının irdelenmesi metafiziğin başlıca görevlerinden biridir".[15] Fizik ve metafizik aslında sürecin, oluşun fiziksel varoluşun birincil bileşeni olarak alındığı ve Leibniz'in monadlarının aksine, mevcut şeylerin birbiriyle etkileşebildiği ve dolayısıyla aynı zamanda doğup-ölebildiği bir dünya kavramsallaşması içinde bir araya gelirler.

Klasik fiziğin düzenli dünyası veya monadik paralel değişimler teorisi, Lucretius'un atomlarının sonsuz mekanda aynı derecede paralel düzenli ve sonsuz düşüşlerine benzer. Klinamenden ve laminer akışlarının kararsızlığından daha önce de sözetmiştik. Fakat daha da ileri gidebiliriz. Serres'in[16] işaret ettiği gibi, sonsuz düşüş eşyaların doğmasına neden olan sapmaların tabiî doğuşuna ait anlayışımızı oturtacağımız bir *model* verir bize. Eğer dikey düşüş "hiç sebepsiz" klinamen tarafından saptırılmayıp tekdüze düşen atomlar arasında karşılaşmalar ve birlikteliklere yol açmamış olsaydı, tabiat hiçbir şekilde yaratılamazdı; kader kanunlarınca, *(foedera fati) idare edilen birbirine denk sebepler ve sonuçlar* arasındaki tekrarlı bağlantıdan ibaret olurdu.

> *Denique si semper motus conectitur omnis*
> *et uetere exoritur [semper] novus ordine certo*
> *nec declinando faciunt primordia motus*
> *principium quoddam quod fati foedera rumpat,*
> *ex infinito ne causam causa sequatur,*
> *libera per terras unde haec animantibus exstat..?*[17]

---

15. A.N. Whitehed, *Process and Reality*, ss. 240-41. Bu konuyla ilgili olarak bkz., I. Leclerc, *Whitehead's Metaphysics* (Bloomington: Indiana University Press, 1975).
16. *La naissance de la physique dans le texte de Lucrèce*, s. 139.
17. Lucretius, *De Natura Rerum*, Kitap II. "Yine eğer tüm hareket birbiriyle bağlantılıysa yani bir sonraki bir öncekinden belirli bir nizam içerisinde peydah oluyorsa —eğer atomlar kadar bağlarını koparan ve ebedi sebep-sonuç zincirini kıran yeni bir hareket meydana getirmezlerse— o taktirde yeryüzündeki canlıların sahip olduğu özgür iradenin kaynağı nedir?

Lucretius klinameni, arkeolojik kalıntılarla aynı şekilde keşfettiği söylenebilir: yani, biri kazmaya başlamadan önce onların orada olduğunu "tahmin eder". Eğer, sadece tekdüze geri-dönüşlü yörüngeler varolmuş olsaydı, ürettiğimiz ve tecrübe ettiğimiz geri-dönüşsüz süreçler nereden gelirdi? Yörüngelerin artık belirlenemez olduğu, düzenli ve monoton deterministik değişim dünyasını idare eden *foedera fati*'nin bozulduğu nokta tabiatın başlangıcına işaret eder. Aynı zamanda da, tabiî varlıkların doğmasını, çoğalmasını ve ölmesini tasvir eden yeni bilimin başlangıcına işaret eder. "Düşmenin,tekrarlanmanın katı teselsül fiziğinin yerini değişim ve şartlara dair yaratıcı bilim aldı."[18] Serres'in belirttiği gibi, *foedera fati*'nin yerini, hem tabiat "kanunları"nı, —lokal, tekil, tarihsel ilişkileri— hem de "uyum" u, yani tabiatla bir tür anlaşmayı ifade eden *foedera naturae* almıştır.

Böylece, Lucretci fizikte modern bilgide bir fiziksel tanımlama ile insanın tabiattaki konumuyla ilişkili felsefî, ahlâkî veya dinî anlayışın temelini oluşturan seçenekler arasında keşfettiğimiz bağlantıyı yeniden buluruz. Evrensel bağlantılar fiziği, artık kanun ve hükmetme adına sapmalarla veya rastgeleliklerle mücadele etmeyen bir başka bilime karşıt olarak ortaya çıktı. Arşimed'den Clausius'a kadar tüm klasik bilim, turbulansa ve çatallaşma değişimlerine karşı oldu.

> Grek düşüncesi işte burada zirve noktalarından birine ulaşır. İnsan dünyada yer aldığı, dünyadan bir parça olduğunda, madde içinde yer aldığı, maddeden bir parça olduğunda, bir yabancı olmaktan çıkıp, bir arkadaş, aileden biri, herkesle eşit biri olur. Eşya ile bir anlaşma (pakt) yapmıştır. Bunun tersine, diğer sistemlerin çoğu ve diğer bilimlerin çoğu bu anlaşmayı (paktı) bozma üzerine kuruludur. İnsan dünyaya, tanyerine, gökyüzüne, eşyaya yabancı bir şeydir. Onlardan nefret eder, onlarla savaşır. Çevresi onun için savaşılması, zaptedilmesi gerekli tehlikeli bir düşmandır... Epicurus ve Lucretius barışık bir kâinatta yaşarlar. Eşyanın bilimi ile insanın bilimi birbiriyle barışıktır orada. Ben girdaplı bir tabiatta bir sapmayım, bir kıvrımım.[19]

18. M. Serres, a.y., s. 136.
19. M. Serres, a.y., s. 162; yine ss. 85-86 ve "Roumain et Faulkner traduisent l'Écriture", *La traduction* (Paris: Minuit, 1974).

TOTOLOJİNİN ÖTESİ

Klasik bilimin dünyası içinde, yalnızca sistemin anlık durumundan çıkarsanabilir olayların geçebileceği bir dünyadır. Gariptir ki, Galileo ve Newton'a kadar dayandırdığımız bu anlayış o zamanlar yeni değildi. Aslında, bu, Aristo'nun yüce ve bölünmez gökyüzü anlayışla özdeşleştirilebilir. Aristo'ya göre, ancak göksel dünyaya kesin bir matematiksel tasvir uygulamayı umabilirdik. Giriş'te, bilimin dünyayı "büyülü olmaktan çıkardığı" yakınmasını zikretmiştik. Fakat, bu büyüyü bozma işi paradoksal olarak arzî dünyanın yüceltilmesinden kaynaklanır, dolayısıyla Aristo'nun gökyüzü için ayırdığı türden bir entellektüel çabaya değer. Klasik bilim oluşu, tabiî çeşitliliği inkâr ediyordu; Aristo ise her ikisini de arzî, süflî dünyanın sıfatları olarak görüyordu. Bu bakımdan, klasik bilim babalarının niyeti belli ki bu değildi. Aristo'nun tabiatın başladığı yerde matematiğin bittiği iddiasına karşılık olarak, değişmelerin arkasındaki gizli bölünmez'i aramak yerine, değişen, bölünebilen tabiatı kâinatın sınırlarına kadar taşıma yoluna aittiler. Galileo, kitabı, *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*'de, eğer büyük tufan ardısıra yalnızca bir buz denizi bırakmış olsaydı, veya eğer dünya dehne taşının bölünmez sertliğine sahip olsaydı, dünyanın ne denli asil bir yer olacağı tezi karşısında şaşkınlığını ifade eder. Medusa'nın bakışıyla kristal topun, daha da güzelleşeceğini düşünenler de yok değil?

Fakat ilk fizikçilerce nicel tanımlamanın geçerliliğini keşfetmek amacıyla seçilen objelerin —yani, korunumlu hareketiyle ideal sarkaç, basit makineler, gezegensel yörüngeler vs.— gerçekte Aristo'nun göksel cisimlerinin tanrısal idealliği ile üretilmiş *eşsiz* bir matematiksel tanımlamaya karşılık geldiği görüldü.

Klasik dinamiğin objeleri, Aristo'nun tanrıları gibi, yalnızca kendi başlarının derdindedirler. Dışarıdan hiçbir şey öğrenemezler. Herhangi bir anda, sistemdeki her nokta bilmesi gereken her şeyi —kitlelerin mekândaki dağılımını ve hızlarını— bilir. Her ayrı durum olası tüm diğer durumlara ilişkin gerçekliği içerir ve her biri diğerlerini zaman eksenin-

deki görece konumları ne olursa olsun, tahmin etmek için kullanılabilir. Bu bakımdan hem gelecek hem geçmiş şimdiki zamanın içinde olduğundan, bu tanımlama bir totolojiye yol açar.

Modern bilimin günümüzdeki radikal değişimi, yani geçici olana, çoklu olana doğru geçişi, Aristocu gökyüzünü yeryüzüne getiren hareketin tersiymiş gibi görülebilir. Artık, yeryüzünü gökyüzüne götürüyoruz. Temel parçacıklar düzeyinden kozmolojik modellere gelinceye kadar zamanın ve değişimin egemenliğini keşfetmekteyiz.

Böylece, tabii bilimler, hem makroskobik hem mikroskobik düzeylerde orijinalliğin ve çeşitliliğin bölünemez evrensel kanunlar adına inkâr edilmesini öngören bir objektif gerçeklik anlayışının kendilerini kurtardılar. Kapalı olduğu söylenen bir mantıkla ve neredeyse tamamlanmış sayılan bir bilgiyle destekli bir büyüden kurtuldular. Artık beklenmedik şeylere, eksik bilgi ve yetersiz kontrol yüzünden belirleyemez oldukları şeylere açıklar.

Serge Moscovici bilimin bu açılımını, mutlak bakış açısının muhafaza edildiği "Kopernik Devrimi"nden ayırmak için "Kepler Devrimi" olarak nitelemiştir. Bu kitabın Giriş'inde zikredilen çoğu pasajda, bilim dünyanın "büyüsünün bozuluşu"na benzetilmiştir. Şimdi gelin Moscovici'nin bugün bilimlerde süregelen değişimlere ilişkin tanımlamalarını aktaralım:

> Bilim dokunduğu her şeyi yenileyebilmek ve nüfuz ettiği her şeyi sıcak tutabilmek için —yani, üzerinde yaşadığımız dünyayı ve yaşamamızı sağlayan gerçekleri— bu serüvene, bizim serüvenimize katıldı. Her dönemeçte duyulan ses ise, bir ölüm çığlığı veya uzaklaşıp giden bir çanın sesi değil, insanlığın ve materyalitenin gelip-geçici bekaları içinde bir an için havada asılı kalmış yeniden doğum ve yeniden başlama sesidir. İşte bu yüzden büyük keşifler Kopernik'inki gibi ölü döşeğinde ilham edilmez, Kepler'inki gibi düşler ve tutkular yolunda sunulur.[20]

20. S. Moskovici, *Hommes domestiques et hommes sauvages*, ss. 297-98.

ZAMANIN YARATICI SEYRİ

Bach olmasaydı, "St. Matthew Passion" bestesini dinleyemeyeceğimiz ama Einstein olmamış olsaydı da relativitenin keşfedilebileceği tekerlemesi sık sık söylenir. Sanat tarihinde görülen tahmin edilmezliğin tersine, bilimin deterministik bir gidiş izlediği varsayılır. Bilimin tuhaf tarihine anahatlarını vermeye çalıştığımız üç yüzyıla şöyle bir göz attığımızda, bu tür varsayımların geçerliliğinden şüphe edesimiz geliyor. O zamanki kültürel iklimin tutarlı bir şema içine oturtulamaması yüzünden göz ardı edilmiş şaşırtıcı örnekler vardır oysa. Kimyasal saatlerin keşfedilmesi muhtemelen ondokuzuncu yüzyıla kadar gider, fakat bu olgunun sonuçları denge durumuna doğru tek-düze bozulma fikriyle çatışıyor gibi görünüyordu. Yine, Viyana müzesindeki meteor taşları da güneş sistemi tanımında yeri olmadığı için atılmıştı. Kültürel çevremiz sorduğumuz soruların belirlenmesinde aktif rol oynar, fakat stil ve sosyal kabul meselesinin ötesinde her kuşağın tekrar tekrar döndüğü birkaç soru belirleyebiliriz.

Zaman sorunu da şüphesiz bu sorulardan biridir. İşin burasında Thomas Kuhn'un "normal" bilimin formasyonuna dair analiziyle biraz ayrı düşeriz.[21] Bilimsel aktivite, en iyi, içinde araştırmanın ve gelecekteki araştırmacıların eğitiminin birleştirildiği çağdaş üniversite bağlamı içinde mütalaa edildiğinde Kuhn'un görüşüne tekabül eder. Kuhn'un, genel bilimin bir tanımı olarak ele alınırsa, bilginin ne olması gerektiği konusunda çıkarımlara götüren bu analizi pozitivist bilimsel gelişme anlayışının, yani giderek artan uzmanlaşma ve bölümlenme eğiliminin yeni bir psikososyal versiyonuna; "normal" bilimsel davranışın kendi araştırmasının bütün olarak anlamına ilişkin "genel" sorular üzerinde vakit kaybetmeyip özelleşmiş problemlere sarılan "ciddi", "sessiz" araştırmacının davranışla özdeşleştirilmesine, bilimsel gelişmenin temelinde kültürel, ekonomik ve sosyal problemlerden bağımsız oluşuna indirgenebilir.

---

21. T. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, 2. baskı, (Chicago: Chicago Univ. Press, 1970).

Kuhn'un tanımladığı "normal bilim"in oluşmasına beşiklik eden akademik yapı ondokuzuncu yüzyılda şekillendi. Kuhn, öğrencilerin, araştırmanın dayandığı kavramları önceki kuşakların paradigmatik problemlerine getirilen çözümleri egzersizler şeklinde tekrarlayarak öğrendiklerini vurgular. Bir problemi ilginç olarak ve bir çözümü kabul edilebilir olarak tanımlayan kriterler onlara bu şekilde verilir. Öğrencilikten araştırmacılığa geçiş derece derece olur; bilim adamı, problemleri benzer teknikler kullanarak çözmeye devam eder.

Kuhn'un tanımlaması, en büyük kapsamına ulaştığı çağımızda bile, bilimsel aktivitenin yalnızca bir özel yanına göndermede bulunur. Bu özel yanın önemi, her araştırmacıya ve kurumsal bağlama göre değişir. Kuhn'a göre, paradigma transformasyonu bir kriz olarak kendini gösterir: paradigma, sessiz ve neredeyse görünmez bir kural olarak hiç konuşulmadan kalacağı yerde, gerçekten sorgulanır olur. Topluluk üyeleri başbaşa verip çalışmak yerine, "temel" sorular sormaya ve metodlarının meşruluğunu sorgulamaya başlarlar. Aldıkları eğitim gereği homojen olması beklenen topluluk artık kendi içinde çeşitleniyor. Artık farklı bakış açıları, farklı kültürel deneyimler ve felsefî kanaatler telaffuz ediliyor ve hepsi yeni bir paradigmanın keşfinde belirleyici rol oynuyorlar. Yani, paradigmanın ortaya çıkması tartışmanın ateşini daha da yükseltiyor. Sınanmak üzere rakip paradigmalar ortaya atılıyor ve akademik dünyanın kazananı belirlemesi bekleniyor. Yeni kuşak bilim adamlarının ortaya çıkışıyla, tekrar sessizlik ve birliktelik hükmetmeye başlıyor. Yeni ders kitapları yazılıyor ve bir kez daha çok şey "söylenmeden geçiliyor."

Bu bakış açısıyla, bilimsel keşiflerin ardındaki itici güç, bilimsel toplulukların tabiata her defasında inatla aynı teknikleri, aynı kavramları uygulayan ve tabiattan her defasında aynı derecede inatçı bir karşılık alan ileri derecede tutucu davranışlarıdır. Tabiatın en sonunda kendisini kabul edilmiş dil içinde ifade etmeye direndiği görülünce, aynı kriz güven boşluğundan kaynaklanan bir tür şiddetle yeniden patlar. Bu evrede, tüm entellektüel kaynaklar yeni bir dil arayışı üzerinde yoğunlaşır. Böylelikle, bilim adamları kendilerine rağmen üzerlerine dayatılan krizlerle başetmek zorunda kalırlar.

Buraya kadar irdelediğimiz sorular bizi Kuhn'un tanımının uygulandığı cephelerden büyük ölçüde ayrılan cepheleri vurgulamaya itti. Biz, süreklilikler üzerinde, ama "görünür" süreklilikler üzerinde değil, gizli olanları, çoklarınca meşru değil veya yanlış diye reddedilmiş fakat kuşaklar boyu tekrar tekrar yenilenen zor sorulara —karmaşık sistemlerin dinamiğine, kimya ve biyolojinin geri-dönüşlü tanımlamalar arasındaki ilişkiye dair sorular gibi— ilişkin olanları üzerinde durduk. Aslında, böylesi sorulara olan ilgi de hayli şaşırtıcıdır. Bize göre, problem daha çok bu soruların Diderot'nun Stahl'in, Venel'in ve diğerlerinin çalışmasından sonra nasıl olup da ihmal edildiklerini anlamaktır.

Geçen yüzyıl Kuhn'un verdiği tanıma çok yakın karşılık gelen bir kaç krizle —ki hiçbiri bilim adamlarınca araştırılmadı— karakterlidir. Temel parçacıkların kararsızlıklarının veya kâinatın evrimleşme içinde oluşunun keşfi bunun örnekleri arasındadır. Ne var ki, yakın bilim tarihi bundan başka sorularının hem bilimsel hem felsefî yanlarının olduğunu bilen bilim adamlarınca sorulan kasıtlı ve çok vazıh sorulardan kaynaklanan bir dizi problemle de karakterlidir. Ki böylece bilim adamları "hipnonlar" gibi davranmaya mecbur kaldılar.

Belirtmek gerek ki, anlatageldiğimiz yeni bilimsel gelişme, yani geri-dönüşsüzlüğün fiziğe girmesi sahibini, ona sahip olmakla içinde yaşadığı kültürel dünyadan koparacak türden bir "ilham" olarak görülmemelidir. Aksine, bu gelişme açık şekilde hem bilimin iç mantığını hem de zamanımızın kültürel ve sosyal bağlamını yansıtır.

Özellikle de, fizikte zamanın yeniden keşfinin insanlık tarihindeki en uç hızlanma devrinde gerçekleşmesini nasıl tesadüf olarak değerlendirebiliriz? Kültürel bağlam bunun tam cevabı olamadığı gibi inkâr da edilemez. Bilimsel kavram üretiminin "içsel" ve "dışsal" belirleyicileri arasındaki karmaşık ilişkileri de hesaba katmak zorundayız.

Bu kitabın önsözündeki Fransızca başlığın (*La nouvelle allience*) "iki kültür"ün biraraya gelişini ifade ettiğini vurgulamıştık. Bu birleşim, belki, hiçbir yerde Üçüncü Kitap'ta çalıştığımız geri-dönüşsüzlüğün mikroskobik temelleri probleminde olduğu kadar açık değildir.

Tekrar tekrar bahsedildiği gibi, klasik ve kuantum mekaniğinin iki-

si de keyfi başlangıç şartlarına ve deterministik kanunlara (hareket yörüngeleri veya dalga fonksiyonları için) dayanır. Bir anlamda, kanunlar basitçe, başlangıç şartlarında zaten mevcut olan şeyleri görünür hale getirmiş olur. Ancak, geri-dönüşsüzlük hesaba katıldığında bu geçerliliğini yitirir. Bu açıdan bakılırsa, başlangıç şartları önceki evrimden kaynaklanır ve ardından gelen evrimle aynı sınıftan yeni durumlara transforme olur.

Böylece, Batı ontolojisinin merkezî problemine geliriz: Varlık ve oluş arası ilişki. Bölüm III'de bu probleme kısaca değinmiştik. Bu yüzyılın en etkili çalışmalarından ikisinin —Whitehead'in *Process and Reality*'si ile Heidegger'in *Sein und Zeit*'ı —tam olarak probleme ayrılmış olması dikkat çekicidir. Bu çalışmaların her ikisinde de amaç Eflatun ve Aristo'dan bu yana Batı felsefesinin *Voie Royale*'ini izleyerek varlığın zamansızlıkla özdeşleştirilmesinden öte geçmektir.[22]

Fakat açık ki, varlığı zaman'a indirgeyemediğimiz gibi, zamansal atıflardan yoksun bir varlıkla da başedemeyiz. Mikroskobik geri-dönüşsüzlük teorisinin aldığı yön Whitehead ve Heidegger'in spekülasyonlarına yeni bir içerik kazandırır.

Bu kitabın amacı dışında kaldığından, bu problemi daha da ayrıntılandırma işini başka bir yerde yapmayı umuyoruz. Başlangıç şartlarının sistemin bir durumunda özetlendiği gibi varlıkla ilişkili olduğunu; buna karşılık zamansal değişimlere ilişkin kanunların oluşla ilişkili olduğunu belirtmiş olalım.

Bizce, varlık ve oluş birbirlerine karşı olması gereken şeyler değildir. İkisi beraberce gerçekliğin birbiriyle ilişkili iki yanını ifade eder.

Kırık zaman simetrik bir durumu, ona aynı kategoriye ait bir duruma yayan kırık zaman simetrili bir kanundan çıkar.

Son monograflardan birinde *(From Being to Becoming)* yazarlardan biri şu sonuca varıyordu: "Klasik bilimin çoğu kurucuları için —Einstein için bile— bilim demek, bu görüntüler dünyasından öte geç-

22. Bkz., A.N. Whitehead, *Process and Reality*, a.y. ve M. Heidegger, *Sein und Zeit*, (Tübingen: Niemeyer, 1977).

me, zamansız, yüce bir rasyonellik dünyasına —Spinoza'nın dünyasına— ulaşma çabasıdır. Fakat belki de hem kanunları ve oyunları hem zamanı ve sonsuzluğu içine alan daha öncelikli bir gerçeklik vardır."

İşte bu tam tamına mikroskobik geri-dönüşsüz süreçler teorisinin aldığı yöndür.

BEŞERÎ DURUM

Herman Weyl'in şu söylediklerine tümüyle katılıyoruz:

> Bilim adamları teorik tasarımın hayat fenomenine yaklaşımın tek yolu olmadığı gerçeğini göz ardı ederlerse yanılmış olurlar; bir başka yol, yani, (yorumlamayı) kendi içinde anlama yolu da bize açıktır... Kendi hakkında, kendi algılama, düşünme, arzulama, hissetme ve yapma eylemi hakkında sembollerdeki "paralel" serebral süreçleri temsil eden teorik bilgiden tamamen ayrı, doğrudan bir bilgim var. Kendi hakkımdaki bu içsel uyanıklık tanıdığım ve kendi türümden varlıklar olarak tanımladığım, zaman zaman sevinç ve kederlerimi paylaşacak kadar yakından iletişim kurduğum insan kardeşlerimi anlamanın temelini oluşturur.[23]

Ancak, son zamanlara kadar bu konuda çarpıcı bir çelişki egemendi. Tecrübe ettiğimiz kendiliğinden aktivitenin ve geri-dönüşsüzlüğün zıddına, dış kâinat deterministik nedensel kanunları izleyen bir otomat gibi gözüküyordu. Bu iki dünya şimdiyse birbirine yaklaşıyor. Peki, bu tabiî bilimler için bir kayıp mıdır?

Klasik bilim "şeffaf" bir fiziksel kâinat görüşü hedefliyordu. Yani her bir olay için bir neden ve bir sonuç tanımlayabilir olmalıydık. Bir stokastik tanımlama gerektiğindeyse, bu geçerliliğini kaybeder. Her deney için mutlaka nedensellikten söz edemez, yalnızca istatistiksel bir nedensellikten söz edebiliriz. Aslında, kuantum mekaniğinin ortaya çıkışından bu yana durum önceki gibiydi, ama rastgeleliğin ve olasılığın temelli roller aldığı son gelişmelerle bu durum, hatta klasik mekanikte ve kimyada bile iyice boyutlandı. Dolayısıyla klasik eğilime kıyasla

23. H. Weyl, *Philosophy of Mathematics and Natural Science* (Princeton; N.J. Princeton Univ. Press, 1949).

modern eğilim, klasik düşüncenin şeffaflığına kıyasla bir tür "matlık"a yolaçar.

Bu, insan aklının hezimeti midir? Zor bir soru. Bilim adamları olarak hiç seçeneğimiz yok; dünyayı ancak deneysel sonuçların ve yeni teorik kavramların oluşturduğu perde aralığından görebildiğimiz sürece, nasıl görmek isterseniz öyle tanımlamayız. Ayrıca bu yeni durum kendi mental aktivitemiz içinde buluyor gibi olduğumuz bir durumu yansıtır. Klasik psikoloji bilinçli, şeffaf aktivite etrafında odaklaşıyordu; modern psikoloji ise bilinç dışının mat (opak) işleyişine önem verir. Bu belki de insan varlığının temel özelliklerinin bir imajıdır. Oedipus'un zihninin isfenks önündeykenki berraklığını ve kendi kökenleriyle karşılaştığındaki matlığını ve karanlığını hatırlayın. Belki de çevremizdeki ve içimizdeki dünya hakkındaki sezgilerimizin bir araya gelişi anlatmaya çalıştığımız bilimdeki son gelişmenin doyurucu bir yanıdır.

Neyin zaman içinde yer aldığı, neyin geri-dönüşsüz olduğu ve diğer yandan, neyin zamanın dışında kaldığı neyin sonsuz olduğu ayırımının insanın sembolik aktivitesinin kökeninde yattığı izleniminden, insan kolay kolay kurtulamıyor. Belki bu durum sanatsal aktivitelerimizde özellikle böyle. Aslında, bir tabiî nesnenin örneğin bir taşın, sanatsal bir nesneye dönüşümünün bir yanı, madde üzerindeki etkimizle çok yakından ilişkilidir. Sanatsal aktivite, nesnenin zamansal simetrisini kırar. O nesne üzerinde kendi zamansal simetrisizliğimizi nesnenin zamansal simetrisizliğine çeviren bir işaret bırakır. Örneğin, içinde yaşadığımız geri-dönüşlü neredeyse dairesel gürültü düzeyinden hem stokastik hem zaman-yönelimli olan müzik çıkar.

TABİATIN YENİLENİŞİ

Halihazırda, hem bilimsel tabiat kavramında hem de demografik patlama nedeniyle, insan topluluğu yapısında büyük değişimler içinde bulunmamız oldukça dikkat çekicidir. Sonuç olarak, insan ve tabiat arası ve insan ve insan arası yeni ilişkilere ihtiyaç vardır. Bundan böyle, bilimsel ile etik değerler arasındaki eski *a priori* ayırımı kabul edeme-

yiz. Dış dünyamızla iç dünyamızın çatışıyormuş gibi, neredeyse ortogonalmış gibi görüldüğü bir zamanda, bu mümkündü. Bugünse zamanın bir inşa olduğunu ve dolayısıyla bir etik sorumluluk taşıdığını biliyoruz.

Bu kitapta çokca yer verdiğimiz fikirler —kararsızlık, çalkantı (*fluctuation*) fikirleri— sosyal bilimlere de sızıyor. Artık, insan topluluklarını, nisbeten çok kısa süreli bir insanlık tarihi içinde geliştirdiğimiz kültür çeşitliliğiyle örneklenen potansiyel olarak korkunç sayıda çatallaşmalar içeren çok büyük yoğunlukta kompleks sistemler olduğunu biliyoruz. İşte bu, beraberinde hem bir umudu hem de bir tehdidi getirir: umut, çünkü küçük çalkantılar bile genleşip büyüyebilir ve tüm yapıyı baştan sona değiştirebilir. Dolayısıyla, bireysel aktivite anlamsızlığa mahkûm değildir. Bir tehdittir, çünkü kâinatımızda kararlı, kalıcı kuralların güvenliği hepten kaybolmuşa benziyor. Körlemesine bir güvenlik izlenimi vermeyen tehlikeli ve belirsiz, ama kimi Talmudik metinlerin Tekvin Tanrısına atfettiği görülen aynı türden bir incelikli umut duygusu aşılayan bir dünyada yaşıyoruz:

> Şimdiki tekvinden önce, hepsi de başarısızlığa uğramış yirmi altı teşebbüs oldu. İnsanın dünyası önceki kalıntıların kaotik yüreğinden doğdu; yine o da [insan] başarısızlık riskiyle karşı karşıyadır ve hiçliğe dönebilir. "Umalım, bu işlesin" *[Halway Sheyaamud]* diye haykırdı Tanrı, Dünya'yı yaratırken ve dünyanın ondan sonraki tüm tarihi boyunca süren bu umut, ta başından bu tarihin radikal belirsizlik damgasıyla damgalandığını vurgulamıştır.[24]

24. A. Neher, "Vision du temps et de l'histoire dans la culture juive", *Les cultures et le temps* (Paris: Payot, 1975), s. 179.

Ek:
Tabiatın Yeniden Büyüleyişi(*)

Eğer duyularımız yeterince iyi olsaydı;
uyuklayan kayalığı, danseden kaos olarak
algılayacaktık.

NIETZSCHE

İlya Prigogine'nin zevkine vardığı tabiattaki akışın bende oluşturduğu imaj, tıpkı bir girdaba çekilmek gibi bir şeydi. Edindiğim ilk izlenim, çalışmaları, tabiatın farklı cihetlerinden en dinamik olanıyla, zamanla ilgili olan Prigogine için söylenebilecek en iyi istiare: bir adama doldurulmuş saf dinamik enerjiydi. Çabaları, bilim topluluğunun (çevresinin) yirmi yılı bulan suskunluğunun ardından, Prigogine'ye 1977 Nobel Kimya Ödülünü ve "Termodinamiğin Şairi" olarak yayılan şöhretini getirdi.

1984 Amerikan Bilim İlerleme Topluluğuna ev sahipliği yapan New York'ta yaşanan, kusursuz bir haziran günüydü. Prigogine, toplantıya katılmak üzere Brüksel'den buraya önceki gün uçmuştu. Her ne kadar, uçuş yorgunluğu için "olabilir" dediyse de, üzerinde o yorgunluğun esâmesi okunmuyordu. Prigogine New York keşmeke-

(*) Bu bölüm, kitabın orijinalinde olmadığı halde, yayınevimiz tarafından kitabın Türkçe çevirisine ek olarak konulması uygun görülmüştür. Metin, Rene Weber'in *Scientists and Sages* adlı eserinde (s. 181-197) İlya Prigogine ile yaptığı röportajın çevrisidir.

şinden başını yukarı çıkarabilmiş yüksek odasında "insanın tabiatla diyaloğu"nu anlatırken, dissipatif yapılardan biri olarak sürekli bir hareket içerisindeydi. Kimi bir yıl sonrasına yer ayırtan konferans davetiyeleriyle uğraşıyor, kahve hazırlığıyla ilgileniyor ve duraksamayan bir hareketlilik içinde sohbetini sürdürüyordu.

Prigogine, arslansı kafasını taşıyan güçlü ve toplu bir vücut yapısına sahip adaleli bir adam. Canlı kahverengi gözleri ve ânî tebessümleri ona, bir delikanlılık katıyor; altmış sekiz yıllık yaşını inanılmaz kılan bir çekicilik veriyordu. Bu hayatiyet, yek nesak bir yoğunlukta, görünüşünü uzun uzadıya anlatan titrek sesi ve dinleyici üzerinde kurduğu güçlü kişiliğiyle daha bir zenginleşiyordu. Bu telaşlı enerjiden olacak, Prigogine, arkadaşlarının diyalog konusunda en çok istekle bulundukları ve belki de en büyüleyici buldukları kişiydi.

İlya Prigogine, 1917'de, Moskova'da Rus devriminin yeni başladığı bir dönemde doğdu. Belçika'da yetişti. Eski Yunan ve Lâtin Edebiyatları ile felsefe eğitimi aldı. Ayrıca ciddi bir klâsik müzik eğitimi alarak profesyonel piyanist oldu. Ancak asıl ilgi odağı, Free University of Brussels'de doktora derecesine (1941) kadar üzerinde çalıştığı kimyaydı.

Çalışmalarını, mekanik enerjiyle ısı arasındaki ilişkileri inceleyen kimya ile fiziğin buluştuğu bilim dalı olan "termodinamik" üzerinde yoğunlaştırdı. Temel ilgisi, baştan beri "zaman" kavramıydı: Zamanın yapısı, anlamı ve klâsik fiziğin zaman konusundaki ihmali. Bu; kozmoloji, partikül fiziği ve biyoloji gibi çeşitli bilimleri kavramaya ve ömür boyu sadece onun üzerinde çalışacağı tabiatın dinamik süreçlerine dönüşüydü. Prigogine'nin Nobel Kimya Ödülü, esâsen onun canlı ve cansız sistemler arasında köprü kuran "Dissipatif Yapılar" teorisi için verilmişti. Ancak Nobel Ödülünü kazanması, aynı zamanda diğer alanlardaki çalışmalarının genişçe uygulamalarını da kabul ettirmiş oldu. Nobel Komitesi'nin ifadelerinde

şöyle deniliyordu: "Prigogine, dönümsüz termodinamiği temelden gözden geçirmiş ve değiştirmiştir. O, gerçeğin peşindeki sorgulamanın biyolojik ve sosyal alanları arasındaki mevcut uçurumunu kapamak için termodinamikte yeni ilişkiler bulmuş ve yeni teoriler geliştirmiştir."

Prigogine'nin teorileri, son iki karmaşık kitabında ileri sürülüyor. Bunlardan birincisi —biraz daha teknik olanı— *From Being to Becoming: Time and Conplexity in the Physical Sciences* (1980) [Varlıktan Oluşa: Fiziksel Bilimlerde Zaman ve Karmaşıklık] adlı eserdir. Bunu, 1984'te (Kimyacı ve felsefeci Isabelle Stengetsr'le birlikte yazdığı) *Order Out of Chaos: Man's New Dialogue With Nature* [Kaostan Düzene: İnsanın Tabiatla Yeni Diyaloğu] isimli kitabı izledi. *Order Out of Chaos*'ta, Prigogine, insan ve tabiat birliğini ele alıyor. Mekanistik dünya görüşünün aksine, bu birlik kendisini, insanoğlunun tabiatı mekanistik algılayışı nedeniyle yitirdiği tabiat büyüleyiciliğini gibi getiren bir "yeni diyalog" olarak ifade ediyor Prigogine; kısmen de olsa değişim ve dönüşüm süreçlerini açıklama arayışında.

Termodinamiğin ikinci kanununa göre kâinattaki elde edilebilir enerji, kaçınılmaz bir şekilde azalmıyor ve maksimum düzenlilikten, elde edilebilir enerjinin tamamen tüketilmiş olacağı nihaî düzensizliğe doğru hareket ediyor. İlk kez Clousius tarafından 1865'te ileri sürülen bu "entropi prensibi", bazı süreçlerin (işlemlerin) tersine döndürülemeyeceğini ortaya koyuyor. Boltzmann'ın (daha fazla enerji alış verişinin gerçekleşemeyeceği bir) denge düzeyine doğru tekamülümüzü tasvir ederken söylediği gibi, entropi olasılığa bağlıdır. Ve olasılığın büyümesi nedeniyle entropi büyür. Bu, olayların neredeyse kesin bir hükümle geriye gidemeyeceğini ifade için ilk kez Eddington'ın kullandığı bir deyim olan *"zamanın oku"*yla ilgilidir.

Prigogine'nin çalışmalarını anlamada zamanın oku anahtar bir kavramdır. Her organizmanın bir tarihi vardır: doğar, gelişir ve ölür.

"Zamanın oku", atomaltı partiküllerde itibar görmese bile canlı organizmalar için geçersiz değildir. Prigogine'nin çalışmaları şunu öğretiyor: Canlı sistemler, belli bir dereceye kadar self-organizasyonları için kullandıkları kapasiteleri nispetinde entropiye kaçabilirler. Bunlarda, entropiyle tahmin edilemeyen daha yüksek bir düzen, kaosun ölü sonunda su yüzüne çıkabilir. Prigogine'nin ısrarla savunduğu şey ise, düzenin entropiye rağmen değil, bilâkis entropi nedeniyle ortaya çıktığıdır.

Canlı sistemler, açık sistemlerdir; Prigogine'nin "dissipatif yapılar" diye isimlendirdiği organizasyonun, dengeden uzak veya dengeye yakın kompleksleridirler. Bunlar, dissipatif yapıların sınırsız bir dinamik akış sayesinde varlığını sürdürdüğü ve sabit bir enerji alış verişi yaptığı bir çevreyle karşılıklı ilişkilerini yansıtan hallerdir. Dalgalanma veya sallantıların katkıda bulunduğu önemli bir faktör de, entropice dikkate alınmayacakları zamanlarda bile su yüzüne çıkması muhtemel yenilikleri hesaba katan ani değişikliklerdir.

Gücünü diğer dalgalanmalara katan tek bir dalgalanma, bütün sistemi yeni bir yapıda tekrar organize edecek kadar güçlüleşebilir. Bunun gerçekleştiği noktalar "çatallaşma noktaları"dır. Bu noktalarda determinist tanım çöker ve sistem, çatallaşmış birkaç mümkün yoldan birini izler.

"Bu gelişigüzel işlemler gösteriyor ki," diyor Prigogine, "açık sistemler —ve dolayısıyla kâinatınızın büyük bir çoğunluğu— mekanistik değildi. Aksine gelişigüzeldir."

Prigogine "gelişigüzellik" fikrini diğer bilim adamlarından oldukça farklı bir anlamda kullanır. Meselâ, Jacques Monod (*Chance and Necessity*) için gelişigüzellik, kötü tesadüfün hükmettiği bir dünyayı gerektirir. Hem de mantıksal açıdan anlamsız ve Monod'un, argümanına dayanak yaptığı Egzistansiyalist Felsefenin "saçma" (*absurd*) dünyasına benzer bir kâinata işaret eden bir tesadüftür bu.

Ama, Prigogine için gelişigüzellik; non-determinizm, kendiliğinden olmak, ilk (yeni ve benzersiz) olmak ve tek kelimeyle yaratıcılıkla eşanlamlıdır. 'Prigogine Kâinatı', tam bir canlı organizmaya benzer. Çünkü bu kâinat —herhangi bir kimyasal çözeltiden bulutlara, beyinden insanoğluna kadar— umulmadık yapılar şeklinde kendini yeniden yaratan; üstelik, dissipative yapılara açık olan gelişigüzel hareketlere müsait bir mekân (uzay) dır. Bu ilk ve yeni yapılar, mevcudiyetleri, bütün sistemi bir tür davranıştan yeni ve beklenmedik birine genellikle çekebilen sallantılar ve küçük değişkenler tarafından harekete geçirilirler. Ve bu yolla, hem zamanın okunun sıradan okunuşuna hem de entropinin mekanistik yorumuna meydan okurlar.

Dissipative yapılar bu yolla tabiata daimi bir yaratıcılık sunarlar. Sonuç olarak, madde artık statik bir şey —meselâ itme ve çekmelerle yönlendirilebilen hareketsiz bir molekül— şeklinde görülmez. Aksine, aktif ve canlı bir şey olarak görünür. (Bir kaya parçası veya bir metal levha üzerindeki pas gibi) üzerinde daha fazla karşılıklı enerji değişiminin gerçekleşemeyeceği dengedeki sistemler hariç, dengeye yakın ve dengeden uzak sistemler, çevreleriyle devamlı bir uyum içindedirler. Bu açık sistemlerde madde, mekanistik bilimin tanımladığı tarzda izole edilmiş, tekil ve sahipsistic bir şey değildir. — Prigogine, bu karşılıklı etkileşiminin dışında kalan partikülleri "Hypnons" olarak adlandırıyor— Bilâkis madde, dışa karşı duyarlı, değerleriyle ilişkili ve diğer maddelerin aktivitelerine karşılık kendi kendini değiştirebilen bir yapıdadır. Bu, dengeden uzak sistemlerdeki en küçük bir değişiklik, sistemi —Prigogine'nin lugâtındaki yaratıcılıkla eşanlamlı bir ifadeyle— "destabilize" edebilir. Ve bu, lineer eşitlikten mantığıyla tahmin edilemeyecek bazı sonuçları da beraberinde getirir.

Prigogine'nin projesindeki matematik, birden çok faktörün yekdiğerini eş zamanlı olarak etkilediği lineer olmayan eşitliklerle ifade edilir. İkinci bir ifade yolu ise, sistemin 6-n boyutlu uzayda tek

bir noktayla temsil edildiği "faz-uzay"dır. Faz-uzay, thajectory yoluyla sistemin evriminin dinamik temsilini nazara alır. Böylece, her bölge sonsuz sayıda temsil edilmiş nokta içerebilir.

Prigogine, klâsik bilimin tabiatın iç yüzünü unuttuğundan yakınıyor. Varlığın her bir partikülünde, zaman, değişim ve diğer parçacıklarla etkileşimi de kapsayan ve 'dönümsüz' değişimlere sebep olan bir tarih vardır. Meselâ, zaman oku'na, verime ve tarihe saplanan tecrübenin niteliksel cihetleri. Fizik bilhassa —parçacık etkileşimine, zaman içinde ileri veya geri hareket ettirilebilecekleri zanniyla yaklaşan fizikçiler için 'dönümlülüğün' mevcut kalesi olan— parçacık fiziği, bu niteliksel cihete itibar etmeme eğilimindedir. Prigogine ise, makro-işlemlerin olduğu kadar atomaltı partiküllerin bile geliştirdiği 'dissipatif yapılar' kanununun şûmulünde olduğunu ve bu yüzden kâinattaki bütün maddelerin, etkileşim, yaratıcılık ve —bu durumda— diyalogla şekillendiğini ispatlamayı umuyor.

Belli bir kısıtlamayı kabullenmeyen ve birçok tarafa yayılmış teorileri gibi Prigogine'nin hayatı da iki kıtaya kadar uzanmış ve pek çok yerle bağlantıları olmuştur. Ailesiyle birlikte Brüksel'de ikamet ediyor olmasına rağmen Uluslararası Solvey Fizik ve Kimya Enstitüsü'nü yönetiyor ve Free University of Birussels'de dersler veriyor. Aynı zamanda Austine'e de yılın belli dönemlerinde gidip geliyor. Burada, yani Teksas Üniversitesi Ilya Prigogine İstatistikî Mekanik ve Termodinamik Merkezi'nde geniş ve çalışkan bir ekiple yürüttüğü çalışmalarını takip ediyor. Onun ilgi alanları da doğal olarak teorileriyle paralel giden alanlar bunlar; fizik, kimya ve biyolojinin şaşırtıcı sayıdaki dallarından, bir şelâlenin damlaları üzerinde çalışmaya kadar; Prigogine'nin çalışmalarının önemli bir temel oluşturduğu ve bilimde yeni bir alt-uzmanlık alanı olarak beliren "kaos" için zemin oluşturan diğer dinamik akışkan yapılara kadar her şeye uzanıyor.

Çok-boyutlu ilgileri olan bir Rönesans adamı olarak Prigogine,

hâlâ sanata bilhassa da kolleksiyonunu yaptığı ve üzerinde uzmanlaştığı ilkel sanata (*primitive art*) katkılarını da sürdürüyor. Sizi şaşırtabilir ama Prigogine, sanatla "dönüşme" teorisi arasında bağlantı kuruyor. "Sanatsal aktiviteler", diyor Prigogine, "objenin zamana mukayyet simetrisini kırıyor." Son kitabı bir çağrıyla bitiyor: "Bilimsel değerlerle ahlâkî değerler arasındaki eski *a priori* ayrımı artık kabul edemeyiz... Bugün biliyorum ki zaman da bir yapıdır ve bu yüzden ahlâkî bir mesuliyet taşır... Sonuç olarak ferdî hiçbir hareket ehemmiyetsizliğe mahkûm değildir."

WEBER — Son İngilizce kitabınız, Order out of Chaos*'ta insan ve tabiatın birbirine karşı olmadığını bilâkis belli bir birlik içerisinde olduğunu savunuyorsunuz. Eklemek istediğiniz başka bir şey var mı?*

PRIGOGINE — Kitabın başlarında, Newtoncu klasik görüşün, dünyayı deterministik ve zaman-geri-dönüşlü (*time-reversible*) kanunların şekillendirdiği bir tür robot gibi gördüğünü ortaya koymuştum. Tabii, bu bakış, ne deterministik ne de zaman-dönümlü olmayan iç dünyamıza ilişkin mevcut bakışımızla büyük bir farklılık arzediyor. Zamanın yönü insan için bağlayıcı özelliktedir. Biz, bugün fizikte, iç ve dış dünyayı daha fazla birbirine yaklaştıran yeni kavramlaştırmalar yapıyoruz. 1900'lerde fizikçiler, tabiattaki temel süreçlerin deterministik ve zaman dönümlü olduğu konusunda büyük ölçüde hemfikirdirler. Ancak bugün, çoğalan bir azınlık karşıt görüşü yani bazı temel kanunların dönümsüz ve rastgele olduğunu savunuyor. Bu, fizikî dünyayı daha kompleks gören ve aynı zamanda insanla tabiatı birbirine hasım görmeyen bir yaklaşımı gerektiriyor.

WEBER — Kitabınızda, insanın yerinin anlamsız olduğu bir onyedinci yüzyıl deterministik kâinat modelinden, yâni sıkı determinizmden sözediyorsunuz. Peki ama bu onyedinci yüzyıl modelinin başka bir yorumu yok mu? Meselâ; Kepler, Galileo ve Newton, determinizmden ufaltıcı sonuçlar çıkarmadılar. Bilâkîs determinizm

sayesinde Allah'ın ezelî hâkimiyet ve iradesini, hayal-meyal dahi olsa görebildiler. Monod ve Sartre'ın tersine orada bir anlam bulabildiler.

PRIGOGINE — Doğru, Ama bunun arkasında ne var bir de ona bakalım. Klasik bilim, —ilahî ile tabii düzenin tam ortasına konmuş olan— insanla tanrının, rasyonelle kolay anlaşılır kanun koyucunun ve tasavvur edebildiğiniz hükümran mimarın ittifak halinde olduğu bir kültürde doğdu. Şurası açık ki bu mantığın klâsik bakışı çeşitli ayrımlara, uzaklaştırmalara neden olabilir. Biz, şimdi, insanın kâinattaki yeri kâinattan ne anladığıdır diyen Kierkegoard ve Monod'a daha yakınız. Zaman kavramının soyutluğu yönündeki klasik kabul, zamanın gözardı edilmesine ve bu nedenle de bir zaman dünyasında kendi zamanımızı anlamamızda temel bir güçlüğe sebep oluyor. Şu anda biz, zamanın ampirik bir gerçek olarak yeniden dirilişine şahit oluyoruz. Ve artık kâinatta daha fazla zaman-eksenli veya dönümsüz prosesler tespit ediliyor. *Bu, insanlarla tabiatı birbirine daha fazla yaklaştırmıyor.* Çünkü bize, insanın zaman içindeki tezahürünün çok genel bir hususiyet olduğunu gösteriyor. Ama daha derinlerde bir problem var. Termodinamiğin ikinci kanunun belirlediği türden dönümsüz prosesler gördüğünüz zaman, onlara nasıl bakacağınıza karar vermek zorundasınız. Ya dönüşümsüzlük sadece dinamik zaman-dönüşümlü kanunların yaklaşımıdır diyen klasik bakış açısını ya da muhtelif görüşü kabul edeceksiniz.

WEBER — Tersine çevirirsek.

PRIGOGINE — Tümünü

WEBER — Yani, geri-dönüşsüz süreçler öncelikli olabilir diyorsunuz. Onyedinci yüzyıl düşüncesine göre ayrıcalıklı model yani zaman, dönüşümlü süreçler özel durumlardır.

PRIGOGINE — Aynen. Geri-dönüşsüzlüğü bir takrib (yaklaşım) saymak ve ikincil bir kanun şeklinde görmek yerine geri-dö-

nüşsüzlük temel bir kanun olarak değerlendirilebilir. Bunu yapmak için pek çok yeni fizik ve yeni matematiğe ihtiyacınız var. Bunun nasıl olacağı konusunda kitabımın sonunda birtakım fikirler geliştirdim. Ama daha geliştirilecek çok şey var. Hatta bir kısmı kitabın yayımlanmasından sonra geliştirildi aslında.

WEBER — Zaman ve evrim — kitabınızda yaratıcılık diyorsunuz—fikirleri her şeyin kendi içinde şekilleniyor. İşte klasik fizik ve Quantum fiziğinin gafil kaldıkları şey de bu.

PRIGOGINE — Evet. Şimdi maddede yaratıcılığı formüle edebilir, en azından ondan söz edebiliriz. Bunlar, yeni kavramların gün ışığına çıktığı iki köşetaşı. Maamafih biraz dikkatli olmak lâzım. Yaratıcılığın psikolojik bir anlamı da var. Ve bu nedenle meselâ, basit parçacıklar için uygulanabilir değildir. Biz hâlâ, bugün cansızlıkta derinlerde kök salmış bir hayat görüyoruz. Bu, doğrusal olmayan fizik ve denge-dışı dinamik gibi iki alandaki gelişmelerin neticesidir.

WEBER — Sözünü ettiğiniz zaman-kaynaklı (time-generated) *yaratıcılığın olgusal dünyada geçerli olduğunu ve bizim kısmî ve sınırlı perspektifimizden kaynaklandığına inanan Doğu mistisizminin görüşlerini ve Kant'ı savunan birine neler söylerdiniz?*

PRIGOGINE — Zamana, insan zihninin bir *a priori* aleti statüsünü vermekle Kant, problemden tamamen kaçmıştır. Onun çözümü, temel bir düalite sunmaktır. Bu, bilimin iç gelişmeleriyle üstesinden gelebileceğiniz bir çözümdür.

WEBER — Ama bu beraberinde bir soruyu da gündeme getiriyor: Bildiklerimize güvenebilir miyiz?

PRIGOGINE — Deneyle yapacak bir şeyi olmayan gerçek için de yürünecek bir yol olmalı. Ancak bu konuda benim söyleyecek bir şeyim yok. Bu, benim alanım değil. Dolayısıyla bu tür sorulara karşılık veremem. Bununla beraber, etrafımızda nelerin olup bitti-

ğine bakacak olursak, geri-dönüşsüz proseslerin, biyolojik yapılarda temel bileşenler olduğunu görüyoruz. Eğer Kant haklı olsaydı ve geri-dönüşsüzlük insan zihnindeki bir kategori olsaydı o zaman biz kendi mevcudiyetimizden sorunlu olacaktık. Geri-dönüşsüz hayatımız, zihnimizdeki zamanın a priori kategorisinin bir sonucu olacaktı. Şimdi bu imkânsız bir şey.

WEBER — Ken Wilber gibi kimi insanlar, fiziğin dahi, kendi kabulüyle tüm fiziğin, "Plato'nun Mağarası"ndaki (bir) sınır olduğunu ve gerçeği kavramada —mistisizm ve direk sezginin— başka bir yol olarak varolduğunu savunuyorlar.

PRIGOGINE — Demin söz ettiğim gibi, bu hususta söylenecek çok az şeyim var. Ben, kişisel olarak şunu hissediyorum: biz, hâlihazıra, dünyada bir bütün olarak saplandığımızın şuuruna varmak için geldik. Bir takım harici ve fuzuli mistisizmlere yalvarmaksızın bir bağ bulmaya başladık. İnsanla tabiat arasındaki bu halkanın nasıl yorumlanacağı herkese açık bir şey. Klasik fizikte hakikaten hiçbir seçeneğiniz yoktur. Ya Monod gibi adamların (*Chance & Necessity'de*) açıkça ifade ettikleri ayrımcı bir bilimi kabul etmek zorundaydınız ya da Whitehand veya Bergson'unki gibi bilim karşıtı, metafizik kimi görüşleri kabullenecektiniz. Psikanaliz bize ulaşan kısmın sürmekte olan aktivitenin bütününün çok cüz'i bir kısmı olduğunu ifade etti. Şeffaflık tabakasının altında pekçok kesafet var. Klasik fizik, şeffaf bir dünyayı gördü. Bu, bizim kendi kesafetimize tamamen karşıt bir şeffaf dünyaydı. Bununla beraber, geri-dönüşsüzlüğün böyle mühim bir rol oynadığı zaman ve dalgalanmaları keşfettiğinizde, klasik fiziğin dünyasına oranla çok daha fazla kesif olan bir dünyayla karşılaşıyorsunuz. Dışarıda gördüklerimizle içte gördüklerimiz arasındaki ilişkinin daha yakın olduğu bir noktaya geliyorsunuz.

WEBER — Ama, biri çıkıp içimizdeki kesafet kendiniz hakkındaki yetersiz bilgi nedeniyledir diye itiraz etse?

PRIGOGINE — Belki. Zihnin nasıl çalıştığına dair hiçbir matematiksel teori yok. Bununla beraber tekrarlanmış deneylerin neticesi olasılık yoluyla tahmin edilebilirken, mevcut teorik çerçeve içinde sonucu belirlememiş basit durumları da biliyoruz. Bu basit olaylarda, dolayısıyla biliyoruz ki, sözünü ettiğimiz kesafet, yetersiz bilgiyle ilgili değildir.

WEBER — Quantum mekaniği nedeniyle mi?

PRIGOGINE — Ondan sözetmekte haklı olmanıza rağmen tek sebep o değil. Bu perspektifte, Quantum mekaniği sadece ilk basamağı oluşturur. Ama galiba en önemlisini bile değil. Quantum mekaniği, bu tür bir kesafeti olasılık derecesini ölçen dalga-fonksiyon yoluyla ortaya koydu. Quantum mekaniğinin yanı sıra dinamik sistemlerin kararsızlığından gelen başka bir tesadüf tipi var. Sistem kararsız olduğunda sadece faz-uzay sınırlı alanı içindeki bilgimizden söz edebiliriz. Ferdî trajectoryler *(yörüngeler)* ve ferdî uzay-zaman unsurları hakkında konuşma imkânımızı yitirdik. Dolayısıyla, ferdî trajectory ile alâkalı şeffafiyet kayıptır.

WEBER — Çalışmalarınız, bütünün birbirine bağımlılığı ve ilişkisi konusunda bir hayli vurgu yapıyor.

PRIGOGINE — Bu çok doğal. Birbirine bağımlılığı vurgulamakla canlı (hayat) ve cansız(lığın) düşman olmadıklarını gösterebiliriz. Bu, böyle olmak zorunda. Çünkü aksi durumda bir tarafınızda mekanik bir dünya diğerinde biyolojik ve ondan sonra da mutlak engel (sınır)lerle ayrılmış bir insan dünyası olacaktı. Eğer bu böyle olsaydı, o zaman bu engellerin ötesine geçmek için bir takım transcendental bilgilere başvurmak gereksinimi olacaktı. Bana göre, buna gerek yok.

WEBER — Çalışmalarınızın bilhassa eşsiz ve alımlı olan tarafı düzensizliğin içinden düzenin çıkabileceğini gösteriyor olmanızdır. Düzensizlikten, mutlaka düzen çıkmalı mı?

PRIGOGINE — Hayır. Bu, sistemdeki doğrusal olmayışın tipine bağlıdır. Bu çok güzel bir şey. Çünkü her şey canlı değil ve de her şey ölü değil. Aynı zamanda —genel konuşursak— hem düzen hem de düzensizlik geri-dönüşsüz süreçlerden üretiliyor. Düzen/düzensizlik ikiliğini tekil bir temel yapı vardır: Dönümsüzlük.

WEBER — Biraz da Big Bang konusunda, fizikteki bu cazip fikir hakkında konuşabilir miyiz? Eğer Big Bang hakikaten hayatın kaynağı olsa ve maksimum düzeni oluşturuyorsa, bu kâinatta düzene doğru bir eğilimi göstermez mi?

PRIGOGINE — Big Bang sorusu ve kozmolojik sorular, bana göre, hâlâ başlangıç aşamasındadır. Popüler literatürün çoğunu okuduğunuzda Big Bang ve çevrimsel kâinatın neredeyse gerçek olduğu izlenimini ediniyorsunuz. Ama emin bir şekilde bildiğimiz tek şey var, o da bizim kozmik çevremize kızgın ve yoğun bir hâlden tekâmül ettiğidir. Kâinatın başlangıç noktası bu mu? Big Bang, kozmik çevremizin veya bir bütün olarak kâinatın orijinini açıklıyor mu? Esâslı bir sonuca ulaşmadan önce çözülmesi gereken pek çok soru var. Teorik fizikçilerin çoğunluğu, quantum fiziğiyle Big Bang'a teorik çerçeve oluşturan Genel İzafiyeti nasıl birleştirecekleri üzerinde çalışıyorlar. Ama başka problemler vardır. Meselâ; Genel İzafiyet ile entropi arasındaki ilişki, kararlı ve kararsız sistemler arasındaki ayrıma ilişkin entropi kanununun geçerliği problemleri.

Yenilerde açıkladığım gibi, ikinci kanun, iki temel özellik üzerine oturtuluyor. Birincisi, sadece dinamik kararsız sistemlere uygulanabilir birşey. İkinci olarak da, kararsız dinamik sistemler için, başlangıç şartları kavramının çok kompleks bir kavram olduğunu hesaba katmalıyız. Bu tür sistemlerde, biri; faz-uzay'da sonlu bir alandan başlamakla "başlangıç şartlarına duyarlılık" olarak adlandırılan saptırıcı (ayırıcı) yörüngelere ulaşabilir. Bu iki hususiyetin — istikrarsızlık ve zamana bağlı tekâmüldeki sınırlı pencereye muka-

bil gelen sınırlı bilginin— bir sonucu olarak, geçmiş ve geleceğin aynı rolü oynadıkları temel bir zaman-dissimetisinin var olduğunu termodinamiğin ikinci kanununun geçerliğini ispatlayabiliriz.

Bugün, termodinamiğin ikinci kanunuyla Genel İzafiyeti birleştirmek zorundayız. İkinci kanunun temel bir rol oynadığı bir bakış açısına göre, Big Bang başlangıç noktası olmaktan ziyade termodinamik istikrarsızlığın herhangi bir noktası olacaktı. Bu noktadan yola çıkarak geri-dönüşsüzlük, hem düzenin hem de düzensizliğin yaratılmasına daha özel bir ifadeyle kâinatta gördüğümüz iki unsura, foton ve baryonlara öncülük eder. Baryonlar, bir metastable bozunum halindedir. Fotonlar ise başka madde formlarına artık daha fazla bozunum yapamayan artık mamullerdir.

WEBER — Peki bu, problemi daha da geriye itmiş olmuyor mu?

PRIGOGINE — Ama sonra da bana kâinatın anlamını soruyorsun? Bu soru, birinin basit bir karşılık vermeyi umabileceği türden bir soru değil. Belki bir yaklaşım olarak şu kadarını söylemeye cesaret edebilirim: Geri-dönüşsüzlük sürecinin kâinatımızın —sözünü ettiğim anlamda— yaratılışından önce gelmesi gibi, zaman da var oluştan önde gelir.

WEBER — Evet, büyük bir soru. Şimdi size bir diğerini soracağım: Tabiat kanunlarının kendileri bir dönüşümé (geçişe) uğrayabilirler mi?

PRIGOGINE — Aslında tabiat kanunları, tabiatın durumuna bağlı olmalı. Örneğin, çalışma arkadaşlarımla beraber, kâinatın çekim halini kapsayan bir entropi kanunu formülasyonu çıkardık. Entropinin kendisi, bu durumda kâinatın tarihine bağlı olacaktı. Ancak daha basit örnekler tasavvur edebiliriz. Eğer hayat yoksa biyoloji kanunlarından sözedebilir miyiz? Elbette hayır! Başka bir deyişle, kanun veya düzenlilik dediğimiz şeyler, kâinatın takip ettiği çatallaşmalara bağlı şeylerdir.

WEBER — Bu nominalizm gibi birşey.

PRIGOGINE — Hayır. Ben onu ampirik bir ifade olarak alıyorum. Tabiat kanunları; düzenlemelere, onların geçerliliğine ve temel bir ampirik unsur içeren formülasyonlarına karşılık geliyor.

WEBER — Ama nominalist olmayanların hâlâ tatmin edilmemiş bir sorusu var: Madde, ne şekilde davranacağını nasıl biliyor? İçinde akıl yok. İdare eden bir tanrı da yoksa maddenin yaptıklarını ona yaptıran ne?

PRIGOGINE — Israrla sorulmuş bir soruyu bir kez daha soruyorsunuz. Olayın daha fazla kısıtlı ama önemini koruyan bir yönüyle tatmin olmuş durumdayım: Maddenin, dengedeki ve dengeden uzak sistemleri arasındaki yol üzerinde gerçekleştirdiği sıradışı sıçrayışın varlığı. Denge durumunda biliyoruz ki her partikül diğer partiküllerle çevrelenmiştir. Ancak onlar çok kısa mesafe kuvvetleridirler. Ve her partikül sadece komşusu olduğu partikülleri görebiliyor. Şimdi biliyoruz ki dengede olmayan şartlarda, uzak-mesafe korelâsyonları, makroskobik uzaklık ve zamanlar içinde ortaya çıkabilirler. Bu nedenle manayi muhalifiyle diyebiliriz ki, dengedeki madde kördür.

WEBER — Bu, Order Out of Chaos*'ta "hypnon" veya "sleepwalkers" [uyurgezerler] hakkındaki ifadelerinizde değindiğiniz madde hali mi oluyor?*

PRIGOGINE — Evet. Madde, dengede olduğunda, düzensiz *'hypnon'*larca şekilleniyor. Öte tarafta, madde, dengede olmayan şartlarla rahatsız edildiğinde uzun-mesafeli korelasyonlar ortaya çıkabilir. Yeni bir kavram olarak "hypnon"u takdim etmek arzulanmayan bir şey olarak görünebilir. Aslında bu, kitabın neşrinden beri bir hayli açıklığa kavuşturduğumuz bazı teknik problemlerle ilgili. Aslında şunu vurgulamak istiyorduk: temel unsur, artık bir nokta yörünge (veya Quantum mekaniğindeki bir dalga fonksiyonu) değildir.

Ayrıca temel tasvirde hiçbir geri-dönüşsüzlük olmayacaktı. Şimdi "hypnon"ların klasik mekanikte ne olabileceğini biliyoruz. "Hypnon"lar müteakip gözlemlerle kestirilemeyecek kadar kararsız dinamik sistemlerde yörünge demetleridir. Hypnon, aslında, zaman simetrisi kırılmış ve delokalize edilmiş bir nesnedir.

WEBER — Her ne kadar sorumu biraz daha mütevazî tutmaya çalışsam bile, sizin madde konusundaki yaklaşımınız David Bohn'un söylediği madde "canlı"dırla bir hayli benzeşmiyor mu? Ya da, bu size çok mu antropomorfik geliyor?

PRIGOGINE — Sadece antropomorfik gelmiyor; aynı zamanda soruyu da gömüyor (boğuyor). Benim vurgulamak istediğim daha değişik bir davranış türü. Yani dengedeki maddeyle dengede olmayan maddeler birbirlerinden oldukça fazla hususiyetler gösteriyorlar. Dengede olmayıştan dolayı, kompleksleştirme ve işbirliği durumlarına gidebilirsiniz. Ama dengedeki şartlarda madde bu şekilde davranmaz.

Bununla beraber, benim söylediklerimle Bohn'un söyledikleri arasındaki ilişkinin detaylarını tartışamam. Çünkü Bohn'u tam anlamıyla anlayabilmiş değilim. Onu dinlerken veya okurken hissetiğim şey: onun sarma ve yaymaya dair yaptığı vurgudan dolayı oldukça muhafazakâr olduğudur. Bana göre, o sapmak ve yaymak konusunda, en az gizli değişkenler konusundaki görüşlerinde olduğu kadar muhafazakârdır. Var olup sonra gelişen bir şey gibi geliyor bana. Gizli değişkenler ordalar ve eğer öyle aptal olmasaydık onları görebilecektik. Onun, büyük orijinalliğine ve görüşlerinden beğendiğim pekçok şeyine rağmen, onu hâlâ tabiatın klâsik şeffafiyetine dönmeye çalışan biri olarak görüyorum.

WEBER — Söylediklerinizi izliyorum. Size muhafazakâr ve kabul edilemez gelen faktör şu: Her ne kadar medhaldar bir düzendeyse de zaten bazı alanlarda önceden vardı. Size göre düzen yapılıyor; tam yerinde ifadesiyle yaratılıyor.

PRIGOGINE — Aynen. Zaman yaratmadır. Gelecek işte orada değildir. Klasik Aristotelesci, düz bir hat boyunca taksim edilmiş geçmiş, şimdi ve gelecekten oluşan ve şimdinin geçmişle gelecegi birbirinden ayıran bir nokta olduğu yolundaki zaman kavramından çok daha farklı bir zaman kavramına ulaşıyoruz. Klasik kavram çok elverişsiz. Çünkü şimdi, sadece bir nokta olacaktı. Eğer şimdi sadece bir noktaysa, geçmişle geleceği birbirinden nasıl ayırabiliyor? Bu anlamda varolan şey geçmiş ve gelecektir. Şimdiki zaman değil. Netice olarak Leibniz'le noktayı koyuyorsunuz: Anî bilinçlilik dünyası, aynı zamanda bilinçsizliktir de. Termodinamiğin ikinci kanununu da hesabımıza dahil edersek geçmişin var olduğu; şimdinin, sonlu bir dönem olduğu ve geleceğin ise henüz mevcut bulunmadığı bir zaman kavramına ulaşırız. Bu, biyolojik zamana bir hayli benzer bir tabiat kavramıdır.

Heidegger, problemi çok açık bir şekilde ortaya koydu: Bilimde, ne varlıkta ne de oluşta hiçbir zaman bağımlı unsur bulunmayacak. Çünkü oluş, zaten varolanların basitçe bir gösterimidir. Bu, aynı zamanda Bohn'un görüşlerinden anladığım şeydir. Benim savunduğum görüş ise daha farklı. Biz, burada bilimin sınırlarına ulaşıyoruz. Zaten yerleşmiş bulunan, geri-dönüşsüz kuvvetlerin yapıcı rolüdür. Burda, ben bunun ötesine geçiyorum ve diyorum ki, fiziğin kendisi, bir geri-dönüşsüz süreçler fiziğine dönüşecek. Bu fizik, klasik fizik veya Kuantum teorilerinin —çok basit sistemler için geçerli— bir basitleştirme olarak görüneceği ancak şimdi olduğu gibi fizik bilgisinin bir prototipi olmayacağı bir fizik.

WEBER — Yaratıcı kâinatı, öncelikli ve asıl, diğer şeyleri ise ondan alınmış, hatta ondan çıkarılmış iskeletler olarak görüyorsunuz.

PRIGOGINE — Evet. Bir iskeletini çıkarma veya bir basitleştirme diyebiliriz.

WEBER — Fizik dünyasını ve fizikçilerin aktivitelerini insanoğlunun günlük yaşamından, psikolojiden, politika ve sair alanlardan soyutlayamayız diyorsunuz. Geri-dönüşsüzlüğün küçümsenmesini ve nazara alınmamasını, onun bize ölümümüzü ve sonluluğumuzu hatırlatmasına mı bağlıyorsunuz?

PRIGOGINE — Bilim, sosyal tarihin derinliklerine kök salmıştır diye düşünmüyorum. Batı bilimi, mutlak monarşilerin olduğu bir zamanda doğdu. Mevcut düşünce şuydu: Monark, —bu, tanrı veya bilim adamı olabilir— ebedî bir zekâya sahiptir. Ve bu yüzden, gerçek de ebedî ve değişmez olmak zorundadır. Kâinat (bu) ebedi kanunları karşılamak, tatmin etmek zorundaydı. Tanrının ruhundaki belirsizliğin anlamı ne olabilirdi? Bir anlamda yüce bilginin temsilcisi olan bilim adamının ruhundaki belirsizliğin anlamı ne olabilirdi? İlk etapta bu tavrın egemen olması bizim için bir şans oldu. Çünkü çok basit sistemler üzerinde çalışmamıza yol açmış oluyordu. Eğer hemen çok kompleks sistemler üzerinde çalışmaya başlasaydık belki de modern bilim gün yüzü görmeyecekti. Aristo'nun döneminde kalıp duracaktık. Bu nedenle, dönümsüzlüğün niçin ihmal edildiğini tam olarak bilmek çok zor. Ancak dikkate değer bir şey var ki, kompleks sistemlere, zamana ve dönüştürmelerin yeni vizyonlarına olan bu ilgi insan topluluğunun (bir) geçmiş döneminde gün yüzüne çıkıyor.

WEBER — Şimdi; 20. yüzyılda.

PRIGOGINE — Evet, Nüfus yoğunluğunun insan ve tabiat arasında yeni bir diyaloğu gerektirdiği bir zamanda. İlginçtir; daha kompleks sistemleri, iklim sistemlerini, meteorolojik sistemleri ve jeolojik tarihi daha yeni yeni anlamaya başlıyoruz. Daha önce yapabildiklerimizden daha fazla şifre çözebiliyoruz. Bu, bilimin nihaî hedefi olarak düşündüğüm (insan şartlarını geliştirmek) amacı açısından oldukça büyük değer taşıyan bilgiye öncülük edebilir.

WEBER — Kitabınızdaki çok sevimli ifadelerden biri de "tabiatın yeniden büyülenişi". Dinamik görüş, tabiatın yeniden büyülenişi olarak tanımladığınız kâinata ne şekilde bakıyor?

PRIGOGINE — Farklılığı tekrar sunmasından dolayı beklenmedik birşey oluyor. Lévy-Bruhl ve Durkheim, aşağı yukarı 40 yıl önce, hiçbir şeyin Batının rasyonel adamına gerçekten şaşırtıcı gelemeyeceğini söylemişlerdi. Çünkü bilir ki gördüğü herşey, daha önce keşfettiği tabiatın temel kanunlarıyla ilgilidir. Bu tam olarak tuz-buz olmuş bir şeydir. Bu parçalanma, sadece, yüksek enerji fiziği ve —umduğumuzdan çok daha farklı bir yapı arzeden— basit parçacıklar yahut kozmolojide değil, aynı zamanda bizim kendi seviyemizin üzerinde de yaşanmıştır. Etrafımızdaki moleküller, türbülans, kimyasal saatler ve biyolojik saatler klasik gözünkinden oldukça farklı bir madde davranışını ortaya koyuyorlar. Etrafımızdaki tabiata yeni bir ilgi var. Bu, bir hayli önem taşıyan bir fenomen. Çünkü nihayetinde bilim yapmak —insan dünyasını da içeren— etrafımızdaki dünyaya açık olmaktır.

Bir çeşit yeniden büyüleniştir bu. Çünkü yeni olasılıklar görüyorsunuz. Şimdiye kadar yüksek enerji fiziği ve kozmoloji en ilgi çekici alanlar sayılıyordu. Ama artan bir azınlık, hatta belki bir çoğunluk için bu hüküm artık pek öyle doğru bir hüküm değil.

WEBER — Bilim, anlama ve bilimsel şairliğe değil, tahmin ve kontrole takılmıştır. Sanırım büyülemeyiş ve hatta bunun aksinin yani gözden düşmenin bile bu gerçekle bir ilgisi vardır. Siz bunun aksini vurguluyorsunuz.

PRIGOGINE — Aynen. Herşeyin birkaç genel kanunla kontrol ve tahmin edilebileceğini biliyorsanız bunun ne faydası olacak? Zaten var olan bir şeyi anlatmış olmaktan başka.

WEBER — Galiba Einstein'ın cevabı; herşeyi ve bütün kanunları birleştirmek olacaktı. Bugünkü fiziğin ve bütün kanunları bir-

leştirmek olacaktı. Bugünkü fiziğin bildiği dört kanun var: Çekim, elektromanyetizm ile kuvvetli ve zayıf nükleer kuvvetler.

PRIGOGINE — Bugün, birçok bilim adamı Büyük Birleşim Teorisi'yle büyülenmiş durumda. Ama bu teorinin insan yaşamı için hayati önem taşıyan zamana bağımlılığı içerip içermediğini şimdilik bilmiyoruz. Bu birleşim çok yüksek enerji düzeylerinde ve kâinatın var oluşunun ilk saliselerinin ilk binde birlik kesitinde gerçekleşirdi. Başka bir ifadeyle, bu birleşim, hayatınızı pek fazla etkilemeyecektir. Ebediyet ve Birleşim rüyaları, Newtoncu rüyalardır. Bu rüya, insanlar için hiçbir yapı ve yerin olmadığı sınırsız bir kâinat rüyasıdır.

WEBER — Ama siz, değerinin fıtrî olduğunu, onun bir üvey evlat olmadığını ileri sürüyorsunuz.

PRIGOGINE — Hayır çünkü yeni tasvirin kavramsal yapısında makroskobik, geri-dönüşsüzlük gibi özellikler gösterir. Ki bunlar, Genel İzafiyet ve Büyük Birleşim Teorisi gibi daha temel bir düzeyde daha kesin bir şekilde formüle edilecek olan özelliklerdir.

WEBER — Bilim için sembollerle konuşuyorsunuz: 17. yüzyılda saat ve 19. yüzyılda termal motor. Peki bizim sembolümüz ne? 20. yüzyılı ne simgeliyor? Bunun bir tür sanat çalışması, belki de Shiva'nın dansı olduğuna değinir gibi oldunuz. Bizim zamanımızda niçin sanat, bilim için sembol olacak?

PRIGOGINE — Sanat, esâsen, tabiattaki temel bir şeylerin ifadesidir. Sanatta geri-dönüşsüzlük ve tahmin edilemezlik vardır. Bunlar bir sanat eserine olduğu kadar kâinata da atfetmek istediğimiz özellikler.

WEBER — Bir heykeltraş, zaten varolan bir şeyi yontma yoluyla ortaya çıkarır. Ve böylece gerçek heykeli özgünleştirir. Böyle bir yaklaşıma galiba pek sempatik bakmıyorsunuz.

PRIGOGINE — Hayır. Benim yaklaşımım şu: Biz bu mevcudiyetimizle zaman simetrisini kırmış bulunuyoruz. Ve bu kırılmış zaman simetrisi elbette ki bizde, kâinattaki diğer nesnelere oranla daha fazla yoğundur. Bunun bir sonucu olarak, sanırım heykeltraşlık zamanın okunun taşa geçişi şeklinde görülmelidir. Başka bir deyişle bizim yaptığımız ilk iş yoklamamızı aldırmak, taşa bir tarih kaydetmektir. Heykeltıraşlık bir kaydedicidir. Bunu en iyi tarih-öncesi heykeltraşlıkta görebiliriz. Her ne kadar âlet-edevat da —özellikle de sonraki dönemde— bir sanat haline gelmişse de neyin âlet-edevattan daha saf bir formda heykeltıraşlığa dönüşeceğinin ilk açık ifadeleri meşhur "cusp"lardır. Bunlar, insanların yüzbinlerce yıl önce kayalar üzerinde açtıkları oyuklardır. Bu oyuk veya yaşıoyukların ne anlama geldiğini biz bilmiyoruz. Bunlar ölü yerleri mi? Yoksa insanoğlunun varlığının basitçe işleri midir? İnsan ömründen daha uzun süre varlıklarını devam ettiren kimi nesneler üzerinde, insanoğlunun vaktiyle oralarda yaşadığına ilişkin varlık emâreleri kesin olarak var. Ben, sanata zamana bağımlı bir perspektif içinde bakıyorum. Ama bunlar çok kompleks sorular ve ben onlara çok daha dogmatik karşılıklar vermek istemiyorum.

WEBER — Bununla daha önce söylediklerimiz arasında bir ilişki kurmak şahane birşey gibi geliyor bana. Şimdi bilim, Shiva'nın dansıyla sembolize edilebilir mi?

PRIGOGINE — Evet, ebediyet ve zaman.

WEBER — Shiva şimdiye kadar hep yıkıcı olarak değerlendirildi. Ama, Lama Goinda gibi Budist âlimleri bu yaklaşımın doğru olmadığını söyleyegeldiler. Govinda, Shiva'nın dönüştürmeci kozmolojideki dinamik prensip olarak algılanması gerektiğini öneriyor. Bu, sizin söylediklerinizle daha fazla uyuşuyor.

PRIGOGINE — Evet. Hintli bir arkadaşımdan, Shiva'nın bir elinde bir müzik âletini, bir davulu; diğerinde ise bir alevi tuttuğu-

nu duymuştum. Alev, yoketme; davul ise yaratmadır. Ruh, hem yoketmeyi hem de yaratmayı birleştiriyor.

WEBER — Çalışmanızı okuduğumda, en küçük partikülden galaksilere, oradan kendi kendinize kadar her şeyin doğumu, gün yüzü görmesini ve ölümünü bir çeşit yaratıcı dans olarak hissettim. Sizin çalışmanızın çerçevesi içinde, ölüm, yani bizim ölümümüz, sistemin bir şekilde altüst olması veya sistemin yokolması mıdır?

PRIGOGINE — Bu hususta söyleyecek pek fazla bir şeyim yok. Bize verilmemiş bir dünyada yaşadığımıza inanıyorum. *Önümüze açık vaziyette konmuş, istediğimiz zaman, istediğimiz bölümünü açıp okuyabildiğimiz çok küçük bir kitap değil. Elimizde ipuçları ve çok küçük parçacıklar var.* Ama bunların genel bir çerçevesini nasıl çıkaracağımızı bilmek için daha değişik bir bilgi türüne veya en azından şimdi sahip olduğumuz miktardan çok daha fazla tamamlanmış bilgiye ihtiyacımız var. Onun, mutlaka yüce bir bilgiyi gerektirdiğini söylemeyeceğim. Ama *kâinatımızı anlama tarihinin çok öncesinde yaşıyoruz. Bilim, çok yeni bir girişim.* Bilimin bakış açısıyla, sizin söylediğiniz anlamdaki soruya bu aşamada bir cevap vermek bana kesinlikle uygun gelmiyor. İnanıyorum veya en azından hissediyorum ki zamana ve geri-dönüşsüzlüğe mukayyet oluşumuz sanırım, içimizde de gördüğümüz bir şeye saplandığımızı göstermekle insan hayatına daha fazla anlam katıyor.

WEBER — Anlıyorum. Kimi insanlar —söz gelimi Budistler ve David Bohm— insanoğlunun acı ve problemlerini esasında diğer sistemlerin nasıl yapacaklarını bildikleri çoğu şeyi henüz öğrenememiş olduğumuz gerçeğine bağlıyorlar. Yani dinamik yaşamak; ortaya çıkmak, büyümek ve geriye hiçbir artık kalmayacak şekilde her saliseyi değerlendirmek. Bu şekilde yaşamak, sizin tanımladığınız, dinamik ve daima kendilerini yeniden organize eden dengede olmayan sistemlere psikolojik olarak analojiktir.

PRIGOGINE — Bizim acılarımızın ve dogmatik tutumlarımızın bir kısmı insan rasyonalitesinin yanlış yorumlanmasından kaynaklanmaktadır. Elbette ki insan rasyonalitesi, insan hayatına biricik kıvamını vermiş olan çok önemli bir unsurdur. Ancak bir takım garip tavırlara da sebebiyet verebilir. Kant, insan rasyonalitesine meftundur. Ve insan rasyonalitesinin gezegenlerin rasyonalitesini izlemek zorunda olduğuna inanıyordu. Samuvel Beckett'in, oyunlarından birinde, ikide bir sahneye dalıp etrafına bakınan ve sonra da çekip giden bir adamı var. Bu, sanırım, insan rasyonalitesine yönelik bir hiciv. Mutlak bilginin mümkün olduğuna inanan determinizmiyle birlikte klâsik bilim anlayışı, toleranssızlığa ve nihayetinde şiddete öncülük etmektedir. Sınırlı rasyonalite fikri, durumumuzu daha doğru ifade ediyor diye düşünüyorum. Elbette ki fizikteki —Kuantum mekaniğindeki veya daha önce bahsettiğimiz ve henüz yeni sayılan 'yeni zaman' kavramı gibi— olasılık tanımlamaların niçin böyle sık sık şiddetli hücumlara maruz kaldığının bir sebebi de bu tabii. Klasik rasyonalizm, bizi her ortamda ne yapacağını bilen James Bond türünden süpermen anlayışlarına rahatlıkla götürebilmektedir. Rasyonalitenin sınırlı olduğu pluralist bir dünyayı kabul etmek ve içinde yaşamak zorundayız. Ve bu, bir başarısızlık değildir.

Ben böcek topluluklarına çok ilgi duyarım. Karınca gibi böceklerin ekolojik olarak muazzam bir başarı gösterdikleri gerçeği beni her zaman etkilemiştir. Bugünkü ölçümlere göre, her insan başına milyonlarca karınca düşüyor. Bu nedenle, karıncaların toplam kütlesi insanlarınkinden çok daha fazla. Ve onlar 20. yüzyıldaki insanlıktan bile daha fazla ekolojik başarı iddia edebilirler. Bu başarı çok ilginç bir başarı. Çünkü her bir karınca sınırlı bir rasyonaliteye sahip. Daha aptal ve küçük bir hayvan ama dış dünyaya daha çok âşina. Üstelik neyin olup bittiğinin farkındadır. Ve dış dünyadan edindiği izlenimleri, böcek topluluklarının diğer üyeleriyle iletişim kurarak geliştirebiliyor. Dolayısıyla sınırlı rasyonalite başarısızlık anlamına gelmiyor. Bana göre, insan rasyonalitesine bu denli güç at-

fedilmesinin muhtemel sebeplerinden biri olan mitolojik dünya görüşü ve toleranssızlığın bir nedeni olabilir.

WEBER — Siz problemi rasyonaliteye bağlıyorsunuz. Ama, başkası problemin rasyonalitenin yokluğundan; dogmatik inançlardan; savaşlar ve toleranssızlığı yaratan rasyonel olmayıştan kaynaklandığını söyleyebilir.

PRIGOGINE — Evet, söylediklerine katılmıyor değilim. Gelin buna "sınırlı" veya "yenilenmiş" rasyonalite diyelim. Bu rasyonalite pekçok olayda ebedi kanunlara ve mutlak doğruya bağlı olandan çok daha hassas bir tabiat görüşünü ifade ediyor. Şunu (esefle) söylemem gerekir ki, bu yeni rasyonalite görüşü Fransa'da, yani Descartes'ın ülkesinde iyi karşılanmadı. Hatta hiçbir münasabet yokken birtakım gerçekdışı hurafelere benzetildi.

WEBER — Özeleştirel bir rasyonaliteden, onun sınırlamalarının farkında olarak söz ediyorsunuz. Bu açıklığı, bu yaratacak.

PRIGOGINE — Evet.

WEBER — Sanırım, Fransa'nın sizin bazı teorilerinize niçin sıcak bakmadığını anlayabiliyorum. Çünkü duygusal olarak ben de aynı zorluğu paylaşıyorum. Eğer kâinat, zaman geçtikçe kendi kendini yaratan birşeyse bu, altımızdaki kilimi çekmek gibi birşeydir. Manzara, heyecan kadar bir de güvensizlik hali doğuruyor. Biz, kâinatın ne yapacağını, kâinat onu yapıncaya kadar bilemiyoruz. Ne "archetype'lar ne tanrılar, ne Platonik idealar ne ebedi kanunlar ne de bir şeye vukufiyet var. Ve ne de kapsayıcı bir düzenden söz edebiliriz. Bu çok soğuk ve sert bir şey.

PRIGOGINE — Evet, bu tür bir tepkiyi anlıyorum. Buna iki düzeyde cevap vereceğim. Evvela; kâinatı, olmasını istediğim şekilde tasvir etmiyorum. Hâlihazır bilimin geçirmiş olduğu evrimi tasvire çalışıyorum. Tartışmamızın başına dönecek olursak, kararsız küçük partikülleri niçin bu yüzyılın ortasında keşfettik? Galaksilerin uzak-

laşacağını niçin keşfettik? Veya mikrodalga radyasyonunu? Yahut kimyasal saatlerin varlığını?

Tüm bunlar bakışımızı değiştirir. Ve tüm bu bilgilerin güçlü etkisi nedeniyle bakış açımızı değiştirmekten kaçınamıyoruz. Biraz daha sistematik bir yol kullanırsak, bakış açımızın ne olacağını ifade etmeye ve kendi çalışmamı bununla ilişkili bir yere oturtmaya çalışıyorum. Zira *yaşadığımız dünyayı biz seçmiyoruz.*

İkinci düzey, bu bakış açısını diğer çözümlerle mukayese etmektir. Klasik anlamda dünyanın deterministik olduğunu kabul eden çözümle yola çıkacaksak, bizim bu dünyadaki rolümüz nedir? Bu, önceden tahmin edilmiş ancak bizce meçhul bir rolü oynamaktadır. Şunu kabul etmek bana daha güç geliyor: Onu bilmeksizin biz kıymet-i harbiyesi olmayan birer makineyiz. Haberdâr edilemediğimiz birtakım hakim planların izinden gidiyoruz. Sadece onu izlemek üzere şartlanmamız. Bu bana —eğer söylemem gerekiyorsa— daha tiksindirici geliyor.

WEBER — Öte tarafta, Pythagoras, Plato ve Brune gibi insanlar düzenliliği bir zafer sevincinden ziyade zayıf bir determizm olarak buldular. Çünkü, dediğimiz gibi ilahî akıl, tablodaki yerini hâlâ koruyordu. Onlar kendilerini kukla gibi değil de kozmik dansın kendisiyle dans eden dansçılar olarak gördüler. Onunla aynı harmoni-de olmaları gerçeği onlar için üzücü değil sevindirici idi.

Budist kozmoloji, zamanın uzaya dönüştürülebildiği bir yerde kimi insanların, üçboyutlu Kartoryen bilinçliliğinin aksine, çok boyutlu bir bilinçlilik yaşadıklarını iddia ediyor. Eğer yeterince geride durursanız artık zamanı ve süzülmekte olan zamanın okunu eşzamanlı bilinç ve hâlihazır tecrübe olarak algılayacaksınız. Zaman, uzaya dönüştürülür. Bu konuda bir yorumunuz var mı?

PRIGOGINE — Bu tasvire katılıyorum. Benard kararsızlığındaki, ısıtılmış ince bir sıvı tabakadan çıkan sıcak akımlarda çok

sıralı korelasyonlar görüyoruz. Burada zaman, uzaya dönüştürülüyor. Geçenlerde mesaî arkadaşım Serge Pahaut, Parsifal'daki muhteşem cümleyi bana hatırlattı: "Zaman, burada uzaylaşıyor". Aslında hayat, hatta kâinatın varlığı bile madde ve uzaydaki zamana bağımlı dönümsüzlüğün yazıtları olarak düşünülebilir. Ama, bu başka tartışmaların konusu olabilir. Zaman, saatinizde okuduğunuz rakamlardan çok daha kompleks bir şeydir. Elbette ki, saati takip etmek lazım. Ancak onun için bundan çok daha fazlası var. Dinamik sistemlere ilişkin son çalışmamızda diğer bir arkadaşım Misra ile birlikte "içsel (enfüsî) zaman" fikrini ortaya attık. Bu içsel zaman, astronomik zamandan tamamen bağımsız bir şey olamaz. Çünkü tek bir kâinatta yaşıyoruz. Eşya (şeyler), eşzamanlı hâle getirilmelidir. Bu yüzden ortalama içsel zaman değişimi, gezegenin zamanına yani saatteki zamana bağlı olmak zorundadır. Bununla beraber, içsel zamanın ilerlediği detaylı yol inanılmaz derecede komplike olabilir. Aslında, sadece ileriye doğru değil kısmen geriye doğru da gidebilir. Ve, esasen, az çok sözünü ettiğimiz bu eşzamanlılığın birçok ihtimali olabilir. Uzay, içsel zamanın bir realizasyonudur veya tek bir bakışına bağlıdır diyebilirsiniz. Başka bir deyimle, ortalama bir düzeydeki içsel zaman, ilerler. Ancak aynı zamanda geçmişte olanları da kapsar ve bu nedenle yapılabilecek en iyi analoji müziksel zamandır. Bir sonata çaldığınızda belli noktalarda nakarat yaparsınız. Bununla beraber, bu gerçek bir tekrar değildir. Çünkü, eğer gerçek bir tekrar olsaydı, o zaman devirsel olurdu. Durmadan gider dururdu. Ve zaman devirsel olamaz. Çünkü, tek doğrultu fikrini ihlâl edecekti. Bununla birlikte, bu, geçmişte zâten var olan unsurları da kazandırabilir.

WEBER — Müzik notalarının tekrar çalınıyor olması gerçeği tecrübeyi değiştirir. Çünkü onu daha önce duymuşsunuzdur.

PRIGOGINE — Aynen, söylediklerinizin hepsi doğru.

WEBER — Zamanın, şimdi ikinci veya üçüncü zaman olduğu gerçeği bile, her ne kadar müzik notaları aynı olsa da, aynı değildir.

PRIGOGINE — Evet, aynı değil. Bu yüzden içsel zaman daha hür bir zaman olabilir. İçsel demekle, biz aynı zamanda insanoğlunun otonomisini ifade ediyoruz.

WEBER — Son sorum bir hayli zor bir soru. Daha doğrusu Heidegger'e ait bir soru. Heidegger Being and Time [Varlık ve Zaman]*'da soruyor. "Niçin hiçbir şey yerine her şey var?"*

PRIGOGINE — Bu sorunun anlamlı olduğuna emin misin? Belki de bu soru, dünyamızın dışında olan ve bu dünyayı yaratmakla yaratmamak arasında tercih yapabilen Biri'nin bakış açısıyla sorulabilir. Ama bizim açımızdan anlamsız olduğuna inanıyorum. Bununla birlikte, içine atıldığınız âlemi keşfetmek için —Neanderthal'dan bizim yüzyıla uzanan— derin bir saik var. Gelin, insanoğlunun global şartları içindeki gelişmelerini bizi bu yolda daha da ileriye götürmesini ümid edelim.

DÜŞÜNCE DİZİSİ

KAOSTAN DÜZENE

"İnsan ve evren üzerine tutkulu bir tefekkür denemesi."

Italo Calvino

"...ışıklar saçan kavrayışlarla dolu bir kitap; bu kavrayışlar en temel kabullerimizin çoğunu alt üst ediyor ve onları tekrar düşünmek için yeni yollar öneriyorlar."
"*Kaostan Düzene* sıradan bir kitap değil: bilimin bizzat kendisini değiştirmeye yarayan, onun amaçlarını, metodlarını, epistemolojisini –dünya görüşünü– tekrar gözden geçirmemiz için bizi zorlayan bir anahtar. Hiçbir aydının bîgâne kalamayacağı günümüzde bilimdeki tarihi değişmenin bir sembolü olarak görev yapabilir."

Alvin Toffler

"Sadece fizik ve kimya teorilerinde değil: aynı zamanda tarih ve bilim felsefesi sahalarında da derinleşen zengin bir içerige sahip son derece heyecan verici bir kitap."

Observer

"Kaos kuramcıları, her şeyin sonunda bir doğal dengeye varacağını söyleyen yaygın varsayımı sorguluyor. Kaos teorisinin öncülerinden biri Belçikalı biyokimyacı Ilya Prigogine'in *Kaostan Düzene* adlı kitabındaki fikirler, şirketlerin yönetiminden trafiğin çözümlenmesine kadar uzanan pek çok alana uygulanmıştır."

Milliyet, 4 Aralık 1995

İZ YAYINCI

ISBN 975-355-

12232