Doğabilimsel ve Teknik Araştırma Yöntemleri • CARL WAGNER



CARL WAGNER

Doğabilimsel ve Teknik Araştırma Yöntemleri

Ð

CARL WAGNER

DOĞABİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

Prof. Dr. **Carl Wagner**'in, *Methoden der naturwissenschaftlichen und technischen Ferschung* adlı yapıtı, Doç. Dr. Zeki Tez tarafından çevrilip, Değişim Yayınları'nca *Doğabilimsel ve Teknik Araştırma Yöntemleri* adıyla 1984 yılında yayımlanmıştır.

Kaynakça Notu : Carl Wagner, *Doğabilimsel ve Teknik Araştırma Yöntemleri*, Çev.: Zeki Tez, Değişim Yayınları, 1984, XXIV + 184 sf.

DOĞABİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

«Methoden der naturwissenschaftlichen und technischen Forschung»

Carl Wagner
(Prof. Dr., Max Planck Enstitüsü
Biyofiziksel Kimya Bölümü)

Çeviren :
Zeki Tez
(Doç. Dr., Dicle Üniversitesi,
Fen - Edebiyat Fak. Kimya Bölümü)

Bibliographisches Institut, Mannheim/Wien/Zürich
B. I. Wissenschaftsverlag (1974)

DEĞİŞİM YAYINLARI : 1

●

Birinci Baskı : Eylül 1984

●

C : Değişim Yayınları

DEĞİŞİM BASIM YAYIM DAĞITIM
Yıldız Posta Cad.
Süleyman Bey Sok. No. 1/10
Gayrettepe/İSTANBUL
Tel : 172 13 01
173 06 47
Telex : 24683 txk. tr.
23404 katx. tr. atn. Aktarım

Kapak : Ali Cengizkan
Basıldığı Yer : *Sevinç Matbaası,* Ofset ve Tipo Tesisleri — (Ankara)

Prof. Dr. CARL WAGNER

DOĞABİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

Çeviren :
Doç. Dr. ZEKİ TEZ

DEĞİŞİM YAYINLARI

ÇEVİRENİN ÖNSÖZÜ

Çağımız aydını çağının sorumluluğunu duyan, bilimin anlam ve önemini kavramış ve bilimsel düşünmenin nitelikleri üzerine sağlam bir anlayış kazanmış olan kişidir. Ama, bilimi bir bilgi yığını olarak değil, bir düşünme yöntemi olarak ele almak gerekir.

Doğabilimleri eğitiminde, gelişigüzel ve birbiriyle ilintisiz gerçekler öğrencilere ezbere öğretilmemelidir. Ve yine bunu, bilimin uzmanlık yapısıyla, ileri sistematiğiyle ve doğabilimlerinin birikimli ve geleneksel sonuçlarıyla sınırlamayıp, ayrıca bilim adamlarının bilimsel anlayışlarıyla, araştırma ve düşünme yöntemleriyle, bilimin koşullarını ve içermelerini incelemeyle bütünlemek gerekir. Öz olarak söylemek gerekirse, doğabilimlerinin «düşünsel temelleri», anlaşılır bir biçimde işlenmelidir. Bu da, araştırma sürecinin ve de doğabilimsel kuram ve sonuçların oluşum ilişkilerinin tanınmasıyla olanaklıdır. Doğabilimi eğitiminde olgusal bilgiden çok, temel kavram ve ilkelere önem verilmeli, işlenmiş hazır bilgiyi ezberleme yerine bulma, doğrulama, çözümleme ve değerlendirme gibi düşünme süreçlerine ağırlık verilmelidir.

Bilimin gelişiminde kuram ile pratik, eytişimsel bir ilişki içinde içiçe yürür. Her kuram ilkin, pratikte sınanır. Başarı kazanırsa kuram ile pratik arasında bir ilişki kurulmuş olur. Böylece kuram, salt betimleyici niteliğinden sıyrılarak «bilimsel bilgi» niteliğini kazanır. Başarısız olursa, bu başarısızlığı giderecek biçimde yeni bir kuram ortaya atılır.

Bilim tekniği besler. Tekniğin işlevi topluma yönelik olmasaydı, bilim, salt-düşünsel bir uğraş olurdu. Bilim her zaman için, teknik gerçekleştirimlere çeşitli olanaklar sunar. Bu anlamda teknik çözümler, pratiğe aktarılabilmeli, gerçekleşme ve yararlanmayı beraberinde getirmelidir. Ama bir teknik uğraşıda, «arı teknik» amaçların yanısıra ekonomik, politik ve çeşitli türden başka amaçlar da vardır.

İnsanoğlu bilim ve tekniğin yardımıyla doğanın zincirlerinden kurtulmuştur. Sanayi devriminden önce felsefî kurgulama, sanayi devriminden sonra ise teknikbilime ve kâra yönelim, bilimin gelişmesinde yapıcı olmuştur. Bu bağlamda, doğabilimleri eğitiminde felsefî kurgulamanın ve de teknikbilime ve kâra yönelim etkisinin tanınması yararlı olur. Ancak böylece, bilimsel kuramlar ve kavramlar anlaşılabilir, doğabilimlerinin toplum gelişimindeki ve toplumun doğabilimleri gelişimindeki karşılıklı rolleri kavranabilir.

Doğabilimlerinin ortaya çıkışı yaklaşık olarak Galilei ile özdeşleşir. Ama yine de, daha sonraki zamanlarda bilimsel olgulara ters düşen felsefî tutumlar ortaya çıkmıştır. Deneyimsel doğabiliminin güçlü zaferi, 20. yy. da Einstein'la bir dönüm noktasına ulaşmıştır.

Bununla birlikte, doğabilimleri yalnızca deneyime dayalı bilimler değildir ve doğabilimsel yasalar yalnız

başına deneyimsel nesnelerin ve gözlemlerin doğrudan gözlenmesiyle kazanılmamaktadır. Yoksa, tek tek bireysel araştırıcıların gözlemlerinden, nesnel geçerli doğa yasalarına nasıl gelindiği açıklanamaz. Ayrıca, atom ya da enerji gibi soyut kavramlı terimler, bilimin madde konusu gelişimi çizgisinde salt-düşünsel yolla oluşmuşlardır. Ve bunlar yalnızca deneyimsel görüngülerin, varsayım oluşumunun ve yanlışlanma deneylerinin incelenmesiyle değil, aynı zamanda doğa felsefesi geleneği çerçevesindeki üretken kurgulamayla da oluşmuşlardır.

Bilimsel ve teknik yöntembilimin yaratıcı olanakları sınırlı olmayıp güçlü bir biçimde yayılmaktadır. Sorunların sayısı teknik gelişimle birlikte artmaktadır ve bu nedenle de geçmişe oranla daha az ilginç değildir.

Şimdi de teknik ya da teknikbilimden ne anlaşılması gerektiğinden söz edelim. Teknik ya da teknikbilimler, uygulamalı doğabilimleridir. Arzulanan çeşitli amaçlara yönelik üretim yollarını, ekonomik gereksinimleri karşılamayı ve doğaya egemen olmayı olanaklı kılan aygıtların ve yardımcı araçların bir bütünüdür. Doğa karşısında insana özgü güç çabasının ve üretim arzusunun bir anlatımıdır ve doğanın sınırlamalarından kurtulmak üzere insana özgü işin ve çabanın nesnelleştirilmesiyle özdeşleşir. Teknikte ya da teknik uğraşıda enerji sağlama, enerji aktarma ve denetimli enerji dönüştürme amaçlanır ve doğal yaratıların, sonradan —ya da yeniden— yaratılmasının gerçekleştirilmesine çaba harcanır.

Dil tartışması günümüzde güncelliğini yitirmeksizin sürüp gitmektedir. Böyle olması da doğaldır. Gelişme,

çelişkiden kaynaklanır. Bilimsel ya da teknik gelişime koşut olarak, çeşitli toplumlarda gelişen kültür ve düşünce yaşamı, doğaldır ki dile de yansıyacaktır. İnsanlık tarihi boyunca somut kavramlar alt-yapı kurumlarından, soyut kavramlar da üst-yapı kurumlarından kaynaklanarak dilde yer almıştır. Gelişimle bağlantılı olarak bilgi birikimi sonucu, daha sonraları kavramlarda ayrılmalar, incelmeler olmuş ve dil, giderek zenginleşmiştir. Düşünceler bireylerin yapay yollardan geliştirdikleri sözcüklerin bireşimiyle biçimlenir, gelişir ve toplumsal evrim sürecinde yerlerini alırlar.

Çağımızda bilgi birikimi geometrik bir diziyle artmaktadır. Bilimi izlemekten, üretmek aşamasına geçme çabasındaki her ulus, kendi bilim dilini, türetmelerde açık olacak biçimde, kendi dilinin köklerinden, kendi yaratmak zorundadır. Yoksa, gelişime bir ölçüde ayak uyduramaz, edilgen bir biçimde izlemek durumunda kalır. Bu anlamda, Carl Wagner'e göre, «bilim adamı, dil yaratıcılığı rolünü de üstlenmek durumundadır». Ve yine, «yeni kavram ve sözcüklerin oluşumu, halk dilinin kullanılmasıyla başarılabilir». Bu bağlamda bir bilim adamı, kanımızca, dilbilim ve anlambilim konularında derinlik kazanmalıdır.

Bu kitabın çevirisinde, yapıtın aslına bütünüyle bağlı kalarak kavram çeşitliliğini ve incelmelerini olabildiğince vermeye özen gösterdik. Bilimsel ve kültürel etkileşimde belirli bir dile özgü sözcük nitelemelerinin başka bir dile uyarlanarak geçmesi doğaldır (örneğin, Almanya'daki işçilerimiz nedeniyle, bu dile özgü kimi sözcük nitelemeleri dilimize geçmiş durumdadır). Herhangi bir olguyu nitelemede duyulan bir boşluk, bu yolla giderilir. Kavram incelmeleri de böyle olur. Bugüne

dek, örneğin, «fenomen» sözcüğü, Türkçe karşılık olarak, kimi yazarlarca «olay» sözcüğüyle karşılanmıştır. Oysa «fenomen», «şeylerin dıştan görünümü; algılanan, tanılanabilen ve deneyimlenebilen şey» anlamına gelip, «olay»dan, —yani «uzayda belli bir süre ile belirli bir konumda oluşan değişiklik»den— farklıdır ve biz bunu «görüngü» sözcüğü ile karşıladık.

«Fonksiyon» sözcüğü yabancı dilde hem matematikteki «bir ya da birçok değişken niceliklere bağlı olarak değişen nicelik» anlamında, hem de «bir nesnenin gördüğü iş ya da iş görme yetisi» anlamında kullanıldığından, bunların ayrımını, sırasıyla «izlev» ve «işlev» sözcükleriyle karşılayarak yaptık.

Bizde mantık dersleri yalnızca orta öğrenim düzeyinde ve yüzeysel olarak yürütülmekte, bilgi kuramına ise yer verilmemektedir. Bu dersler doğabilimlerinin yüksek öğrenim düzeyinde, seçimli ders olarak bile verilmediğinden, bu konularda gerekli olan bilgilenme işlevi, kişisel çabalara kalmaktadır. Kitabın sonunda açıklamalı terim kılavuzu vermediğimiz için, «önerme», «öncül», «tasım», «çıkarım», vb. gibi, doğabilimleriyle ilgilenenlere bir bakıma yabancı olan mantık terimleri üzerine ayrıntılı bilgi edinmede, ilgili yapıtlara başvurulmalıdır.*

Çeviride Türk Dil Kurumu'nun çeşitli bilimlere ilişkin terim sözlüklerinden yararlandık.

Elinizdeki kitapta Carl Wagner, kendi bilimsel deneyimlerinden kimilerini, yetişmekte olan bilim adam-

* Bu konuda sayın Cemal Yıldırım'ın «Bilim Felsefesi» (Remzi Yay., 1979) adlı yapıtını salık veririz.

larının yararına sunmaktadır. Her bölümün sonunda verilmiş olan kaynaklar, bu konulara ilişkin önde gelen yapıtlar olup, bilim felsefesi ile ilgilenenlere değerli kaynak niteliğindedir.

Çeviri sırasında pek çok noktalardaki değerli eleştiri ve katkıları nedeniyle Sayın İclal Ergenç'e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Zeki TEZ

İÇİNDEKİLER

ÇEVİRENİN ÖNSÖZÜ VII

CARL WAGNER ÜZERİNE XIX

I — GİRİŞ 1

Kaynaklar 5

II — GÖZLEMLERİN YAPISI ve SINIFLANDIRMA OLANAKLARI 9

Kaynaklar 16

III — FİZİK ve KİMYADA KAVRAM OLUŞUMU 17

1. Genel 17
2. Uzunluklar ve uzaklıklar 18
3. Sıcaklık 22
4. Kimyasal elementler ve izotoplar ... 24
5. Tezgeme 25

Kaynaklar 26

IV — DİL SORUNU 29

1. Genel bakış 29
2. Teknik terimler (termini technici) ... 31

a) Genel 31
b) Teknik terimlerin yeni kalıplanması 33
c) Fiziksel büyüklüklerin matematiksel simgeleri 36
d) Teknik terimlerin çokanlamlılığı 38
3. Bilimsel önermelerin formüllendirilmesi 40
Kaynaklar 44

V — TÜMEVARIM ve TÜMDENGELİM 45
1. Genel 45
2. Tümevarımın tasımı 51
3. Eğitsel sorunlar 52
Kaynaklar 56

VI — ÇÖZÜMSEL DÜŞÜNME ve BİREŞİMSEL DÜŞÜNME 57
Kaynaklar 64

VII — DENEYLER 67
1. Genel 67
2. Değişkenlerin denetlenmesi 69
3. Bağımsız ve bağımlı değişkenler 72
4. Ana —ve yan— değişkenler 77
5. Boyutsuz özgün büyüklüklerin sokulmasıyla bağımsız değişken sayısının azaltılması 79
6. Gözlemlerin bağlılaşımı 82
7. Bir deney programının alt-bölümlendirilmesi 87

a) Genel 87
b) Bir cismin yer atmosferi içindeki devinimi 87
c) Termodinamik incelemeler 88
d) Organik bileşiklerin suyla - ayrışım kinetiği 90
e) Işınetkin parçalanma dizileri 92
f) Demirin CO_2 — CO karışımı içinde karbonlanması 92
Kaynaklar 95

VIII — KURAMLAR 97
1. Bir kuramın genel nitelikleri 97
2. Bir kuramın yararcı değeri 99
3. Genel ve özel kuramlar 100
4. Gözlemlerle karşılaştırarak kuramsal önermelerin sınanması 103
a) Genel 103
b) Gök mekaniği 104
c) Bir kılcal boyunca bir sıvının akışı 106
d) Elektrolitsel ayrışma 106
e) Debye - Hückel elektrolit kuramı ... 110
f) Hidrojen iyodür oluşumunun kinetiği ve işlergesi 111
g) Hidrojen bromür oluşumunun kinetiği ve işlengesi 112
Kaynaklar 115

IX — MODELLER 117
1. Genel 117

2. Örnekler 118
3. Modellerin geçerlik sınırları 127
Kaynaklar 128

X — ARAŞTIRMAYI TAMAMLAYAN YÖNTEMLER OLARAK DENEY ve KURAM 129

1. Genel bakış 129
2. Yeni soru yöneltimlerinin çıkış noktası olarak yeni türden deneysel yöntemler 129
3. Yeni tür görüngülerin ve deneysel sonuçların kuramsal kestirimi 134
4. Deney ile kuramın ve bilim ile tekniğin iç-örüntüsü için daha başka örnekler 137

Kaynaklar 139

XI — ARAŞTIRMA TASARIMI 141

1. Genel bakış 141
2. Bir ödevin çözülebilirliğinin ön-incelenmesi 145
3. Kesinliğin sınırları 147
4. Madde arılığının sınırları 148
5. Deneysel yöntembilimin temel soruları 151
6. Güç ölçülebilir büyüklükler 153

Kaynaklar 154

XII — ARAŞTIRMA RUHBİLİMİ 157

1. Genel 157
2. Kişilik yapıları 160

3. Tek tek sorunlar 162
Kaynaklar 168
KİTAPTA GEÇEN KİMİ TERİMLERİN KARŞILIKLARI 171
ADLAR DİZİNİ 183

CARL WAGNER (1901 - 1977) ÜZERİNE (*)

Carl Wagner 25.5.1901'de Leipzig'de doğdu. Babası Julius Wagner, W. Ostwald'ın ilk asistanlarından biriydi. Julius Wagner daha sonraları Leipzig Enstitüsünde bölüm başkanı olmuş ve birara da Alman Bunsen Derneği'nin müdürlüğünü yapmıştı. Böylece oğul Wagner'de fizikokimyaya karşı bir ilgi başlamıştı.

C. Wagner 1920'den 1924'e dek Münih ve Leipzig'de kimya eğitimi gördü ve 1924'de Le Blanc'ın yanında yürüttüğü bir doktora çalışması ile felsefe doktoru unvanını aldı. Ardından 1927'ye dek Münih Üniversitesi İlâçbilimi Enstitüsü'nde asistanlık yaptı. İlk çalışmaları bir ölçüde elektrokimya alanında idi. Münih'teki çalışmaları arasında K. Taeufel ile birlikte şarabın titrasyon eğrileri üzerine bir yayınından sözedilebilir.

Bundan sonraki yıl K. Bennewitz, F. Simon, K. Wohl ve P. Günther gibi eski çalışma arkadaşlarının çalıştıkları Berlin Bodenstein Enstitüsü'ne gitti.

O sıralarda W. Jost ile tanıştı ve katı madde alanında aralarında sürekli bir ilişki başladı.

Yine o sıralarda «Haber» kollegyumunda karışık evrelerin termodinamiği üzerine C. Wagner'in bir uyarısı, Walter Schottky'nin ilgisini çekti. Bunu, «termodinamik» konusunda birlikte çalışma önerisi izledi.

(*) Yaşamöyküsü, «Berichte der Bunsengesellschaft für physikalische Chemie» (Band 70, Nr. 4, Seite: 397, 1966) ve (Band 82, Nr. 3, Seite: 241, 1978)'den derlenmiştir.

Wagner, Berlin'den Bennewitz'in yanına, Jena'ya gitti ve orada doçentlik çalışmasını yaptı.

1933'de Eduard Zintl, Darmstadt Teknik Yüksek Okulu'nda o zamana dek kurulu olmayan fizikokimya kürsüsü için, kendi anorganik kimya enstitüsünü anorganik ve fizikokimya enstitüsü biçimine dönüştürdü. Bölüm başkanı olarak C. Wagner atandı. Çalışma programı oldukça yüklüydü. Yalın aygıtsal düzenlemeler seçerek kuramsal ön çalışmalara dayalı deneylerini yürüttü. 1940'da ordinaryüs profesörlüğe yükseldi.

Carl Wagner savaş sonuna dek yaklaşık 10 yıl Darmstadt'da yaşadı. Gümüş sülfür kristalinin büyüme olayları ve iletkenliği üzerine ilk sonuçlarını orada aldı ve bu zaman kesimi içinde kendi çalışma konularının tümünde uluslararası bir ün kazandı. Darmstadt'daki çalışma arkadaşları arasında K. Hauffe ve K. E. Zimen de bulunmaktaydı.

Savaş sonunda umutsuz bir durum vardı (Eduard Zintl Enstitüsü kısmen yıkılmıştı, artakalanına da işgal kuvvetlerince el konulmuştu). Bu sırada C. Wagner Amerikan hükümetinden bir öneri aldı. 1945 - 1949 arasında Fort Bliss'te (Texas) bilim danışmanı olarak, 1950 - 1958 arasında Massachusetts Teknikbilimi Enstitüsü'nün (MIT) metalbilimi bölümünde önce «konuk profesör», sonra da «metalbilimi profesörü» olarak çalıştı. 1958'de Max - Planck Enstitüsü'nden bir öneri aldı ve K. F. Bonhoeffer'in ardısıra Göttingen'de Max - Planck Fizikokimya Enstitüsü'nün yöneticiliğini üstlendi. 1966'da emekli oldu.

C. Wagner'in çalışmalarının büyük bir bölümünü katı cisimlerdeki kusurlu düzenlenmeler ve bunlarla ilgili olan yayınma ve elektriksel iletkenlik görüngülerine ilişkin sorunlar oluşturmaktadır. W. Schottky ile olan çalışmalarında kusurlu düzenlenmenin, kristalin iç dengesinin bir görüngüsü olduğu saptandıktan sonra Wagner, bu denge üzerine çok küçük etkiler uygulayarak kusur türü ve kusur derecesi üzerine bir bağıntı kurmayı başardı. Bu çalışmalarla katı cisimlerde ya da katı cisimlerle oluşan tepkimelerin işlergesi açıklanmaya çalışılıyordu ve Wagner'in kabarık yayınlarında, özellikle metallerin ve alaşımların oksitlenmesinin anlaşılmasına katkı getiriliyor ve kusurlu düzenlenme ile tezgensel etkinlik arasında da bir ilişki kuruluyordu.

Wagner katı cisimlerin çoğu sorunlarını elektrokimyasal yöntemlerle inceledi, bundan da öte çoğu elektrokimyasal sorunların açıklanmasına katkıda bulundu. Elektrot süreçleri, akım yoğunluğu dağılımı ve akış olayları üzerine incelemelerinin yanısıra elektrolitsel parlatma ve elektrokimyasal süreç tekniği üzerine çalışmalarını da görüyoruz. Ayrıca korozyon ve pil teknikbilimi üzerinde de çalışmıştır.

C. Wagner klasik fizikokimyanın temeli olarak termodinamikle de uğraştı. Kabarık sayıdaki çalışmalarının temelini termodinamik incelemeleri oluşturur. Özellikle iki —ve çok— bileşenli metal sistemlerin termodinamik incelemesiyle ilgilendi. Bir dizi yayınlarının yanısıra metal fiziği elkitabındaki «Çok-bileşenli Metal Sistemlerin Termodinamiği» üzerine makalesi ve «Termodinamik Alaşımlar» adlı ayrıntılı yapıtı bu çalışmaların sonucudur.

C. Wagner'in ilgisi sınırlı bir çalışma alanı içinde kalmadı. Süreç tekniğinden Fredholm ve Volterra integral denklemlerinin çözümüne dek çeşitli konularla uğraştı. 250'yi aşkın bilimsel yayını vardır.

Carl Wagner'in bilimsel ilgi alanlarına giren konular şöylece özetlenebilir: Katı durum fiziği ve kimyası, yarı-iletken teknikbilimi, süreç tekniği, ışılkimya ve kristal ışılkimyası, yüzerme, tezgeme, metalbilimi, termodinamik, elektrokimya.

C. Wagner'in tüm çalışmaları, genellikle, oldukça yalın bir modelden yola çıkan zorlu bir matematiksel çözümlemede kendini göstermektedir. Deneyler temelde yalın alınmış ve temel sorunları çözecek biçimde belirlenmiştir. Özel bir sorunun incelenmesinde, iyi donatılarak denetim ve çalışma kolaylığı sağlayan çok büyük aygıtların kullanılması onun çalışma biçeminden ırak düşmektedir ve yalın bir deneyle özenli kuramsal ön-hazırlıktan sonra sorunları tek tek çözmeyi yeğlemektedir.

C. Wagner'in bilimsel başarıları, sayısız şeref ödülleriyle değerlendirildi. Göttingen'deki Bilim Akademisinin, Halle'deki Alman Doğa Araştırıcıları Akademisinin, Leipzig'deki Saksonya Bilim Akademisinin ve Amerikan Sanat ve Bilim Akademisinin üyesiydi. Alman Bunsen Derneği onu Bunsen-madalyasıyla,

Elektrokimya Derneği (Electrochemical Society) Palladyum-madalyasıyla ve Braunschweig Bilim Derneği de Gauss-madalyasıyla onurlandırmıştır. Darmstadt Teknik Yüksek Okulu ve Clausthal Madencilik Okulu ona şeref doktoru unvanı vermişlerdir.

DOĞABİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

I. GİRİŞ

Doğabilimleri eğitimi, doğa olaylarını deneysel olarak tanıtma ve onların kuramsal olarak işlenmesi anlamına gelir. Ama bunun ötesinde eğitim, sorunların çözümü için yöntemlere bir giriş anlamına da gelir. Seçkin madde konularında oldukça sınırlı olsa da, burada her şeyden önce toplu-tartışmalar yararlı olmaktadır. Bilim ya da teknikte daha ileri düzeydeki mesleksel çalışmalar için sorunların çözümünde, özel amaçlı çalışmalarda kazanılmış deneyimlerin öteki konulardaki sorunların çözümüne uygun bir biçimde aktarılması gerekir. Sorunların amaca yönelik olarak formüllendirilip işlenmesi ve bilimin ya da tekniğin gelişimi açısından özel öneme sahip sorunların seçimi oldukça önemlidir. Bunun için bu kitap, örnekler eşliğinde kimi uyarıları verecektir.

Bu bağlamda şu soru yöneltilebilir: «Doğa araştırması ne demektir ve hangi amaç için uğraşılır?» Bu, W. von Engelhardt'ın bir süre önce yayınlanmış bir kitabının başlığıdır[1]. Bu başlık, Schiller'in Jena'daki açış dersi başlığının da bir çeşitlemesidir (1789): «Evren

tarihi ne demektir ve hangi amaç için incelenir?» Engelhardt'tan yola çıkarak, yalın bir biçimde, temel araştırma ve uygulamalı araştırma anahtar-sözcükleriyle verilen iki amaç grubuna varılır. Birinci durumda araştırma, bilinmeyen olayların ve ilişkilerin aydınlatılmasına çaba harcayarak güdümlenir. İkinci durumda ise araştırma, tarımsal ya da sınai üretim, enerji sağlama, çevre koruma, sağlık bakımı vb. gibi insan yaşamının öteki etkinlikleriyle sıkı bir ilişki içinde bulunur.

Sınır durumlar olarak temel araştırma ile uygulamalı araştırma arasında pek çok sürekli geçişler vardır; karşl. Bölüm XI. Bu nedenle bu kitapta temel araştırmanın ve uygulamalı araştırmanın yöntemleri, özellikle yakından incelenecektir.

Çeşitli araştırıcıların düşünme yöntemleri oldukça farklılıklar göstermektedir. Wilhelm Ostwald bilim adamlarını ideal sınır biçimleri olarak klasik ve romantik diye iki türe ayırır. Öteki yazarlar ise dışa-yönelik ve içe-yönelik araştırıcılar diye ya da başat bir biçimde ıraksak ve yakınsak düşünen araştırıcılar diye ayırırlar. Bunun için Bölüm XII incelenmelidir. Kişisel yetinin farklılığını geniş kapsamlı olarak hesaba katmak için, burada saptanan amaçla bir kitabın yazımında, çeşitli çevrelerden araştırıcıların bir araya gelmesi arzulanır görünürdü. Tek bir yazarın kitabı ise yargılayıcı bir yapıda olması açısından yararlıdır. Her ne kadar bir ölçüde yansız bir sunuma çalışılırsa da tekyanlılıktan kaçınılamaz.

Sorunların çeşitli türlerde ortaya çıkışları genellikle çeşitli düşünce yöntemlerini gerektirir. Sorun türlerinin çeşitliliği şu anahtar-tümcelerle verilebilir:

1. Bir doğa sabitinin (örneğin ışık hızı, elektron yükü vb.) yüksek duyarlıkla belirlenmesi için bir yöntemin geliştirilmesi.

2. Spektroskopik verilerden iki atomlu bir molekülün, ilgili terimlerinin eldesi.

3. X-ışınlarının, elektronların ve nötronların kırınımı yardımıyla ve yine spektroskopik verilerin (kızıl ötesi ışın soğurması, Raman spektrumları) kullanılmasıyla anorganik ya da organik bir bileşiğin kristal yapısının eldesi.

4. Örneğin AgBr ya da $CoFe_2O_4$ gibi bir iyonsal kristalde tamsayılı stökiyometrik bileşimlerden sapmalar gözönüne alınarak bellibaşlı örgü kusurlarının (ara örgü yerlerindeki iyonlar, katyon ya da anyonların boşluk yerleri, aşırı elektronlar, eksik elektronlar vb.) nicel belirlenmesi.

5. Örneğin bir alkaloid ya da bir kristal enzim gibi doğal bir maddenin yapılanmasının açıklanması.

6. Teknik bir üretim yönteminin geliştirilmesi için olabildiğince ucuz temel girdi maddelerinden organik bir bileşiğin bireşimi.

7. Örneğin bir hidrokarbonun yanmasında ya da tezgensel amonyak bireşimindeki gibi karmaşık bir tepkime dizisinin bellibaşlı ayrı tepkimelerinin eldesi.

8. Aşağıdaki koşullar altında, bir alaşımın bileşenlerinin nicel çözümlemeyle belirlenmesi için bir yöntemin geliştirilmesi :

a) Bir bakıma büyük yüzde içerikli durumda yüksek doğruluk,

b) Çok düşük yüzde içerikli durumda sınırlı doğruluk (eser madde çözümlemesi),

c) Seri çözümleme için bir yöntemin otomatikleştirilmesi.

Sorunların karşımıza çıkışındaki büyük çeşitlilik açısından, düşünülen işin akla gelen yöntemlerini ayrı bir kitap biçiminde özetlemek hemen hemen umutsuz görünür. Bununla birlikte bu kitabın yazarı, yeterli sayıda genel görüş noktalarının varlığına ve bu nedenle de kitabın büyük bir fizikçi ve kimyacı çevresi için yardımcı olabileceğine inanmaktadır.

Özel bir amaca ilişkin olarak buradaki her bir örneğin geliştirdiği genel görüş noktalarının uygulanması, okuyucunun türlü biçimlerde ek uğraşısını gerektirmektedir. Kolaylaştırma açısından çapraz bağlantılara ve genelleştirmelere ilişkin öneriler uygun yerlerde yapılmıştır.

Temelde, doğabilimi eğitimi görenlere hazırlık düzeyinde (uzmanlık dalı olarak), mantık ve bilgi kuramının yalnızca yüzeysel olarak tanıtılmaması arzulanırdı. Bu isteklerin yerine getirilmesi karşısında, genellikle öğrenim süresinin uygun bir biçimde sınırlanması istemi yer almaktadır. Bu kitapta mantık ve bilgi kuramının sorunları da sınır durumda işlenecektir. İlgilenenler için bu bölümün sonunda birkaç kitap adı verilmiştir[2 - 33]. Bu kitabın her bir bölümünde mantık ve bilgi kuramı üzerine önemli öneriler bulunmaktadır. Bu sorunlarla uğraşmak sınai araştırma laboratuvarlarındaki doğabilimciler için de bir lüks değildir; tersine, örneğin, amaca uygun deney tasarımı ve deneylerin değerlendirilmesindeki yanlış çözümlerden kaçınmak yoluyla uğraşsal işlevin etkinliği artırılabilir.

Nedensellik sorunu, uzay ve zaman kavramlarının açıklanması ve de tanecik ve dalga gösteriminin tamamlayıcılığı gibi kimi temel sorular bu kitapta işlenmemiştir. Çünkü bu sorular fizik ders kitaplarında ve görelilik kuramı ile nicem mekaniğine ilişkin ayrıntılı yapıtlarda enikonu işlenmiştir.

Ayrıca bu kitapta hedef saptama ve büyük araştırma kuruluşlarının kurulmasına ilişkin sorunlar da işlenmemiştir. Kitap, «büyük bilimin» (big science) karşıtındaki «küçük bilime» (little science) ilişkin olan sorunlarla yetinmiştir.

KAYNAKLAR

1. W. von Engelhardt, *Doğa Araştırması Ne Demektir ve Hangi Amaç için Uğraşılır? (Was heisst und zu welchem Ende treibt man Naturforschung?)*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt, 1969.
2. P. W. Bridgman, *Fiziksel Kuramın Doğası (The Nature of Physical Theory)*, Princeton University Press, Princeton, N J., 1936.
3. P. W. Bridgman, *Modern Fiziğin Mantığı (The Logic of Modern Physics)*, The Macmillan Company, New York, 1960.
4. M. Bunge, *Bilimsel Araştırma I,II (Scientific Research I,II)*, Springer-Verlag, Berlin, 1967.
5. P. Duhem, *Fiziksel Kuramların Amacı ve Yapısı (Ziel und Struktur der physikalischen Theorien)*. F. Adler'in çevirisi. Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1908.
6. 6. A. Eddington, *Fizik Biliminin Felsefesi (The Philosophy of Physical Science)*, At the University Press, Cambridge, 1949.
7. W. K. Essler, *Çözümsel Felsefe I (Analytische Philosophie I)*, Alfred Kröner Verlag, Stuttgart, 1972.
8. W. K. Essler, *Bilim Kuramı I ve II (Wissenschaltstheorie I und II)*, Verlag Karl Albert, Freiburg, 1970, 1971.
9. W. K. Essler, *Tümevarımsal Mantık (Induktive Logik)*, Verlag Karl Albert, Freiburg, 1973.

10. A. Fischer, *Bilimsel Bilginin Felsefî Temelleri (Die philosophischen Grundlagen der wissenschaftlichen Erkenntnis)*, 2. Baskı. Springer - Verlag, Wien, 1967.

11. P. Franck, *Bilim Felsefesi; Bilim ve Felsefe Arasındaki Bağlantı (Philosophy of Science. The Link between Science and Philosophy)*, Prentice - Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1957.

12. M. Hartmann, *Doğabilimlerinin Felsefî Temelleri (Die philosophischen Grundlagen der Naturwissenschaften)*, 2. Baskı. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1959.

13. P. W. Kopmin ve M. W. Popowitsch (yayımcı), *Bilimsel Araştırma Mantığı (Logik der wissenschaftlichen Forschung)*, Akademie - Verlag, Berlin, 1969.

14. V. Kraft, *Bilgi Öğretisi (Erkenntnislehre)*, Springer - Verlag, Wien, 1960.

15. J. Klüver, *İşlemselcilik: Bir Tam Doğabilimi Felsefesinin Eleştirisi ve Tarihi (Operationalismus: Kritik und Geschichte einer Philosophie der exakten Naturwissenschaften)*, Friedrich Frommann Verlag, Stuttgart, 1971.

16. L. Krüger (yayımcı), *Doğabilimlerinin Bilgi Sorunları (Erkenntnisprobleme der Naturwissenschaften)*, Kiepenheuer & Witsch, Köln, 1970.

17. W. Leinfellner, *Bilgi Kuramına ve Bilim Kuramına Giriş (Einführung in die Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie)*, Bibliographisches Institut, Mannheim, 1965.

18. P. Lorenzen, *Yöntemli Düşünme (Methodisches Denken)*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt, 1968.

19. P. Lorenzen, *Biçimsel Mantık (Formale Logik)*, Walter de Gruyter & Co, Berlin, 1962.

20. P. Lorenzen, *İşlemsel Mantığa ve Matematiğe Giriş (Einführung in die operative Logik und Mathematik)*, Springer - Verlag, Berlin, 1955.

21. A. March, *Fiziksel Bilgi ve Onun Sınırları (Die physikalische Erkenntnis und ihre Grenzen)*, Friedr. Vieweg Sohn. Braunschweig, 1964.

22. P. Mittelstaedt, *Modern Fiziğin Felsefî Sorunları (Philosophische Probleme der Modernen Physik)*, Bibliographisches Institut, Mannheim, 1963.

23. H. Poincaré, *Bilim ve Varsayım (Wissenschaft und Hypothese)*, B. G. Teubner, Leipzig, 1914.

24. K. R. Popper, *Araştırma Mantığı (Logik der Forschung)*, J. C. B. Mohr, Tübingen, 1966.

25. H. Reichenbach, *Bilimsel Felsefenin Doğuşu (Der Aufstieg der wissenschaftlichen Philosophie)*, Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1968.

26. H. Sachsse, *Doğa Bilgisi ve Gerçeklik (Naturerkenntnis und Wirklichkeit)*, Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1967.

27. H. Seiffert, *Bilim Kuramına Giriş 1 ve 2 (Einführung in die Wissenschaftstheorie 1 und 2)*, Verlag C. H. Beck, München, 1969, 1970.

28. W. Stegmüller, *Bilim Kuramının ve Çözümsel Felsefenin Sorunları ve Sonuçları (Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und analytischen Philosophie)*, Cilt. I *(Bilimsel Açıklama ve Temellendirim) (Wissenschaftliche Erklärung und Begründung)*; Cilt. II *(Kuram ve Deneyim) (Theorie und Erfahrung)*, Springer - Verlag, Berlin, 1969, 1970.

29. W. Strombach, H. Emde ve W. Regersbach, *Matematiksel Mantık (Mathematische Logik)*, Verlag C. H. Beck, München, 1972.

30. A. Tarski, *Matematiksel Mantığa Giriş (Einführung in die mathematische Logik)*, 2. Baskı. Vandenhoek & Ruprecht, Göttingen, 1966.

31. C. F. von Weizsäcker, *Doğanın Birliği (Die Einheit der Natur)*, Carl Hanser Verlag, München, 1971.

32. M. W. Wartofsky, *Bilimsel Düşüncenin Kavramsal Temelleri (Conceptual Foundations of Scientific Thought)*, The Macmillan Company, New York, 1968.

33. H. Wely, *Matematiğin ve Doğabiliminin Felsefesi (Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft)*, 3. Baskı. R. Oldenbourg, München, 1966.

II. GÖZLEMLERİN YAPISI ve SINIFLANDIRMA OLANAKLARI

Araştırmanın çıkış noktası gözlemlerdir. Daha ileri adımlar için gerekli koşul, gözlemlerin düzenlenmesidir. Bunun için şu birkaç genel görüş noktası geliştirilebilir.

Bizi çevreleyen dünyada, onları açıkça, belirli sözcüklerle nitelediğimiz güneş ve ay gibi tek nesneler gözlemekteyiz. Ayrıca saka kuşları, saksağanlar ya da kestane kargaları gibi nesneler karşısında, yarı - kesikli çeşitte olan iskete kuşları ya da ispinoz kuşları gibi pratikçe eşit, çok sayıdaki nesneleri de gözlüyoruz. Birbirinden kesikli biçimde farklı olan nesneler halk dilinde genellikle çeşitli sözcüklerle dile getirilmiştir. Ancak, dilsel sorunlar bu bölümde kapsamlı olarak işlenmeyip Bölüm IV. de verilmektedir.

Öte yandan biz, bellibaşlı özellikleri ortak olan, ama öteki özellikleri sürekli değişken olan nesneler de gözlüyoruz. Örnek olarak akarsular diye adlandırılan ve onlar için dere, ırmak ya da akıntı sözcüklerini kullandığımız nesneleri verebiliriz. Genişlik, ortalama

derinlik ya da birim zamandaki su akışı gibi özellikler sürekli değişken olduğundan dere, ırmak ve akıntı sözcüklerinin anlamları birbirinden asla açıkça sınırlandırılamaz. Ve yine kırmızı, sarı, yeşil ya da mavi gibi renk etkilerinin açıkça sınırlandırılması pratikçe olanaksızdır. Işığa karşı saydam olmayan bir cismin rengi yalnızca ışığın dalga boyunun, geliş açısının ve gözleme açısının izlevi olarak yansıma yeteneğinin verileriyle betimlenir. Her ne kadar kırmızı, sarı, yeşil ya da mavi gibi sözcükler açıkça tanımlanmamışsa da, teknik terimler (termini technici) yani belirli kavramlara karşılık olan sözcükler yanında, halk dilinin bu ve öteki sözcüklerinden bilimsel çalışmalarda da yararlanırız.

Kimi alanlardaki kesikli çeşitte görüngü ve olaylarla öteki alanlardaki görüngü ve olayların yarı-kesikli çeşitliliği arasındaki karşıtlık; yalnızca dışsal olmayıp, tek tek görüleceği üzere yapıyla da koşulludur.

Bir grup görüngünün sınırlandırılmasındaki özelliklerin seçimi, oldukça sorunsuz olabilir ya da en azından öyle görünebilir. Ancak, çoğu durumda bir sınıflandırmanın ilkeleri asla kendiliğinden anlaşılmaz. Örneğin kara hayvanları grubu karşısında suda yaşayan hayvanlar grubunu alalım. Bu sınıflandırma türü, çevrebilimi sorunları bağlamında amaca uygundur. Seçenekli olarak beden yapıları ve üremelerinin seçkin özelliklerine dayandırılarak da yaratıklar gruplara ayrılabilir. Böylece «memeli», «kuş» ya da «balık» gibi üst-kavramlara geçilir. Bu tür sınıflandırma, her bir gruptaki büyük ölçüde uyum gösteren öteki bellibaşlı özellikler açısından uygundur. Bu nedenle bu tür sınıflandırma, hayvanbiliminde yeğlemeli olarak kullanılır.

Her bir görüngünün çeşitli bireysel özelliklerle özetlenmesi, genelleştirilmiş somut ve soyut kavramların ge-

lişiminde bir başlangıçtır. Uzaydaki somut nesnelere ilişkin kavramların oluşumunu hız, ivme, kuvvet, sıcaklık vb. gibi daha soyut kavramların ve de elektriksel alan vb. gibi arı-soyut kavramların oluşumu izlemiştir. Sadakat, adalet ve sevgi gibi çoğu soyut kavramlar, çoktan geride kalmış uzun zaman sürecinde oluşmuşlardır ki onların tarihsel oluşumu ayrıntılı olarak kavranamaz. Kuvvet, ısı, enerji gibi fiziksel kavramların oluşumu ise incelenen eski yazıtlar yardımıyla izlenir ve bugün geçerli olan tanımlara dek adımsal gelişiminin kısmen ilginç bir görünümü elde edilir; karşl. Bölüm III.

Memeliler, kuşlar, balıklar vb. arasındaki köklü farklılıklar açısından, fiziksel ve kimyasal görüngülerdeki gözlemlerin çeşitliliği de benzer biçimde sınıflandırılabilir görünmektedir. Benzeşen görüngü ya da nesne gruplarının uygun bir özetlenmesine ilişkin örnekler her şeyden önce kimyada bulunmaktadır. Soy gazlar (He, Ne, Ar, X, Rn), alkali metaller (Li, Na, K, Rb, Cs), toprak alkali metaller (Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra) vb. gruplarındaki elementlerin özellikleri ve tepkime biçimleri, bireysel farklılıklara karşın oldukça benzerdir ve bunların gruplar biçiminde birleştirilmesi kolay olup her şeyden önce eğitsel ve bulgusal açıdan yararlıdır.

İlişkiye bağlı olarak amaca uygun çeşitli sınıflandırma ilkeleri ortaya çıkar. Organik bileşikler karbon atomlarının iskeletine göre sınıflandırılır. Bu bölümlendirme ilkesi «Beilstein»'da kullanılmış; asiklik, izosiklik ve heterosiklik bileşikler birbiri ardısıra sıralanmıştır. Başka bir bağlamda ise sınıflandırma, eşit işlevsel gruplu bileşiklere (alkoller, aldehitler, ketonlar, tekbazlı asitler, çokbazlı asitler, aminler, aminoasitler vb.) göre yapılır.

Yukarıdaki durumlarda her bir görüngü ya da nesnenin ilişkisi şu nedenlerden ötürü bir ölçüde sorunsal değildir : Çekirdek yük sayısının ve ona ilişkin elektron sayısının tamsayılı değişmelerine karşılık olarak kimyasal elementlerin kesikli türden özelliklere sahip olması; tek bir atomda her zaman eşit ana —ve yan— nicem sayılarına sahip olabilen elektronların sonlu sayıda olması; bir moleküldeki çeşitli element atomlarının kesikli adımsal sayılarda (tamsayılı) olması.

Buna karşın, aşağıdaki örnekte de görüleceği üzere kimyada bir sınıflandırma olanağının bütünüyle sorunsal olduğu öteki durumlar da vardır. Örneğin argon, su ya da benzen gibi tekdüze bir madde, atmosfer basıncı altında sıcaklığın yükseltilmesiyle belirli sıcaklıklarda (erime noktası, kaynama noktası) yoğunluğunu ve mekanik özelliklerini kesikli olarak değiştirir ve «katı», «sıvı» ve «gaz» yığışım durumları ayırdedilir. Bununla birlikte «sıvı» ve «gaz» durumlarının tüm basınç ve sıcaklık koşulları altında açık bir ayrımı olanaksızdır.

20°C ve 1 atm basınçta benzen sıvıdır ve 0,879 g/cm^3—lük yoğunluğa ve buna karşılık olarak da 1,263 cm^3/g—lık özgül hacme sahiptir. Başlangıç durumu olarak 1 g—lık benzenin 1,263 cm^3—lük hacmi adımsal olarak büyültülürse, ilkin yerçekimi alanında evrelerin katmanlaşmasına karşılık olarak yoğun sıvı evre ile daha az yoğun gaz evresinin biraradalığı gözlenir. Hacmin 3940 cm^3—e dek büyütülmesinde, sıvı evre yokolur ve yalnız başına gaz evresi kalır. Sıvı ve gaz yalnızca yoğunlukla değil, aynı zamanda da sıkışırlık ve akmazlık gibi öteki önemli büyüklüklerle de ayırdedilir. Sıkışırlığın ölçüsü olarak şu boyutsuz oran alınır :

$$-(\partial \ln V/\partial \ln P)_T = \varkappa P$$

[V : hacim, P : basınç, $\varkappa = -(\partial \ln V/\partial P)_T$: eşsıcaklıklı sıkışırlık]. 20°C'da :

$$-\left(\frac{\ln V}{\ln P}\right)_{T,\ P=1\ atm,\ C_6H_6\ (sıvı)} \cong 10^{-4} \qquad (II.1)$$

$$-\left(\frac{\ln V}{\ln P}\right)_{T,\ C_6H_6\ (gaz)} = 1 \qquad (II.2)$$

Burada son değer ideal bir gaza karşılıktır.

Dönüşül sıcaklığın (289°C) yukarısında, verilen nicelikte benzen için hacim büyültüldüğünde, yerel yoğunluk farkları olmaksızın tekdüze bir uzay doldurumu gözlenir. Bu koşullar altında «sıvı» ve «gaz» arasında açık bir ayrım olanağı ortadan kalkar. Bunun yerine yüksek yoğunluk ve düşük yoğunluk arasındaki tüm bölgede sıkışırlık, akmazlık, kırılma indisi vb. gibi tüm özelliklerin sürekli değiştiği bir akışan evreden sözedilir. 20°C'daki «ya $>0{,}879$ g/cm³ yoğunluklu sıvı ya da $<3{,}2.10^{-4}$ g/cm³ yoğunluklu gaz» sözü yerine 289°C'ın yukarısında yalnızca «daha çok ya da daha az» biçimindeki gruplandırma ilkesi kullanılır.

(II.1) ve (II.2) denklemlerine benzer biçimde dönüşül sıcaklığın yukarısındaki akışkan durum için, şu sınır bağıntıları formüllendirilebilir :

$$(\text{eğer } V_m \ll V_{m\ (dön)} \text{ ise}) : -\left(\frac{\partial \ln V}{\partial \ln P}\right)_T \ll 1 \qquad (II.3)$$

$$(\text{eğer } V_m \gg V_{m\ (dön)} \text{ ise}) : -\left(\frac{\partial \ln V}{\partial \ln P}\right)_T \cong 1 \qquad (II.4)$$

Burada, V_m : mol hacmi, $V_{m\ (dön)}$: dönüşül noktadaki mol hacmi, anlamındadır. $V_m \ll V_{m\ (dön)}$ olduğunda, (II.3) denklemine uygun davranış, temelde bir sıvınınki gibidir ya da başka bir anlatımla söylersek : $V_m \ll V_{m\ (dön)}$ için akışkan durumları, «sıvı türü» anahtar - sözcüğüyle nitelenebilir. Tersine, $V_m \gg V_{m\ (dön)}$ olduğunda, (II.4) denklemi geçerlidir ve temelde bir gazın davranışına sahip olunur. $V_m \gg V_{m\ (dön)}$ için akışkan durumları ise, «gaz türü» anahtar - sözcüğüyle nitelenebilir. $V_m/V_{m\ (dön)} \rightarrow 0$ sınır durumunda, (II.2) denklemindeki diferansiyel bağıntı, «PV= sabit» biçimindeki Boyle yasasının geçerliğine ilişkin önermeyle eşanlamlı olduğundan, bir ideal gaz davranışı elde edilir. «Sıvı» türü ile «gaz» türü arasında bir ölçüde bir geçiş bölgesi vardır. $V_m/V_{m\ (dön)}$ değişkeni «sıvı» türünün ya da «gaz» türünün nitelenmesinde üstünlükle belirleyici olup, akışkan evrenin davranışı, özel $V_m/V_{m\ (dön)}$ ve T gibi iki değişkenle açıkça belirlendiğinden yukardaki örnek oldukça yalındır.

Yukarıdaki durumda tür sözcüğü, «yaklaşık olarak bir sınır durumuna karşılık olan» anlamındadır. Aşağıdaki örnekte görüleceği üzere tür sözcüğü ikinci bir anlamda da kullanılır. 25°C'da katı ya da sıvı durumdaki kimyasal elementlerin σ ($ohm^{-1}cm^{-1}$) elektriksel iletkenlik değerleri yarı - logaritmik ölçekte grafiğe geçirildiğinde, $\log \sigma = 4$ ile 6 (karşılık olarak $\sigma = 10^4$ ile 10^6 ohm^{-1} cm^{-1}) aralığında, noktaların belirgin bir yığılması görülür. Toplam sayıdaki 103 elementten 81 elementin noktaları bu bölge içine düşer. İletkenlikleri $\sigma = 10^4$ ile 10^6 $ohm^{-1}cm^{-1}$ aralığında olan elementler, «metal» (= metal türü) toplu - nitelemesi altında verilir.

Tür sözcüğü aynı anlamda gökbiliminde de kullanılır. Hertzsprung - Russel diyagramında, yani her bir durağan yıldızın mutlak aydınlığı [aydınlık, 10 parsec (pa-

ralaks saniyesi) = 32,6 ışık yılı = $3{,}09.10^{17}$m - lik bir uzaklığa göre dönüştürülerek hesaplanır] renk indisi olan B - V değerlerine karşı grafiğe geçirildiğinde (yüzey sıcaklığının azalmasıyla koşut gider) çoğu durağan yıldız için noktalar dar bir şerit (ana - dizi diye adlandırılır) üzerinde uzanır. Bundan başka, ana - dizi yıldızları şeritinden çok uzakta, «beyaz cüceler» diye nitelenen yüksek yüzey sıcaklıklı ve düşük mutlak aydınlıklı yıldızlar da vardır. Normal - dizinin oldukça yukarısındaki yüksek mutlak aydınlıklı ve düşük yüzey sıcaklıklı yıldızlar, «kızıl devler» diye nitelenir. Bunlara uygun olarak bir «beyaz cüce türünden» ve bir «kızıl dev türünden» sözedilebilir. Durağan yıldızların büyük çoğunluğunda zamanla hemen hemen sabit kalan aydınlığa karşıt olarak, aydınlığın zamanla göze çarpan değişimi nedeniyle «nova türü» ve «süpernova türü» de buna eklenir.

Türler dirimbilim ve tıpta özellikle büyük bir rol oynarlar. Belirtilerin dile getirilmiş sıklığı anlamındaki türler olarak kavramlaştırılmış «lekeli humma», «sıtma», «kızıl» ya da «kızamık» gibi hastalık nitelemeleri, bakterisel ya da virüssel bulgulardan önce, hastalığın daha kesin bir nedensel sınırlaması için ölçüt olarak hizmete sunulmuşlardı.

Türler aynı şekilde, sosyal bilimlerdeki görüngülerin çeşitliliğini düzenlemek için de kavramlaştırılır. Örnek olarak sanat yapıtlarının barok, izlenimcilik ya da dışavurumculuk gibi sanat biçemlerine bağlanması verilebilir. Tüm bu durumlarda bir tür, öteki türler karşısında keskin bir biçimde sınırlanmamıştır. Az ya da çok sık bir biçimde geçiş durumları vardır.

Gözlemlerin sınıflandırılması ve özellikle de türlerin sorulması («bir sınır duruma yakın bulunan» ya da

«belirli özellik bölgelerindeki ayrı durumların sıklaşması»), kendi açısından bir amaç olmamalı, tersine, gözlemlerin ve gerçeklerin geçici bir düzeni için kullanılmalıdır. Çoğu durumlarda bu türden bir düzen, daha ileri aşamalardaki incelemeler için, her şeyden önce de nedensel ilişkinin ortaya çıkartılması için bir ön basamaktır. Pratik işlemler için kurallarla bağlantılı olarak ayrı durumların türler biçiminde ayrılması, örneğin bir hastalığın sağaltımında, daha az önemli değildir.

KAYNAKLAR

Karşl. K. L. Wolf, W. Troll, A. Remane, E. Kretschmer, K. Strunz, E. Lewy'nin makaleleri :*Studium Generale* 4,365-422 (1951) ve de H. J. Wolff, J. von Kempki, W. Knapp, Th. Schieder, J. E. Heyde, F. Brock'un makaleleri : *Studium Generale* 5,195-258 (1952).

III. FİZİK ve KİMYADA KAVRAM OLUŞUMU

1. Genel

Bölüm II - de kesin belirli kavramlara bir giriş yapılmıştı. Bu geçici değinmeler onları izleyen özel örneklerle tamamlanmaktadır. Genellikle fizik ve kimyadaki çoğu kavramların, ölçümdeki ilerleme yoluyla tanımlandığı söylenebilir. Özellikle Bridgman[1], «işlemsel anlamlı» (with operational meaning) kavram belirlemelerini kullanmak gereğine değinmiştir. Mantık kurallarıyla uyum içindeki su götürmez önermelere, yalnızca çeşitli kavramların birleştirilmesi yoluyla varılabilir. Böylece «görünürdeki sorunlar», kendiliğinden ortadan kalkar.

«Uzaklık» ve «zaman» gibi kendiliğinden görünür olan kavramlar da ancak ölçüm ilerlemelerinin kullanılmasıyla açıklığa kavuşur, karşl. görelilik kuramının ders kitapları.

Aynı biçimde, kimyasal element ya da tezgeme gibi nitel kavramlar da aşağıda açıklanacağı üzere ancak

ölçüm ilerlemelerinin kullanılmasıyla açıklığa kavuşur.

Şu genel görüş noktaları vurgulanabilir :

1. Çoğu durumlarda pratik ölçme yöntemleri bir tanımın temel ölçüm ilerlemesinden az ya da çok farklıdır. Örneğin «sıcaklık», temelde termodinamik ölçek yoluyla tanımlanmıştır, ama genelde bir «ideal gazın» sabit basınçtaki hacim değişimi ile belirlenir (karşl. aşağısı). Teknikteki sıcaklık ölçme aygıtlarının tümü, bu ölçek üzerinde «ayarlanarak» oluşturulmuştur.

2. Yeni deneysel gerçekler ya da yeni kuramsal düşünceler amaca uygun olarak başka bir sınırlama ya da tanım getirdiğinden, tarihsel gelişim içinde çoğu durumlarda amaca uygun yeni kavram saptamalarına geçme durumu ortaya çıkmıştır.

2. Uzunluklar ve uzaklıklar

Uzunluk kavramında, bir uzunluğun sayısal verisi öteki ölçüm büyüklükleriyle bağıntılanmak istendiğinde, ölçümün tarihsel gelişim bilgisinin ne denli önemli olduğunu gösteren çeşitli durumlar ortaya çıkar. Aşağıdaki örneklerde görelilik kuramının özel sorunları hedef alınmaktadır.

Yasal uzunluk birimi metredir. Kentten kente ya da ülkeden ülkeye değişen uzunluk birimleri yerine, 18. yüzyılın sonlarında Fransa'da uzunluk birimi olarak metre alınmış ve temel olarak yer çevresi çeyreğinin 10^{-7} katı uzunluğu eşit olarak uluslararası kullanıma sunulmuştur. Pratik olarak metre, «ilkel metre» diye nitelenen düzgün kesilmiş sonlu yüzeyli bir pla-

tin çubuk olarak tanımlanmıştır. Önceleri ilkel metre olarak seçilen sonlu ölçünün doğruluğu kimi amaçlar için yeterli olmadığından, daha sonra Pt - Ir alaşımından yapılmış ince bir çubuk, ölçek olarak seçilmiştir. Hepsinden yüksek doğruluk payını hesaba katmak üzere 1960'dan beri :

$$1\ m = 1{,}65076373.10^{6}.\lambda_{Kr} \qquad (III.1)$$

tanımı geçerlidir. Burada λ_{Kr}, boşlukta ^{86}Kr - kripton parçacığının spektrumundaki turuncu sarı çizginin dalga boyudur.

Metrenin tanımı 1799'dan beri iki kez değiştirilmişse de, «metre» sözcüğü anlaşılır nedenlerden ötürü korunmuştur. Tanımdaki değişme çoğu amaçlar için önemsizdir.

Son olarak uzunluk ölçümlerinin seçkin birkaç örneği üzerinde konuşulabilir.

Bir pirinç borunun dış çapı alışıldığı üzere sürgülü kompasla ya da bir mikrometre vidası ile ölçülür. Pirinç borunun kesiti tam çember değil de biraz elips biçiminde ise, ölçümün yinelenmesinde farklı sonuçlar elde edilebilir. Böylece ölçüm sonucu, boruyu sürgülü kompasın çeneleri arasına yerleştirme durumuna bağlıdır. Bundan başka eğer boru, örneğin koni biçiminde ise, çap her iki uçtan birine olan uzaklığın izlevi olabilir. Buna göre boru çapı verisi de borunun yerleştirilmesi ve borunun her iki ucundan olan uzaklık verileriyle tamamlanır. Önemli bir yüzey pürüzlüğü varsa, başka bir belirsizlik daha ortaya çıkar.

Bir lastik hortum çapının belirlenmesinin ölçüm değeri, onun sürgülü kompas çeneleri arasına yerleş-

tirilmesinde kullanılan basınca bağlıdır. Açık tanımlı bir değer, basıncın sıfıra uzandırılmasıyla elde edilir.

Atomsal boyutlar bölgesindeki uzunluk verilerinin saptanmasında kullanılan kurallara her seferinde özellikle özen gösterilmelidir. Burada şu örnekler verilebilir :

1. Gibbs ve Thomson'un termodinamik düşüncelerine göre küçük bir sıvı damlasının üzerindeki buhar basıncı, düz bir sıvı yüzeyi üzerindekinden daha büyüktür. Buharın pratikçe ideal davrandığı durumda bağıntı, alışıldığı biçimde şöyle yazılır :

$$\frac{P_r}{P\infty} = \exp\left(\frac{2\delta V_m}{rRT}\right) \qquad \text{(III.2)}$$

Burada, P_r :r - yarıçaplı bir damla üzerindeki buharın denge basıncı, $P\infty$: düz bir sıvı yüzeyli sınır durumdaki (sonsuz eğrilik yarıçapındaki) denge basıncı, δ : sıvının yüzey gerilimi, V_m : sıvının mol hacmi, R : genel gaz sabiti, T : mutlak sıcaklıktır.

Doğaldır ki aşırı doygun bir buhardan damlacık oluşumundaki (çekirdeklenme) olaylara (III.2) denklemi uygulanarak damlacık yarıçapı ölçülemez. Gerçekte 1,2,3,... molekül biçiminde bir damlacığın büyümesindeki denge basıncı değişimi sorulur. Bunun sonucu olarak (III.2) denklemi, bir damla içindeki moleküllerin sayısı (N) sokularak düzeltilmiş uygun bir biçim altında kullanılır. İri boyutlu bir damla için hacim bir yandan $(4\pi/3)r^3$-e, öte yandan da n-mol sayısı ile V_m-mol hacminin çarpımına eşittir. Burada N_A-Avogadro sayısı (= mol başına molekül sayısı) olmak üzere, n-mol sayısı N/N_A oranına eşittir. Böylece :

$$\frac{4\pi}{3} r^3 = \frac{N}{N_A} V_m \qquad \text{(III.3)}$$

eşitliği geçerlidir. (III. 3) denkleminden :

$$r = \left(\frac{3}{4\pi} \cdot \frac{N}{N_A} \cdot V_m \right)^{1/3} \qquad \text{(III.4)}$$

eşitliği bulunur.

Atomsal boyutlar bölgesinde yarıçapın belirsizliği karşısında (III.4) denklemi yardımıyla damlacık yarıçapının «gerçek değeri» değil de «uzlaşımsal tanımlı değeri» elde edilir.

2. Yalın kinetik gaz kuramında dirik akmazlık, ısıl iletkenlik ve yayınma katsayısı gibi taşınma büyüklüklerinin hesaplanmasında etki kesiti ya da ilgili molekül yarıçapı kavramı kullanılır. Bu durumda da molekül yarıçapı böyle ölçülmez. Molekülün gerçek davranışı, bir model durumundaki kaskatı kürelerden oluşan bir sisteme yaklaşımlanır. Bu bağlamda kaskatı kürelerin yarıçapı olarak tanımlanan molekül yarıçapı dirik akmazlığın, ısıl iletkenliğin ya da yayınma katsayısının deneysel değerinin model hesaplamalarından elde edilir. Bir modelin sınırlı geçerliği yüzünden, farklı ölçüm büyüklüklerinin değerlendirilmesinde farklı çaplar elde edilir.

3. Fiziğe girişte bir hidrojen atomunun çekirdek yarıçapının yaklaşık 10^{-13} cm-yi bulduğu söylenir. Dikkatli bir okuyucu burada doğal olarak bu denli küçük bir uzunluğun ölçülmesinin temelde nasıl olanaklı olduğunu sorar. α - taneciklerinin ve hidrojen atomu çekirdeklerinin nokta yüklerinin hesaplanmasına olanak verecek biçimde α - taneciklerinin madde boyunca geçişinde

Rutherford, Coulomb yasasına göre elektrostatik itme yüzünden, α - taneciklerinin küçük bir kesrinin oldukça kuvvetli bir biçimde saptığını bulmuştur. Yukardaki deney sonuçları, α - taneciklerinin hidrojen atomu çekirdeklerine yaklaşmasında yaklaşık 10^{-13} cm-lik bir uzaklıkta Coulomb kuvveti ile karşılaştırılabilir büyüklükte ek bir itme kuvvetinin ortaya çıktığı anlamına gelir.

3. Sıcaklık

Tarihsel gelişim içinde «sıcaklık» ilkin nitel bir kavram olarak karşımıza çıkar. Ancak uzunca bir gelişim sonunda bugünkü nicel sıcaklık kavramı oluşmuştur. Sıcaklıkların geçici bir nicel sunumu, iki sabit noktanın (örneğin 1 atm. de buzun erime noktasının ve suyun kaynama noktasının) belirlendiği ve kılcalın her iki çizgisi arasının tekdüze olarak, örneğin 100 parçaya bölündüğü termometrelerin kullanılmasıyla olanaklı olmuştur. Civa ve etanol gibi çeşitli sıvılar farklı hacim artışları gösterdiklerinden, her şeyden önce bu türden bir «dereceleme» açık değildir. «50°» noktası bir civalı termometrede sabit noktaların tam ortasında bulunuyorsa, etanolle dolu bir termometrenin göstergesi, her iki sabit noktanın çizgileri arasındaki tam orta yerde olmayıp donma noktası konumuna doğru 2° kadar kaymıştır. Deneysel olarak sabit sıcaklıkta Boyle yasasına ($PV =$ sabit) uyan gazlar için, suyun donma noktası ve kaynama noktası arasında, sabit basınçta, hacmin eşit oranda arttığı saptanmış olduğundan, tanım açısından gaz hacminin sıcaklığa çizgisel bağlılığı kondurularak, her iki sabit nokta arasındaki (ve de dışındaki) sıcaklık, standart bir maddeden bağımsız olarak tanımlanmıştır. Yakın zamanda sıcaklık kavramı bir kez daha değiştirilmiştir. Termodinamiğin ikinci yasasının kullanılma-

sıyla sıcaklık bugün, belirli bir maddenin ya da yığışım durumunun davranışından bağımsız olarak tanımlanmıştır. Bununla eşzamanlı olarak tanım açısından suyun üçlü noktası (katı, sıvı ve gaz evrelerinin biraradalığı) 273,16 K olarak saptanmıştır. Böylece ikinci bir sabit nokta olarak suyun kaynama noktasının kullanılması gereği ortadan kalkmıştır. Bu biçimde saptanan sıcaklık ölçeği, gaz termometrelerinin uygulanabildiği koşullarda, bir gaz termometresi ölçeği ile pratik olarak anlaşılır. Gaz termometresinin artık kullanılamaz olduğu 1 K'in aşağısındaki ya da herhangi bir yıldız yüzeyindeki sıcaklıkların ölçülmesi söz konusu olduğunda termodinamik sıcaklık ölçeğinin pratik önemi vardır.

«Civa termometresi verisine göre» 50°, «etanol termometresi verisine göre» 50° ve «bir gaz termometresi verisine göre» 50° ve «bir gaz termometresi verisine göre» 50° verileri arasındaki (her şeyden önce küçük olan) farklılıklar açısından, derecelemenin çeşitli simgelerini de kullanmak akla yakın olurdu. Yüksek duyarlıklı sıcaklık ölçümleri, ancak gaz termometresine dayalı ölçeğin ya da termodinamik ölçeğin işe sokulmasıyla elde edildiğinden, gerçekte çeşitli simgeler olmadan bir ölçekten ötekine geçiş, pratik açıdan zor değildir.

Sıcaklık, temelde yalnızca dengedeki bir sistem için tanımlanır. Bu durum, termodinamik sıcaklık ölçeğinin işe sokulmasının zorunlu bir sonucudur. Buna karşın, kimi durumlarda, örneğin bir gazın boşaltılmasındaki iyonlar ve elektronlar durumunda olduğu gibi, dengede olmayan sistemler için de sıcaklıklar verilir. Elektronlar karşısında iyonların yaklaşık 10^5 katı yüksek olan kütleleri sonucu, dengeye dek iyonlarla elektronlar arasındaki enerji alışverişi, çok büyük sayıdaki çarpışmaları gerektirir. Bu nedenle bir gazın boşaltılmasında

elektronların ortalama hız karesi u^2_e, iyonlarınkinden u^2_{iyon} çok daha büyüktür. Her bir tanecik türünün yaklaşık olarak Maxwell hız dağılımı yasasına uyduğu kabulü ile şöyle yazılabilir :

$$\frac{1}{2} m_{iyon} \cdot u^2_{iyon} = \frac{3}{2} k \cdot T_{iyon} \qquad (III.5)$$

$$\frac{1}{2} m_e \cdot u^2_e = \frac{3}{2} k \cdot T_e \qquad (III.6)$$

Burada, m_{iyon} : iyon kütlesi, m_e : elektron kütlesi, k : Bol tzmann sabiti, T_{iyon} ve T_e : sırasıyla iyonların ve elektronların «etkin sıcaklığı»dır. Eğer u^2_{iyon} ve u^2_e değerleri başka bir yoldan deneysel olarak belirlenebilir ya da kestirilebilirse, T_{iyon} ve T_e değerleri, hesaplanan büyüklükler olarak (III.5) ve (III.6) denklemleri yardımıyla elde edilir. Şurası açıktır ki, T_{iyon} ve T_e değerlerinin tanımlanma bilgisi olmadan, bunlara karşılık gelen sayısal veriler anlaşılamaz.

4. Kimyasal elementler ve izotoplar

1900 yıllarındaki geçerli madde ayırma yöntemleri yoluyla daha ileri düzeyde parçalarına ayrılamayan maddeler, kimyasal elementler diye nitelenmişti. Böylelikle bir maddenin parçalarına ayrılamazlığı, «kimyasal element» kavramı için belirleyici bir nitelik olarak kullanılmıştı.

Daha sonraki araştırmalar göstermiştir ki, örneğin hidrojen, azot, oksijen vö. gibi çoğu elementler 1900'lerin kavram anlayışında, damıtma yoluyla farklı özel-

liklerdeki ve de özellikle farklı yoğunluklardaki ayrımlarına ayrılabilmektedir. Bugün kimyasal element olarak, her bir atomu eşit çekirdek yük sayısına, ama olasılı olarak farklı kütlelere sahip olan maddeler nitelenmektedir. Bugün başka bir ölçüt kullanılsa bile, kimyasal elementlerin bugünkü kavramı ile 1900'lerinki pratikçe aynılaşır. Eşit çekirdek yük sayılı, ama farklı kütleli atomlar, aynı kimyasal elementin izotopları olarak nitelenir.

Hem 1900 yılında hem de bugün, az ya da çok kolaylıkla yürütülebilen deneylerin vargıları, verilen maddenin bir kimyasal element olup olmadığını belirler. 1900'lerde kullanılan, parçalarına ayrılamazlık ölçütü, tipik bir olumsuz ölçüttür ve bu nedenle de temelde doyurucu değildir. Oysa, deneysel tekniğin o zamanki durumuna göre bu ölçüt, Bridgman'ın düşüncesindeki belirli bir «işlemsel anlam'a» sahiptir.

Bugünkü element kavramı, açık bir olumlu ölçüt olarak çekirdek yük sayısının belirlenmesi üzerine kurulmuştur. Eğer izotoplar var olmasaydı, yani ayrımsal damıtmayla ya da öteki süreçlerle azot ya da oksijenin daha ileri düzeyde ayrılması olanaklı olmasaydı, bu türden bir ölçüt de yararlı olurdu.

5. Tezgeme

Berzelius (1835), toplam tepkime denkleminde görünmeyen bir maddenin az bir nicelikte katılmasıyla, tepkime hızının önemli ölçüde yükseltilebildiğini gözlemiştir. Ostwald'ın tanımına göre bir tezgen, kimyasal ilgiyi değiştirmeksizin bir tepkimenin hızını artıran maddedir. Örnek olarak kamış şekerinin sulu çözeltide hid-

rojen iyonlarının varlığında yürütülen suyla-ayrışımının hızlandırılması verilebilir:

Sakkaroz ($C_{12}H_{22}O_{11}$) + H_2O = Glükoz ($C_6H_{12}O_6$) + Früktoz ($C_6H_{12}O_6$) (III.7)

Başka bir örnek, 425°C'da, ince dağılmış platinin varlığında:

$$2\ SO_2 + O_2 = 2\ SO_3 \qquad \text{(III.8)}$$

gaz tepkimesinin hızlandırılmasıdır (Knietsch yöntemi).

«Tezgeme» ve «tezgen» gibi kavramlar, aynı zamanda belirli bir «işlemsel anlamlı» tanımlarla saptanmışlardır. Buna açıkça şu da eklenebilir ki; «tezgeme» kavramı arı-görüngüsel bir biçimde, yani tezgenin olaya katılımında her bir tepkime adımı yoluyla, olanaklı (ve arzuya değer) bir yoruma uyulmadan tanımlanmıştır.

Okuyucu, özellikle kendisinin gelecekte araştırma işlevi sırasındaki yeni geliştirilmiş bir kavramı, amaca uygun ve açık bir biçimde kendi başına tanımlamak durumunda kaldığında, kendiliğinden, ona ilişkin ayrıntılı-yapıtlardaki [2–4] ve ders kitaplarındaki öteki kavramların tanımlarını incelemeli ve varlığı olasılı bir sorun üzerinde düşünmelidir.

KAYNAKLAR

1. P. W. Bridgman, *Modern Fiziğin Mantığı (The Logic of Modern Physics)*, The Macmillan Company, New York, 1960.
2. W. H. Westphal, *Fiziksel Kavram Sisteminin Temelleri (Die Grundlagen des physikalischen Begriffssystems)*, Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1965.

3. F. Hund, *Fiziğin Temel Kavramları Grundbegriffe der Physik)*, Bibliographisches Institut, Mannheim, 1969.

4. F. Hund, *Fiziksel Kavramların Tarihi (Geschichte der physikalischen Begriffe)*, Bibliographisches Institut, Mannheim, 1972.

IV. DİL SORUNU

1. Genel bakış

Temelde dilsel formüllendirme olmadan da düşünmek olanaklıdır. Ancak, düşünce alışverişi, amaca karşılık olan bir dilin kullanılmasını gerektirir. Bir dil kullanılmadan ne bu kitap ne de başka herhangi bir kitap yazılabilirdi. Dil sorunlarına önceki bölümlerde değinildi. Aşağıda, dilsel formüllendirmenin özel sorunları incelenecektir.

Dilin öğeleri, kendi açılarından yeniden ayrı tümcelere kenetlenen sözcüklerdir. Bilim dili, ideal durumda yalnız, açıkça tanımlanmış sözcüklerden ve sözcük bağlantılarından oluşmalıdır. Gerçekte bir dil, bilim alanında bile yalnız açıkça tanımlanmış kavramları düzenleyen sözcükleri (="termini technici") değil, yaklaşık bir gözleme ya da sunuma karşılık gelen [kırmızı, sarı, yeşil, mavi gibi renk nitelemeleri olan (karşl. Bölüm II)] sözcükleri de kapsar. Bunlara, örneğin, bir "tür" anlamında iyonsal kristal gibi (karşl. Bölüm II) yalnızca sınır durumda açıkça düzenlenmiş bir kavrama karşılık gelen sözcükler de eklenir.

Temelde bu kitabın yazarının kanısına göre bir kavram, düzenlenmiş sözcük karşısında üstünlüğe sahiptir. İdeal durumda bir araştırıcı ilkin bir olguyu kavramlaştırır ve daha sonra uygun bir sözcük arar. Halk dilinin sözcükleri genellikle yalnızca yaklaşık bir gözlemi, sunumu ya da düşünce yönünü belirttiğinden, yeni kavramlaştırılmış bir olgu için temelde yeni bir sözcüğün konması amaca uygundur. Bu bağlamda, yeni kavramların sınırlandırılması genel olarak halk dilinin kullanılmasıyla başarılır ve bununla koşullanan güçlüklerin üstesinden gelinir.

Bir olgunun kavramlaştırılmasının, bir sözcüğün seçimi ya da kalıplanması karşısındaki üstünlüğü, asla her zaman yerine getirilemeyen bir postulattır. Yetişkin bir çocuk, ilgili bir kavramı, onun tam anlamında kavramazdan çok daha önce, onu bir sözcük ile tanır. Öğrenciler de çoğu durumlarda ilgili bir kavramdan daha önce, onu tam anlamında bir sözcük ile tanırlar; örneğin kimyaya girişte elementlerin periyotlu dizgesini, atomlardaki elektronların nicem sayılarını ve Pauli İlkesi'ni önceden böyle öğrenirler.

Düzenlenen kavramın bilgisi olmadan bir sözcüğün kullanılmasının sakıncaları besbellidir. Goethe'nin Faust adlı yapıtının I. Kısmındaki öğrenciler sahnesinde, Mephistopheles şöyle der:

«Kavramların eksik olduğu yerlerde,
tam zamanında bir sözcük imdada yetişir.
Sözcüklerle en iyi biçimde tartışılır,
bir sistem hazırlanır sözcüklerle.»

Alaylı bir biçimde söylenen bu dikkat çekiş, bugünkü kuşağa alışılmış bir uyarı gibi görünür. Ama gerçekte her zaman için bu uyarıların gözönüne alınması gerektiği durumlar vardır.

Sözcükler yalnızca bir dilin birincil bileşenleridir. Anlam dolu anlatımlar ancak tümcelerin ya da tümce dizilerinin oluşturulmasıyla elde edilir. Buna ilişkin sorunlar Bölüm IV. 3-de incelenecektir.

2. Teknik terimler (termini technici)

a) *Genel :*

Çoğu durumlarda yeni bir kavramın amaca uygun olarak sınırlandırılması ilk baştan açık değildir. İlkin yalnızca yaklaşık olarak kavranır ya da sezilir. Ancak uzunca bir tarihsel gelişim içinde açık bir kavram saptaması, adımsal olarak ek gözlemlerin ve öteki kavramlarla olan ilişkilerin iyiden iyiye denenmesinin değerlendirilmesiyle elde edilir. Her yeni kavram belirlemesine yeni bir sözcüğün karşılık olması istenebilir. Ama gerçekte çoğu durumlarda yerleşmiş bir sözcük yeni bir içerikle yeniden kullanılır. Kavramların adımsal olarak geliştirilmesine örnekler daha önce, Bölüm III-de verilmişti (örneğin sıcaklık, kimyasal element).

Bilgilerimizin adımsal olarak geliştirilmesinde ortaya çıkan güçlük, bir ölçüde basit bir örnekle dile getirilebilir. «Atom» sözcüğü ta Demokrit'e dek uzanır ve öncelikle «bölünmez» anlamına gelir. Dalton'un (1808) «atom» sözcüğü de doğabilimine bu anlamda sokulmuştu. 19. yüzyılın sonuna dek hiçbir güçlük ortaya çıkmamıştı. Her şeyden önce bugün bir atom asla bölünmez değildir. Bir metal atomunun elektronları parçalanarak dışarı verilebilir ve artı yüklü bir iyon oluşur. Bundan başka, atom çekirdeği de uygun deney koşulları altında «parçalanabilir»-dir. Bununla birlikte «atom» sözcüğü, Dalton'un demek istediği anlamda bugün de kullanılmaktadır.

Başka durumlarda kavramların adımsal olarak geliştirilmesi, sözcüklerin anlamının değişmesi ve çok çeşitli durumlardaki yeni teknik terimlerin yaratılması, birbiriyle içiçe geçmiştir. Bu durum, «kuvvet» ve «enerji» sözcüklerinin gelişim örneğinde görülebilir. «Kuvvet» sözcüğü ilkin nitel anlamıyla kullanıldı. Galilei ve Newton'dan beri «kuvvet» sözcüğü ($kg.m.s^{-2}$ boyutuyla) açık tanımlı nitel bir anlama sahipti. Ama bunun yanısıra, «kuvvet» sözcüğü ikinci bir nitel anlamıyla da kullanıldı. 1847'de Helmholtz'un[1] (bugünkü dil kullanımına göre) enerjinin korunumu üzerine olan temel çalışması «kuvvetin Korunumu Üzerine» başlığını taşır. Bu çalışmada «diri kuvvet» (bugün kinetik enerji olarak nitelenir) ve «gerilim kuvveti» (bugün potansiyel enerji olarak nitelenir) terimleri bulunmaktadır. Özet olarak şöyle denmektedir : «Var olan diri kuvvetin ve gerilim kuvvetinin toplamı her zaman sabittir. Bu en genel biçim altında, yasamızı kuvvetin korunumu ilkesi adı altında niteleyebiliriz». Böylece son tümcedeki «kuvvet» ($kg.m^2.s^{-2}$ boyutuyla) sözcüğü, «diri kuvvet» ve «gerilim kuvveti» tek-kavramlarının üst-kavramı olarak görünür. Ancak bundan sonra bugünkü anlamda «enerji» sözcüğünün kullanımı yerleşmiştir. İlkin var olan belirsizlikleri dışarlamak için, «enerji» teknik teriminin sokulması buna önemli ölçüde yardımcı olmuştur.

Sokrates ve Plato'nun yapıtlarında «erdem nedir?» ya da «iyilik nedir?» gibi sorular sorulurdu. Buna karşılık olarak günümüz felsefe yazınında «olumluculuk nedir?» sorusu bulunmaktadır. Buna benzer biçimde «kuvvet nedir?» diye sorulabilir. Her ne kadar çok farklı anlamlarda olsalar da tüm bu sorular eşit biçime sahiptirler. Plato'nun ikili-söyleşilerinde karşı konuşma-

cıyı ahlâksal yaşam kurallarıyla uyumlu olarak daha bilinçli bir yaşam biçimine sokmak üzere yukarıdaki sorular yöneltilmektedir. Olumluculuğa göre soru, anlamlı olarak şöyle sorulmalıydı: «Yazar A ya da yazar B olumluculuk sözcüğünü hangi anlamda kullanıyor?». Bunun yerine şu da sorulabilir: «Hangi felsefî yönelimler, amaca uygun olarak olumluculuk anahtar-sözcüğü altındaki bir düzen içinde sunulurlar?».

Bir sözcük karşısında bir kavramın üstünlüğünün yukarda sergilenen ilkesi açısından, «kuvvet nedir?» sorusunun yerinde olmadığı kolaylıkla anlaşılır. Bunun yerine şu sorulur: «Galilei'deki, Newton'daki, Helmholtz'daki ya da bugünün herhangi bir ders kitabındaki kuvvet sözcüğü ne anlama gelir?».

Bir kavramın sınırlamasını ortaya çıkaran başka bir soru yöneltimi, yukardaki soru yöneltme türünden farklıdır. Örnek olarak, «sıcaklık» kavramı verilebilir. İlkel bir soru şöyle olur: «Sıcaklık nedir?». Bunun yerine şöyle sormak amaca uygun olur: «İlkin nitel kavramlaştırılmış olan sıcaklık kavramının hangi tanımı açık bir nicel saptamayı amaçlar ve olabildiğince evrensel uygulanabilirlik amacına uygundur?». Karş1. Bölüm III.

b) *Teknik terimlerin yeni kalıplanması*

Yeni kavramlaştırılmış bir olgu için bir sözcüğün seçimi büsbütün önemsiz sayılabilir. Gerçekte bir sözcüğün seçiminin ya da kalıplanmasının büyük önemi vardır. Böylece sözcük işitildiğinde ya da okunduğunda, düşünce hemencecik ilgili yöne çevrilir, yani hiçbir yanlış çağrışımlar ortaya çıkmaz ve yeni sözcüğün kavranması gereksiz yere güçleşmez. Bundan da öte, sözcüğün bir başka dile çevrilmesi ya da aktarılmasında büyük güç-

lüklerle karşılaşılmaz. Her ne kadar zaman geçtikçe daha az sayıda doğabilimci Latin ya da Yunan dillerinde yeterli bilgiye sahip olmaktalarsa da, son görüş noktası açısından yeni teknik terimler çoğu kez Latin ya da Yunan dilinin sözcük kökenlerinin kullanılmasıyla kalıplanmaktadır.

Fizik ve kimya alanındaki araştırıcılar bu nedenle çoğu durumlarda dil yaratıcılığı rolünü de üstlenmişlerdir. Genellikle yeni yaratılmış sözcükler iyi yerleşmiş ve korunmuştur.

Eğitimsiz bir okuyucunun düşüncesini yanlış bir yöne doğrulttuğundan yukarıdaki ölçütlere tam karşılık olmayan, büsbütün yerleşmiş sözcükler de vardır. "Işık yılı" sözcüğünü ilk kez duyan biri özel türden bir zaman ölçüsünün söz konusu olduğunu sanabilir, oysa burada gerçekte bir uzunluk ölçüsü söz konusudur (= bir ışık uyartışının boşlukta bir yıl içinde aldığı yol).

Ve yine «atom ağırlığı» sözcüğü de yanlış anlaşılabilir bir sözcüktür. İlk kez duyan biri, bu sözcüğün bir kimyasal elementin, örneğin hidrojenin, bir tek atomunun ağırlığını nitelediğini düşünebilir. Bununla birlikte 1961'e dek geçerli olan uzlaşımlara göre hidrojenin atom ağırlığı, içindeki hidrojen atomu sayısının, normal izotop bileşimli 16 g oksijen içindeki oksijen atomları sayısı kadar olduğu normal izotop bileşimli hidrojen niceliğinin kütlesine eşittir. 1961'de kabul edilen uzlaşıma göre hidrojenin atom ağırlığı, içindeki hidrojen atomları sayısının, 12 g arı ^{12}C izotopu içindeki karbon atomları sayısı kadar olduğu normal izotop bileşimli hidrojen niceliğinin gram cinsinden kütlesine eşittir. Benzer biçimde molekül ağırlığı kavramı tanımlanmıştır. Yanlış anlamalardan kaçınmak için kimi yazarlar bu-

nun yerine «mol kütlesi» (= tanımlananın 1 molü başına) sözcüğünü kullanmaktadırlar.

"Kuvars - camı" sözcüğü uzun süre, amorf SiO_2'nin nitelenmesinde kullanıldı. «Kuvars», SiO_2'nin kristalsi bir düzenlemesini, «cam» da amorf durumu niteliklerinden, burada sıfatta bir çelişki bulunmaktadır. Bu nedenle yakın zamanda «kizel - camı» (="Kieselglas") nitelemesi önerildi.

Kimyasal tepkimelerdeki enerji ya da entalpi değişiminin belirlenmesinde çeşitli kurgulardaki ısıölçerler kullanılır. «Eşsıcaklıklı» ve «ısıgeçirmez» ısıölçerlerin ayrımlandırılması gelenek olmuştur. Isıgeçirmez bir ısıölçerde, ısıölçer ile çevresi arasındaki ısı alışverişi ortadan kalkacak, yani ısıgeçirmez bir tepkime yürüyüşü sağlanacak biçimde, ısıölçer içinde yürüyen tepkimeye karşılık olarak oradaki sıcaklığa eşit olacak ölçüde, dış mantonun sıcaklığı elektriksel ısıtma ile yükseltilir. Böylece, ısıölçer ile çevresi arasındaki ısı alışverişi pratikçe sıfır kılınır. Sonuçtaki sıcaklık yükselmesinden ve ona ilişkin elektrik ayarlamasından, aranan tepkime enerjisi ya da tepkime entalpisi hesaplanır. Eşsıcaklıklı bir ısıölçerde ise ısıölçer içindeki sıcaklık yükselişi ölçülür ve değerlendirilir. Ancak, dış mantonun sıcaklığı sabit bir değerde tutulur ve ısıölçer ile manto arasındaki kaçınılmaz ısı alışverişi için bir düzeltme yapılır. Bu durumda bilinmelidir ki «eşsıcaklıklı» sözcüğü ısıölçere değil, dış mantoya ilişkindir. Anlamalardaki güçlüklerden sakınmak için, «eşsıcaklıklı ısıölçer» yerine, örneğin «dış mantosu eşsıcaklıklı ısıölçer» gibi kesin bir anlatımda bulunmak arzuya değer görünebilirdi. Bu yeni anlatım, örneğin, Bunsen'in buzlu ısıölçerinde (ısıölçerin buz ve su ile dolu olan mantosu içindeki erime ya da donmadaki hacim değişimi belirlenir) olduğu gi-

bi, ısıölçerin iç sıcaklığının sabit olduğu yöntem karşısında açık bir ayrım yapmayı olanaklı kılar. Isıveren tepkimeler durumunda elektriksel enerji gönderiminin ya da ısıalan tepkimeler durumunda Peltier etkisiyle elektriksel soğumanın özdenetimi yoluyla sıcaklığın sabit tutulduğu eşsıcaklıklı ısıölçerlerde vardır.

Yukarıdaki değinmeler daha iyi sözcük nitelemelerinin sokulması istemiyle olumsuz bir eleştiri anlamında değerlendirilmemelidir. Tersine bu değinmeler, girişte sözü edilen ilkelere göre bir teknik terimin yeni kalıplanmasındaki olanağı hesaba katmak için bir uyarı olmalıdır.

c) *Fiziksel büyüklüklerin matematiksel simgeleri*

Çeşitli ölçüm büyüklükleri (örneğin düşme yüksekliğinin izlevi olarak düşme süresi) arasındaki ilişkiler en kısa bir biçimde matematiksel denklemlerle gösterilir. Burada, her bir ölçme büyüklüğü için kısa simgeler olarak Latin ya da Yunan harflerinin (ve yine alt-simgelerle) kullanılması gelenek olmuştur. Kısa simgeler kısmen uluslararası birliklerce (IUPAP; IUPAC)[2] * normlanmıştır (örneğin x, y, z : yer koordinatları; t : zaman; u, v, w : hız bileşenleri; c : boşluktaki ışık hızı; h : Planck sabiti).

Kullanıma açık Latin ve Yunan harflerinin sayısı, ölçme büyüklükleri yerine kullanılması gereken simgelerin sayısından çok daha az olduğundan, fizik ve kimyanın çeşitli alanlarında aynı simgelerin çeşitli anlam-

(*) *IUPAP*: International Union of Pure and Applied Physics (Uluslararası Arı- ve Uygulamalı-Fizik Birliği)
IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry (Uluslararası Arı- ve Uygulamalı-Kimya Birliği -ç.

larda kullanılması kaçınılmazdır (örneğin, T : mekanikte bir sarkacın salınım periyodu ya da T : termodinamikte mutlak sıcaklık; x_i : mekanikte i-taneciğinin yer koordinatı ya da x_i : kimyasal termodinamikte i-bileşeninin mol kesri). Özel bir konuya ilişkin yayında, önerilen simgelerin kullanılmasında simgelerin çokanlamlılığı genellikle hiçbir güçlük çıkarmaz. Ancak, örneğin bir yandan yer koordinatları, öte yandan da bileşenlerin mol kesirleri için simgelerin gereksindiği çok bileşenli sistemlerdeki yayınma olaylarının betimlenmesinde olduğu gibi, çoğu durumlarda, ortaya güçlükler çıkacak şekilde her bir alan birbiri içine geçebilir. Bu durumlarda seçimli olarak kullanılacak simgeler yanında, yetkili uluslararası birlikler tarafından (IUPAP; IUPAC) seçenekli simgelerin kullanılması önerilmiştir[2]. Öteki durumlarda, yazarın kendisi bir seçim yapmalıdır. Burada, yeni teknik terimlerin sokulmasındaki benzer görüş noktalarına dikkat edilmelidir. Özellikle, bir ölçme büyüklüğünün simgesi, olabildiğince belirleyici olmalıdır. Çoğu kez ilgili sözcüklerin başlangıç harfleri kullanılır, örneğin, V = Volumen (hacim). Çeşitli dillerdeki sözcükler, çoğu kez Latince ya da Yunanca'daki kökenine karşılık olan aynı sözcük köküne ve bu nedenle de aynı başlangıç harflerine sahiptirler. Ancak bu durum her zaman olmaz. Bir kimyasal tepkimenin hızı İngilizce'de «rate» ya da (daha seyrek olarak) «velocity» sözcüğüyle verilir. Latince sözcük kökü «velocitas» açısından bu nedenle «v» simgesi hem Alman hem de İngiliz yazarlarca yeğlemeli olarak kullanılmaktadır.

Genellikle geçerli olduğu üzere, bir bilimsel çalışmanın yankıları, amaca uygun olmayan simgelerle önemli ölçüde azalabilmektedir. Bu nedenle amaca uygun simgelerin seçimi, amaca uygun teknik terimlerin seçimiyle eş öneme sahiptir.

d) *Teknik terimlerin çokanlamlılığı*

Hem halk dilinde hem de bilim dilinde sözcüklerin çoğu, asıl anlamından sıyrılarak çokanlamlı olur ve zaman zaman da oldukça farklı anlamlarda kullanılır. Burada şu örnekler verilebilir :

1. «Element» sözcüğü şu anlamlara gelebilir :

   a) Bir kimyasal temel madde,

   b) Bir galvanik pil,

   c) Büyük bir bütünün yapı taşı, örneğin, bir mekanik kurgunun yapı öğeleri ya da bir elektriksel akım devresindeki bağlantı öğeleri.

2. «Evre» sözcüğü fiziksel optikte, Gibbs'e ilişkin olarak termodinamiktekinden oldukça başka bir anlama sahiptir.

3. «Grup» sözcüğü öncelikle birbirine ilişkin şeylerin kapsanması anlamına gelir. Bundan başka «grup» sözcüğü matematikte oldukça daraltılmış bir anlamda (grup kuramı olarak) kullanılır.

Yukarıda sözü edilen örneklerde, ilişkinin gözönüne alınmasında yanlış anlamalar ortaya çıkmayacak şekilde, her bir anlam yeterli ölçüde birbirinden farklıdır.

Eğer bir sözcük aynı konu çerçevesinde çeşitli anlamlarda kullanılıyorsa ortaya güçlükler çıkabilir. Şu örnekler verilebilir :

Kimyada «bileşik» sözcüğü bir yandan, pratik tek bileşimli kristalsi evreler için kullanılır, örneğin, yemek tuzu : NaCl, şap : $KAl(SO_4)_2 . 12 H_2O$ ya da benzen : C_6H_6. Öte yandan «bileşik» sözcüğü, bir gaz evre-

sinde belirli bileşim ve yapıdaki moleküller için eşanlamlı olarak da kullanılır. Katı benzende örgü yapı-taşları olarak ayrı benzen moleküllerinden oluşmuş bir kristal örgüsü bulunduğundan, benzen örneğinde herhangi bir yanlış anlama durumu yoktur. Sodyum klörürde kristalsi ve gaz durumundaki moleküllerin toplam bileşimleri aynıdır. Bununla birlikte, katı kaya tuzunda hiç bir NaCl molekülü tanılanamaz. Her bir sodyum iyonu, en yakın komşuları olarak altı tane klörür iyonuna ve aynı şekilde her bir klörür iyonu da en yakın komşuları olarak altı sodyum iyonuna sahiptir (her iki durum da sekizyüzlü bakışıma sahiptir). Bu durumda «bileşik» sözcüğü bir yandan kristal için, öte yandan da gaz durumu için oldukça farklı anlamlara sahiptir. Durum yeterince iyi bilindiğinden neyse ki bu durumda da yanlış anlamalar pratik olarak ortaya çıkmaz.

Buna karşın öteki durumlarda «bileşik» sözcüğünün çeşitli anlamlarda kullanımı belirsizliklere yol açar. Demir-karbon sisteminde, tek bileşimli bir Fe_3C (= sementit) kristal evresi ortaya çıkar. Yemek tuzundakine benzer biçimde, içinde Fe_3C moleküllerinin tanılanamadıkları tipik bir düzenleşim örgüsü vardır. Buna karşın, yakın geçmişe dek yazarlar, bir demir-karbon eriyiğinde «Fe_3C bileşiğinin» hangi ölçüde ortaya çıktığı sorusunu ortaya atmışlardır. Böyle formüllendirilmiş soru açık değildir ve daha iyi şöyle olmalıdır: «Bir demir-karbon eriyiğinde Fe_3C molekülleri hangi dağılımda bulunurlar?» Böylece soru akla yakın formüllendirilmiş olur ki, örneğin, x-ışını kırınımı gibi deneyler onun yanıtlanmasını sağlayabilirler. Bir demir-karbon eriyiğindeki «molekül» kavramının hangi biçimde sınırlanacağı açıklanmak zorunda olduğundan, düzeltilmiş soru da koşullu olarak yanıtlanabilir. Yukarıdaki durumda de-

neyler, her bir karbon atomu çevresinde öteki demir atomlarına göre oldukça küçük uzaklıkta üç demir atomunun var olduğunu gösterirse, ancak akla yakın olarak Fe_3C moleküllerinden sözedilebilir. Bunun yanısıra, deneyler olmadan da soruyu en son formüllendirmede şu geçici yanıtın verilebileceği söylenebilir: Katı sementit evresi içinde Fe_3C molekülleri ortaya çıkmadığından, eriyik içinde Fe_3C moleküllerinin ortaya çıkması düşük olasılıktadır.

3. *Bilimsel önermelerin formüllendirilmesi*

Bir dil yalnızca ayrı sözcüklerden oluşmaz. Dil kavramına ayrıca bir ölçüde tam önermelerin ve bileşik önermelerin kurulması da girer. Tam önermelerin kurulması ve çeşitli önerme biçimleri için kurallar, biçimsel mantığın ders kitaplarında bulunmaktadır. Bu bağlamda özellikle Kamlah ve Lorenzen[3]'in «Mantığa Hazırlama - Akılcı Konuşmanın Hazırlık Okulu» ve de Patzig[4]'in «Dil ve Mantık» adlı kitapları salık verilebilir.

Özel bir güçlük şuradadır ki, sınırlayıcı koşullar açık bir biçimde formüllendirilmediğinde, mantıksal kuşku götürmez bir önerme çoğu kez yalnızca sınırlayıcı koşullar altında nesnel açıdan doğrudur. Örnek olarak «kalay bir metaldir» önermesi alınabilir. Bu önerme ilkin kuşku götürmez doğrulukta görünür. Gerçekte bu önerme, yalnızca sınırlayıcı koşullar altında geçerlidir. Çünkü düzgün dörtyüzlü kristal yapısıyla bilinen metal düzenlemesi (= beyaz kalay) yanında, elmas yapısındaki öteki bir düzenlemesi (= gri kalay) tipik yarı-iletken olarak bilinir. Son düzenleme, yaklaşık 18°C'ın altında termodinamik kararlıdır. Bu nedenle şöyle söylemek daha doğru olurdu: «Kalay elementi metal olarak

bir yandan düzgün dörtyüzlü kristal yapısıyla katı durumda, öte yandan da akışkan durumda ortaya çıkar». Bu formüllendirme ile hem katı durumda yarı-iletken olarak gri kalayın varlığı, hem de metal özellikleri göstermeyen seyreltilmiş gaz olarak kalayın varlığı hesaba katılmıştır. İlk önermenin anlatımını akla uygun olarak bütünlemek üzere, adı geçen son olanaklar ikinci bir önerme biçiminde bildirilmiştir.

Bu tür örnekler istenildiği sayıda verilebilir. Sınırlayıcı koşullar ister bilerek koşullandırılabilsin, isterse özel güçlükler olmadan aradaki ilişkiden elde edilsin, genellikle kısaltılmış önermeler gelenek olmuştur. Ama bir konuşmacı ya da bir okur, tüm kapsamıyla sınırlayıcı koşulların bilincinde değilse, yanlış anlamalar ortaya çıkmaktadır. Pratikte bu türden yanlış anlamalar, akılcı bir konuşmanın[3] önkoşulu olarak mantığın biçimsel kuralları karşısındaki aykırılıklara dayanan anlama güçlüklerinden daha sıktırlar.

Tam açık olmayan bir önerme için başka bir örnek olarak «A;B ve C-den oluşmaktadır» önermesi verilebilir. «Oturma odasının mobilyası bir masa, altı sandalye, bir camdolap ve bir dolaptan oluşmaktadır» önermesinden, alışıldığı biçimde adı geçen eşyaların oturma odasında içerilen eşyalar olduğu çıkarımlanır. «883°C-daki doygun sodyum buharı Na atomları ve Na_2 moleküllerinden oluşmaktadır» önermesi de benzer biçimde yorumlanır. Adı geçen türlerin varlığı spektroskopik incelemelerle kanıtlanabilir. Her bir türün nicel oranı da nitel olarak belirlenebilir. Ve yine, «bir lityum atomu artı üç yüklü bir atom çekirdeği ile üç elektrondan oluşmaktadır» önermesi, en azından tanecik dili sınırları içinde bir lityum atomunda, adı geçen böyle taneciklerin varolduğu anlamına gelir.

«Kayatuzu sodyum ve klordan oluşmaktadır» önermesi, oldukça başka bir anlama sahiptir. Bu önerme yalnızca, bir yandan kaya tuzunun sodyum ve klordan bireşimsel olarak üretilebileceği, öte yandan da yeniden sodyum ve klora (örneğin elektrikle-ayrışım yoluyla) parçalanabileceği anlamına gelir. Şurası açıktır ki elementler, oda sıcaklığında alışıldığı biçimiyle var oldukları gibi bir kaya tuzu kristali içinde var olamazlar.

«Bir kaya tuzu kristali sodyum iyonlarıyla klorür iyonlarından oluşmaktadır» önermesi ilkin kaya tuzu kristalinin sodyum iyonlarıyla klorür iyonlarından kurgulanabileceği ve yine adı geçen iyonlara parçalanabileceği (örneğin elektriksel ve mıknatıssal alanlar kullanarak buharlaştırmayla ve artı ve eksi iyonların ayrılması yoluyla) anlamına da gelir. Öte yandan yukardaki önermeyi okuyan bir kişi, bir kaya tuzu kristalinde sodyum iyonlarıyla klorür iyonlarının böyle yeraldıkları sonucunu çıkarabilir. Bu yorum, kimi sınırlamalarla da olsa genellikle yazarın amacına karşılık gelir. X-ışınları yardımıyla bir NaCl kristali içindeki yerel elektron yoğunluğunun eldesi, yapı-taşlarının, birinci yaklaşımda sodyum iyonları ve klorür iyonları olduğunu, ancak, bir Na^+ ya da Cl^- iyonu çevresindeki elektron yoğunluklarının küresel bakışımdan açıkça sapmalar gösterdiğini göstermiştir. Ders kitaplarındaki başka bir anlatım ise şöyledir: «NaCl kristali içindeki her iyonun elektron kılıfı biçimleri, serbest iyonlar biçimindekine göre bozulmuşlardır».

Birinci yaklaşım olarak bir NaCl kristalinin iyon kristali diye betimlenmesi başka vargılara sahiptir. Buradan, kristalin enerji içeriğinin, sıfırıncı yaklaşımda nokta biçimli artı ve eksi yüklerin bir modelinden yola çı-

harak ve bu modelden olan sapmaların ardışık yaklaşımlarda gözönüne alınmasıyla hesaplanabileceğinin akla yakın olduğu çıkartılabilir.

Başka bir örnek olarak «bir sodyum atomunun çekirdeği (^{23}Na), 11 proton ve 12 nötrondan oluşmaktadır» önermesini inceliyelim. Bu önerme ilkin, bu çekirdeğin (ilkelce) 11 proton ve 12 nötrondan kurgulanabileceği ya da 11 proton ve 12 nötrona parçalanabileceği anlamına gelir. Burada adı geçen önerme, damlacık modeline göre enerjinin hesaplanmasında çıkış noktası olarak da kullanılır.

Durumun açıkça formüllendirilmesi için «biçimsel mantık» ya da «matematiksel mantık» diye nitelenen «yapay diller» kurgulanmıştı; karşl. Bölüm I-deki kaynaklar. Bu yapay diller her şeyden önce şimdilik doğabilimi yayınlarında hemen hemen hiç kullanılmamaktadır. Konuşmacı ya da yazar, ayrı formüllendirmelerde yeterli özeni gösterirse, son derece karmaşık olan ilişkiler ek sözcükler ya da yan tümceler yoluyla en iyi bir biçimde sunulabildiğinden, pratik iletişim açısından «doğal diller» görünür olarak her zaman için üstündür.

Durum tam olarak bilinmediğinde, durum üzerine «akılcı konuşmanın» özel bir sanat olduğu kabul edilir. Ancak, haklı nedenlerden ötürü eğiticiler, bir durumun enine boyuna düşünsel olarak işlendikten sonra konuşulması gerektiğini önerirler. Günlük yaşamda bu öneri kuşkusuz çoğu kez izlenmez. Araştırmada da bu öneri yalnızca sınırlamalarla geçerlidir. Bunun karşıtı olarak, enikonu açık olmayan durum üzerine olabildiğince konuşulması gerektiği şeklindeki öneri de sunulabilir. Yalnıca önsezili düşünceler üzerine tartışmalar, nicem ku-

ramının ve nicem mekaniğinin gelişmesine önemli ölçüde yardımcı olmuştur; karşl. R. Moore[5]'un «Niels Bohr» adlı ayrıntılı yapıtı ve/de «Atom Fiziği Çevresinde Konuşmalar» başlığı altında Heisenberg[6]'in «Parça ve Bütün» adlı kitabı. Bu kitabın dokuzuncu sayfasında şöyle denmektedir: «Doğabilimi deneylere dayanır ve deneycilerin konuşmaları yoluyla, onların sonuçlarınca başarılır. Bu tür konuşmalar kitabın temelini oluşturmaktadır. Onlarda bilimin konuşma içinde oluştuğu açığa kavuşturulmaktadır».

KAYNAKLAR

1. H. Helmholtz, *Kuvvetin Korunumu Üzerine (Über die Erhaltung der Kraft)*, Verlag G. Reimer, Berlin, 1847, Yeni Baskı; *Ostwald'ın Tam Bilimlerin Klasikleri (Neudruck Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften)*, Nr. 1, Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1889.
2. B. Chiswell ve E. C. M. Grigg, *SI Birimleri (SI Units)*, John Wiley & Sons Australasia Pty Ltd, Sydney, 1971.
3. W. Kamlah ve P. Lorenzen, *Mantığa Hazırlama ya da Akılcı Konuşmanın Hazırlık Okulu (Logische Propädeutik oder Vorschule des vernünftigen Redens)*, BI-Hechschultaschenbücher Bd. 227/277a, Bibliographisches Institut, Mannheim, 1967.
4. G. Patzig, *Dil ve Mantık (Sprache und Logik)*, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1970.
5. R. Moore, *(Niels Bohr)*, Paul List Verlag, München, 1970.
6. W. Heisenberg, *Parça ve Bütün (Der Teil und das Ganze)*, R. Piper & Co. Verlag, München, 1969.

V. TÜMEVARIM ve TÜMDENGELİM

1. Genel

Tümevarım ve tümdengelim anahtar - sözcükleri bir mantık ders kitabının ya da felsefeye hazırlık metninin giriş bölümü içinde görülürler. Tümevarım ayrı gözlemlerin genelleştirilmesi anlamına gelir. Tümdengelim ise, ya bir çalışma varsayımında kullanılan, ya da genelleştirilmiş postulatlardan izlenen koşulların (= öncüllerin) sonucu olan bir önerme anlamına gelir. Açıklamak üzere şu örnekler verilebilir :

1. Balmer[1] 1885 yılında sistematik deneme yoluyla hidrojenin Hα, Hβ, Hγ ve Hδ yayım çizgilerinin λ-dalga boylarının dikkate değer yüksek bir doğrulukla :

$$\lambda = \frac{C\ n^2}{n^2-4} \quad ; \quad (n = 3,4,5,6) \qquad (V.1)$$

bağıntısı ile verilebileceğini buldu. Burada C bir sabittir. Runge'ye göre R = 4/C alınarak :

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right) \quad ; \quad (n = 3,4,5,6) \qquad (V.2)$$

bağıntısı elde edilir.

(V.2) denklemi yalnızca görünür bölgede gözlenebilir hidrojen çizgileri için değil, n = 7,8,... ile morötesi bölgede gözlenebilir çizgiler için de geçerlidir.

(V.2) denklemi, Bohr[2] tarafından 1913 yılında tümdengelimli olarak türetilmiş olan şu denklemin özel bir biçimidir :

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{2\pi^2 me^4}{h^3 c}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

; $(n_1 = 1,2,\ldots$ ve $n_2 = n_1+1, n_1+2, \ldots)$ (V.3)

Burada, m : elektron kütlesi, e : birim yük, h : Planck sabiti, c : ışık hızıdır. $n_1=2$ ve $n_2=n$ konursa (V.2) denklemi elde edilir. Bundan başka, alışıldığı biçimiyle Rydberg sabiti olarak nitelenen (V.2) denklemindeki R sabitinin değeri için, deneysel veriler yardımıyla, (V.2) denkleminden türetilen değerle çok iyi uyum gösteren :

$$R = \frac{2\pi^2 me^4}{h^3 c} \qquad (V.4)$$

bağıntısı elde edilir.

Gerçekte (V.3) denklemi yalnızca bir yaklaşımdır, yaklaşık olarak 5.10^{-4}-lük bir bağıl yanılgıya sahiptir. Çünkü türetmede atom çekirdeğinin birlikte devinimi, göresel etkiler ve de çekirdek - dönüsü ile elektron - dönüsünün etkileşmesi gözönüne alınmamıştır.

$n_1=3$ ile Paschen serisinin, $n_1=4$ ile de kızılötesi bölgedeki Brackett serisinin dalga boyları elde edilir. Bohr denkleminin türetilmesinden ancak üç yıl sonra deneylerle bulunmuş olan uzak - morötesi bölgedeki Lyman serisinin dalga boyları ise $n_1=1$ ile elde edilir.

Bu değinmeler, tümdengelimli türetilmiş (V.3) denkleminin alışılmışın dışındaki verimliliğini belirtir. Buna bağlı olarak okuyucu, nicem fiziğinin gelişimini ders kitaplarında bulacaktır.

(V.3) denkleminin tümdengelimli türetilmesinde Bohr tarafından kullanılan öncüller asla kendiliğinden anlaşılamaz. Çalışma varsayımında Bohr, şu postulatları kullanmıştır :

a) Hidrojen atomunda elektronun dönmesi ve çekirdek için, $nh/2\pi$, $(n=1,2,...)$ dönme itkili kusursuz yörüngeler vardır.

b) Işık yayımı, elektronun bir yörüngeden bir ötekine geçişiyle sağlanır.

c) Burada yayımlanan ışımanın sıklığı, $\Delta E = h\nu$ enerji değişimi bağıntısıyla verilir.

2. Bir sıvı, (r-yarıçapı L-uzunluğu karşısında küçük olan) bir kılcal boyunca bastırıldığında, Hagen[3]'e (1839) ve Poiseuille[4]'e (1846) göre, ΔP-basınç düşmesi birim zamanda akan V-sıvı hacmiyle ve L-uzunluğuyla doğru orantılı, r-yarıçapının 4. kuvvetiyle ters orantılıdır :

$$\Delta P = P_1 - P_2 = C \frac{V L}{r^4} \qquad (V.5)$$

Burada, P_1 kılcalın girişindeki, P_2 ise çıkışındaki basınçtır. C sabitinin değeri maddeden maddeye değişir ve verilen bir madde için de sıcaklığın bir izlevidir. İlgili madde için C sabitinin değeri, verilen sıcaklıkta, ona uygun olarak verilen V,* L* ve r* değerleriyle deneysel olarak belirlenmişse, (V.5) denklemi, verilen V, L ve r değerleri için basınç düşmesi üzerine bir öndeyiyi olanaklı kılar.

(V.5) denkleminin kurulmasında basınç düşmesinin bir yandan V ile, öte yandan da L ile orantılı kabul edilmesi akla çok yakındır. Böylece, ΔP-nin V ve L ile orantılı olduğunu deneysel olarak göstermek için bir bakıma az sayıda deney gereklidir. Ama, akla yakınlık incelemeleri yoluyla basınç düşmesinin, kılcalın r-yarıçapına bağlılığı önceden söylenemez. Burada uzun uzadıya bir dizi ölçümler gerekir. Hagen ve Poiseuille'ün deney verilerinden basınç düşmesinin ilkin yaklaşık olarak r-nin dördüncü kuvvetiyle ters orantılı olduğu sonucu çıkar. (V.5) denklemindeki üs olan 4-den yana bir karar; yasanın «yalın» olduğu, yani r-nin tamsayılı bir üssünün 4-e yakın bir orandışı değerden daha olasılı olduğu varsayımına dayanır.

Öte yandan Wiedemann [5] (1856) ve Hagenbach [6] (1860) tümdengelimli olarak şu denklemi türetmişlerdir :

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{8 V L \eta}{\pi r^4} \qquad (V.6)$$

Burada η, sıvının dirik akmazlığıdır. (V.6) denkleminin türetilmesi şu öncüller eşliğinde sağlanır :

a) Sıvının çizgisel hızı kılcalın çeperinde sıfıra eşittir.

b) Sıvının her bir hacim öğesi, kılcalın eksenine dik değil koşut olarak devinir.

c) Durağan koşullar altında yüzey birimi başına kayma kuvveti, akış doğrultusuna dik olan hız bayırgısıyla doğru orantılıdır.

Bu öncüllerden, basınç düşmesinin, yarıçapının 4. kuvvetiyle ters orantılı olduğu kabulü kolayca ortaya

çıkar ve de (V.5) denkleminde r-nin üssü için orandışı bir değerin konması kabulü ortadan kalkar.

(V.6) denklemi ilkin sıvılar, yani hacimleri pratik olarak basınçtan bağımsız olan akışkan maddeler için geçerlidir. Gazlar için (V.6) denklemi ancak, ΔP basınç düşmesi kılcalın giriş ya da çıkışındaki basınç değeri karşısında küçük olduğunda geçerlidir. İdeal gaz durumunda, adı geçen son koşuldan bağımsız bir denklem, (V.6) denkleminin diferansiyel biçimde

$$-\frac{dP}{dL} = \frac{8 V \eta}{\pi r^4} \qquad (V.7)$$

ve de ayrıca genel gaz denkleminin

$$P.V = n.R.T \qquad (V.8)$$

yazılmasıyla başarılır. Burada, n : mol sayısı, R : genel gaz sabitidir. (V.8) denkleminden, zaman birimi başına hacimsel akış hızı için :

$$V = \frac{n R T}{P} \qquad (V.9)$$

bağıntısı elde edilir. Burada, n : zaman birimi başına mol cinsinden akıştır. (V.9) denklemi (V.7) denkleminde yerine konup, amaca uygun olarak düzenlenirse :

$$-P\ dP = \frac{8 n \eta R T}{\pi r^4} dL \qquad (V.10)$$

elde edilir.

Girişte P_1 ve çıkışta P_2 ile kılcalın tüm uzunluğu üzerinden integral alarak

$$\frac{1}{2}(P^2_1 - P^2_2) = \frac{8 n \eta R T}{\pi r^4} L \qquad (V.11)$$

elde edilir.

Temelde, (V.11) denklemindeki genel biçimli bir bağıntı, tümevarımlı olarak da elde edilir. Bu amaçla ilkin, verilen n ve P_1 değer çifti için P_2 değeri belirlenir ve ardından P_1, P_2 ve n büyüklüklerini birbirine bağlayan bir denklem aranır. Basınçların kareleri farkının $(P^2_1 - P^2_2)$, zaman birimi başına n-mol akışı ile orantılı olduğu asla kendiliğinden anlaşılamadığından, «kuram» kullanılmadan bu denklemin bulunması kolay değildir. Bu nedenle (V.11) denkleminin tümdengelimli türetilmesinin yararları açıktır.

Verilen boyutlardaki bir kılcal boyunca yüksek akış hızlarında ΔP gerçek basınç düşmesi, (V.5) ya da (V.6) denklemine göre bulunan değerden daha büyüktür ve artık V ile orantılı olmayıp onunla hızlıca artar. Bu bulgu nedeniyle, (V.5) denklemi yardımıyla bir ölçüde küçük akış hızları için bulunan verileri, yüksek akış hızlarına uzandırmak olanaksızdır. Yani tümevarımla elde edilmiş (V.5) denklemi, yalnızca belirli sınırlar içinde geçerlidir. Aynı şeyi tümdengelimli türetilmiş (V.6) denklemi de reddeder. Şurası açıktır ki, kuramsal türetme koşulları yüksek akış hızlarında artık yerine getirilemez. Ek deneyler göstermiştir ki, yüksek akış hızlarında sıvının hacim öğesi kısmen çepere doğru, kısmen de kılcalın eksenine doğru devinir, yani kargaşma durumu ortaya çıkar. Buna karşılık olarak (V.11) denklemi, yüksek akış hızlarındaki gazlar için de geçerli değildir. Öte yandan, eğer gaz moleküllerinin ortalama serbest yolları r-yarıçapına oranla artık küçük değilse ve böylelikle de (V.5) denkleminin tümdengelimli türetilmesinde kullanılan öncüller geçersizse, düşük basınç bölgesinde (V.11) denklemi geçerli değildir.

2. Tümevarımın tasımı

Genel önermeler, özel ayrı durumlar üzerine olan önermelerin eldesinde kullanılabilirler.

(1) P türünden tüm nesneler R özelliğine sahiptirler.

(2) Q nesnesi P türünden bir nesnedir.

(3) Öyleyse Q nesnesi R özelliğine sahiptir.

Bu tasım apaçıktır. (1) ve (2)-deki önermeler doğru olduğunda (3)-de elde edilen önerme ancak o zaman inandırıcıdır. Şu uyarı Helmholtz'dan kaynaklanır[7]: «Kesin olmayan bir öncülden en temiz mantıksal yöntemle bir sonuç kazanıldığında, sonuç kıl payı kadar güvenirlik ya da değer kazanmaz».

P türünden sınırlı sayıda nesneler bulunduğunda ve tüm bu nesneler için (1) önermesinin geçerliği deneysel olarak kanıtlandığında, Q nesnesi de deneysel olarak incelenmiş olur. Bu durumda artık, daha önce bilinen (3) önermesi elde edilmez.

Eğer Q nesnesinin R özelliğine sahip olduğu deneysel olarak henüz bilinmiyorsa, yukardaki tasım ancak o zaman bulgusal açıdan değerlidir. (1) önermesi sonlu sayıdaki gözlemler yardımıyla genelleştirilmiş tümevarımla elde edildiğinde, yukardaki genel biçimli (1) önermesi kesenkes doğrudur anlamına gelmez ve böylece de buna dayanan bir (3) önermesi yanlış olabilir. Bunu açıklamak üzere şu örnek verilebilir. 1962 yılına dek tüm deneyler soy gazların (helyum, neon, argon, kripton, ksenon) öteki elementlerle bileşikler vermediğini göstermiştir. (1) öncülü olarak yukardaki tasımda bu bulgu kullanılırsa, soy gaz ksenonun flüorla hiçbir bileşik oluşturmadığı sonucu çıkar. Bununla birlikte, 1962'den beri

soy gazların öteki elementlerle, özellikle flüorla olan bileşikleri (örneğin KrF_2, XeF_2, XeF_4, XeF_6)[8,9] bulunmuştur. Ksenonflüorürler 25°C'da hem katı hem de gaz durumda termodinamik kararlıdır. Böylelikle önceden kullanılmış olan, soy gaz bileşiklerinin var olmayışı öncülü doğru değildir.

Wiedemann ve Hagenbach'ın kuramsal türetilmiş denkleminin gösterdiği gibi, tümdengelimle elde edilen bir önerme de geçerlik sınırlarına sahip olabilir. Başka bir örnek olarak, bağıl hızların ışık hızı karşısında artık küçük olmadığı durumda, klasik mekanik denklemlerinin geçersizliği verilebilir.

Her ne kadar tümevarım ya da tümdengelimle kazanılmış genel önermeler ilkin gizli sınırlara sahiplerse de, genel önermelerin pratik önemi yukardaki tasımla kestirilemez.

3. Eğitsel sorunlar

Doğabilimlerinin çoğu alanlarında araştırıcılar, olabildiğince tümdengelim yöntemine eğilim gösterirler. Benzer biçimde, incelemede olanaklı pek çok önermeleri tümdengelimli türetmek ve bunu izleyerek bu önermelerin doğruluğunu ve erimini deneysel sonuçlar yardımıyla özel koşullar ya da özel madde sistemleri için açıklamak eğilimi vardır. Çoğu durumlarda bu türden bir işlem öğrenciyi, verilen bir zaman içinde inceden inceye düzenlenmiş, olanaklı pek çok gerçekle tanışık kılar. Bunun yararları açıktır. Bununla birlikte bu tür işlemde kullanılan öncüllerin, yerinde bir terimle «dogma» olarak ve öğrencinin karşı çıkamıyacağı bir biçimde sunulması sakıncası vardır. Burada öğrenci haklı olarak, çıkış noktasında niçin başka öncüllerin değil

de bu öncüllerin kullanıldığını, bir yanıt aramadan sık sık sorar.

Gerçekte bir tümdengelim için yararlı öncüllerin sokulması, genellikle uzun bir öngeçmişe sahiptir. Bir kere, çoğu durumlarda öncüllerin sunumu için değerli ipuçlarını veren ayrı gerçekler bilinmektedir. Öte yandan ise, çoğu tümdengelimli türetmeler hemencecik son geçerli biçiminde değil de adım adım oluşur. Bu nedenle öğrenci, eğer uygun kısaltılmış biçimde tümdengelimli bir türetmenin gelişimini biliyorsa, ancak o zaman tümdengelimli bir türetmeyi «anlayacaktır».

Kılcal boyunca bir sıvının akışındaki basınç düşmesi için, (V.6) denkleminin tümdengelimli türetilmesi durumunda kullanılan öncüller bir ölçüde yalındırlar ve uzunca bir temellendirme olmadan yürütülebilirler. Özel deney sonuçlarının tartışılmasında, öncüllerin deneysel sonuçlar yardımıyla ya da özel ek deneyler yardımıyla ne denli denetlenebileceği üzerinde konuşulabilir.

Bohr'a göre hidrojen çizgilerinin dalga boyları için (V.3) denkleminin tümdengelimli türetilmesi durumunda ise, öncüller hiçbir yoldan anlaşılır değildirler. Çıkış noktası, Rutherford'a göre hidrojen atomu modelidir (artı birim yüklü yarı-nokta biçimli ağır atom çekirdeği, eksi birim yüklü yarı-nokta biçimli elektronlar). Bu model, α-taneciklerinin hidrojen gazı içinden geçirilmesindeki saçılmalarıyla ilgili deneylerin sonuçlarına dayalıdır. Çember ya da elips biçimli elektron yörüngeleri kabulü, gökbilimi alanındaki deneyim ve yasaların öykünülmesiyle ortaya çıkmıştır. Kusursuz elektron yörüngelerinin kabulü ve de ışımanın yalnızca kusursuz bir yörüngeden öteki bir kusursuz yörüngeye geçişinde yayımlandığı kabulü yenidir ve önceden konmamıştır.

Üçüncü öncül (enerji değişimi=h ν), uzun bir öngeçmişe sahiptir (Planck'ın ışıma yasası, spektral terimlerin sokulmasıyla Ritz'in birleşme ilkesine göre spektral çizgilerin sıklığının hesaplanması, Einstein tarafından metallerden elektronların ışılyayımı için deney sonuçları ve yorumlanması).

Öğrencinin, tümdengelimli bir türetmenin öncüllerini kavramaya yöneltilmesi, küçümsenecek bir eğitsel sorun değildir. Ve yine, çeşitli çıkış noktaları olanaklıdır. Öncüllerin amaca uygun olarak, gerçek tarihsel gelişimin öykünülerek yürütüldüğü (örneğin filojiston kuramı gibi, dolambaçlı ve çıkmaz yolların bir yana atılması ile) durumlar da vardır. Eğer bir öğrenci özlü olarak bir bilim dalının tarihsel gelişimini biliyorsa, onun ancak o zaman iyi bir kavrayışa eriştiği söylenebilir - tıpkı ana rahminde bir hücreden bugünkü canlı varlığa dek, kısa bir zaman aşımında tarihsel gelişiminin bellibaşlı basamaklarını aşarak geçen bir embriyon gibi (soyoluş temel yasası).

Termodinamik sıcaklık ölçeğinin ve suyun üçlü noktasındaki T=273,16 K tanımının ön - hazırlaması olmadan dersin yürütülmesinin pratikçe olanaksız olduğu açıktır. Eğer önceden gaz termometresi yardımıyla sıcaklıkların ölçümü açıklanmışsa, ancak o zaman ikinci temel yasanın ve ona dayanan termodinamik ölçeğin anlaşılması olanaklıdır. Ve yine, suyun üçlü noktasındaki T= 273,16 K tanımı tarihsel bir tanıtımı gerektirir. Yoksa, öğrenci bu tanımda herhangi bir başka sayı, örneğin 1 ya da 100 yerine niçin 273,16 sayısının göründüğünü hayretle soracaktır.

Öteki durumlarda sunumlar, tarihsel gelişimden bağımsız olarak özel önemdeki deney sonuçlarına dayalı

belirtiler yoluyla temellendirilir. Bu durum, örneğin «atom», «molekül», «elektron» ve «iyon» gibi kavramların sokulmasında geçerlidir.

Etki niceni olan h-nın sokulmasında, ayrıntıları hesaba katmaksızın 1900 yılında Planck tarafından genel ışıma yasasının formüllendirilmesini çıkış noktası olarak almak amaca uygun görünmektedir. Metallerden elektronların ışılyayımının deneysel sonuçları yardımıyla enerji niceelerinin kabulü, öğrenciye oldukça kolay yaptırılabilir. Örnek olarak Westphal[10]'ın ders kitabındaki gösterimi verilebilir. Buna göre boşlukta bir metal yüzeyinden dışarı çıkan elektronların en yüksek kinetik enerjisinin [$E_{kin\ (max)}$], ışık yeğinliğinden bağımsız olduğu ve ışığın ν-sıklığının çizgisel bir izlevi olduğu deneysel olarak bulunmuştur:

$$E_{kin\ (max)} = C\ (\nu - \nu_0) \qquad (V.12)$$

Burada ν_0, kullanılan metal için özgün bir sınır sıklığı olup bunun altında hiçbir elektron yayımlanmaz. Buna karşın C sabiti, metalin doğasından bağımsızdır. $E_{kin\ (max)}$ enerjisinin ışık yeğinliğinden bağımsızlığı ilkin beklenmedik bir şey gibi gelir. Einstein'e göre, metaldeki ayrı niceler durumundaki elektronların ışık enerjisinin $h\nu$ büyüklüğünde olduklarından yola çıkarak

$$E_{kin\ (max)} = h\nu - E_{pot} = h\,(\nu - \nu_0) \qquad (V.13)$$

eşitliği yazılır. Burada, h: Planck sabiti, $E_{pot} = h\nu_0$: bir elektronun boşluktaki ve metal içindeki potansiyel enerjileri farkıdır. Benzer biçimde, (V.13) denklemi x-ışınları yoluyla elektronların yayımı için de geçerlidir ve de yalınlaştırılmış biçimde şöyle yazılır:

$$(\text{eğer } \nu \gg \nu_0 \text{ ise}):\ E_{kin\ (max)} = h\nu \qquad (V.14)$$

KAYNAKLAR

1. J. J. Balmer, *Ann. Physik* (3) 25, 80 (1885)
2. N. Bohr, *Phil. Mag.* (6) 26, 1 (1913)
3. G. Hagen, *Poggendorffs Ann. Physik* 46, 413 (1839)
4. J. L. M. Poiseuille, *Mem. Savants Etrangers* 9, 433 (1846)
5. G. Wiedemann, *Poggendorffs Ann. Physik* 99, 221 (1856)
6. E. Hagenbach, *Poggendorffs Ann. Physik* 109, 385 (1860)
7. A. Fischer, *Bilimsel Bilginin Felsefî Temelleri (Die philosophischen Grundlagen der wissenschaftlichen Erkenntnis)*, 2. Baskı, S. 46, Springer Verlag, Wien, 1967, adlı eserden alıntı.
8. *Gmelin'in Anorganik Kimya Elkitabı (Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie)*, Genişletilmiş 8. Baskı, Cilt. 1; *Soy Gaz Bileşikleri (Edelgasverbindungen)*, Verlag Chemie, Weinheim/Bergstrasse, 1970.
9. H. G. Horn, *Chemiker-Zeitung* 94, 600 (1970).
10. W. H. Westphal, *Fizik (Physik)*, 25/26. Baskı, S. 575-577. Springer-Verlag, Berlin, 1970.

VI. ÇÖZÜMSEL DÜŞÜNME ve BİREŞİMSEL DÜŞÜNME

Tümevarımın ve tümdengelimin yanında daha başka türden düşünme biçimleri de vardır. Bunlardan özel önemde olanları, çözümsel düşünme ve bireşimsel düşünmedir.

Şifreli bir konunun çözümlenmesi, çözümsel düşünmenin tipik bir örneğidir. Fizik ve kimya alanında şu ödevler verilebilir :

1. Yarılanma süresinden ve de yayımlanan ışımanın doğası ve enerjisinden yola çıkarak, ışınetkin parçalanma sırasındaki her bir atom türünün nitelenmesi.

2. Nötronların uranyum atomlarıyla tepkimesinde parçalanma ürünlerinin tanılanması. Bu bağlamda Halın ve Strassmann[1,2]'ın, uranyumun parçalanmasına ilişkin temel çalışmalarından sözedilebilir.

3. X- ya da elektron - ışınları kırınımının gözlenmesinden bir kristalin yapısının eldesi.

4. Organik kimyanın klasik yöntemlerine göre hormon ya da enzim gibi doğal bir organik maddeyi adım adım parçalayarak yapısının aydınlatılması, morötesi spektroskopisi, kızılötesi spektroskopisi, mıknatıssal çekirdek yankılaşımı vb. gibi fiziksel inceleme yöntemlerinin kullanılmasıyla COOH, OH ya da NH_2 gibi özgün işlevsel grupların eldesi.

Yukardaki örneklerin tümünde ortak yan, tek bir madde ya da madde sistemi içindeki bağıntıların çözümlenmesidir. Buna karşıt olarak, belirli bir araştırma alanı içinde düşünsel açıdan olanaklı tüm durumların kavranması ve yine, bir gözlem dizisinde, bir madde içinde ya da bir madde sistemi içinde öncelikle düşünsel olarak kavranmış hangi olanağın gerçekten varolduğuna karar vermek için, deneysel ölçütlerin en son biçimiyle sergilenmesi, bireşimsel düşünmenin tipik bir örneğidir.

Her ne kadar tüm düşünsel olanakların kavranması son amaç ise de, adım adım ileri gitmek ve ilkin düşünsel olanakların yalnızca bir kısmını dikkate almak uygun olabilir. Bu tür bir kısmi kavrayış çoğu durumlarda, ayrı gözlemleri eşgüdümlemek ve yeni görüngüleri öndeyilemek açısından değerlidir. Genelden büsbütün vazgeçiş, bir ölçüde, önceden kavramlaştırılmış çerçevenin dışında da ayrı durumların ortaya çıkabileceği anlamına gelir. Ama bu açık eksiklik çoğu kez, önceden kavramlaştırılmış çerçevenin daha iyi bir kavranabilirliğinin üstünlüğüyle denkleşir. Özellikle Hartmann[3]'ın değindiği gibi, tüm düşünsel olanakların kavranmasına dek olan her bir basamakta, çözümsel ve bireşimsel düşünme ve de tümevarım ve tümdengelim çoğu kez sıkı bir biçimde içiçe geçmiştir.

Yukarda anlatılanlar şu örneklerle kavranabilir :

1. Friedrich, Knipping ve von Laue (1912) tarafından bir kristal yapısının ilk belirlenmesinden yaklaşık 20 yıl önce, bireşimsel düşünme yoluyla Sohnke, Schönflies, Feodorow ve öteki araştırmacılar, kristallerin olanaklı uzay örgülerinin eksiksiz bir sistematiğini geliştirdiler. Olanaklı kristal örgüsünün sistematiği, tipik bir çözümsel ödev olarak x- ya da elektron-ışınları kırınımının gözlenmesinden, verilen bir kristal içindeki atom ya da iyonların nokta durumlarının eldesi için önemli bir temeldir.

2. Metallerdeki ve iyonsal kristallerdeki yarı-nokta biçimli kusur yerlerinin bireşimsel düşünme yoluyla elde edilmiş bir sistematiği, çözümsel ödev olarak seçilen sistemin deneysel incelenmesi ve ilkin yalnızca düşünsel kavramlaştırılmış kusur yerlerinin gerçekten ortaya çıkışının kanıtlanması için önemli bir çıkış noktasıdır. Aşağıdaki değinmeler iyonsal kristallere özgüdür:

a) AB formülündeki bir kristalde temel olarak atomların ağırlık merkezlerinin, altı çeşit yarı-nokta biçimli kusur olanağı vardır: Ara örgü yerlerindeki A ve B atomları ya da iyonları, A ya da B-nin kısmi örgüsündeki boş yerler, B kısmi örgü yerlerindeki A atomları ya da iyonları, A kısmi örgü yerlerindeki B atomları ya da iyonları[4]. Bir A^+B^- iyonsal kristali durumunda enerjiye değgin nedenlerden ötürü B^- iyonlarının kısmi örgü yerlerindeki A^+ iyonlarının ve de A^+ iyonlarının kısmi örgü yerlerindeki B^- iyonlarının varlığı pratikçe ortadan kalkar. Schottky[5]'ye göre kristalin iç termodinamik dengesindeki her bir kusur yerinin derişimleri, üç bağımsız kusur tepkimesinin kütle-etkisi sabitleriyle ya da bu tepkimelerin, büyüklükleri kendi başına örgü modeli yardımıyla kestirilebilen entalpi ve entropi değişimlerinin standart değerleriyle belirlenir.

Elektriksel yansızlık nedeniyle ideal stökiyometrik bileşimli bir iyonsal kristal içinde en azından iki farklı türden kusur yeri bulunmalıdır. Özellikle yalın sınır durumları, başlıca yalnız iki tür kusur yerinin ortaya çıktığı dizgelerdir:

Tür I: Ara örgü yerlerindeki katyonlar ve katyon kısmi örgüsü içindeki boş yerler.

Tür II: Ara örgü yerlerindeki anyonlar ve anyon kısmi örgüsü içindeki boş yerler.

Tür III: Ara örgü yerlerindeki katyonlar ve anyonlar.

Tür IV: Katyon ve anyon kısmi örgüleri içindeki boş yerler.

Yukardaki sistematik asla tam değildir, çünkü örneğin, ikili boş yerler gözönüne alınmamıştır. Ve yine, iyonsal kristallerde tamsayılı stökiyometrik bileşimden sapmalarla, belirleyici bir rol oynayan aşırı elektronlar ve eksik elektronlar da aynı derecede az gözönüne alınmıştır (karşl. aşağısı).

İyonsal kristallerdeki olanaklı nokta kusurları sistematiğinin gerekli ölçüde daha ileri düzeyde geliştirilmesine zarar vermeden, her bir bileşik içinde çeşitli sıcaklıklardaki kusur merkezleri derişimlerini belirlemek ve denetlemek ödevi, yukarda verilen kusur türlerinin yapı içinde ne denli gerçekleşmiş olduklarını verir. Örneğin AgBr ya da KCl içindeki kusurlu düzenlenmiş iyonların belirlenmesi, tipik bir çözümsel ödevdir. Bu ödevin çözümü, örneğin AgBr içinde ($+CdBr_2$), AgBr içinde ($+Ag_2S$), KCl içinde ($+SrCl_2$), KCl içinde ($+K_2O$) olmak üzere çok-türel katkıların geliştirilmiş oldukları iyonsal kristallerdeki kusur görüngülerinin ilkin arı-dü-

şünsel bir sistematiği yoluyla hazırlanmıştır. Kusurlu düzenlenmiş iyonların kesri kesin olarak, örneğin sirke asiti gibi, sulu çözeltideki bir elektrolitin ayrışma derecesine karşılık gelir. 1887'de Arrhenius ve Ostwald tarafından bir asitin ayrışma derecesinin iletkenlikten ve iyon devingenliğinden nasıl elde edilebildiği gösterilmiştir. Kohlrausch ve Heydweiler (1894) bu yolla suyun ayrışma derecesini bulmuşlardır. Benzer yöntem iyonsal kristallerin kusur derecesini belirlemede uygulanabilir. Bir kusur merkezinin devingenliğinin belirlenmesindeki temel düşünce, aşağıdaki örnekler yardımıyla kavranabilir. AgBr içindeki bir katyon boşluğu yerinin devingenliğini belirlemek için AgBr'nin küçük nicelikte $CdBr_2$ katkılı bir karışık kristalinin iletkenliği ölçülür. İki Br^- iyonunun katılmasında yalnızca bir katyon geldiğinden, arı gümüş bromürde katkı niceliği kusur derişimleri karşısında büyük olduğunda, karışık kristaldeki bozulmamış anyon örgüsünde bir $CdBr_2$ molekülünün katılmasıyla her zaman bir katyon boşluğu bulunur. Ölçülen iletkenlikten ve $CdBr_2$ katkısıyla sağlanan katyon boşluk yerleri derişiminden, katyon boşluk yerlerinin devingenliği elde edilebilir. Aynı şekilde, temel olarak Ag_2S katkısıyla AgBr-deki iletkenlik ölçümlerinden, ara örgü yerlerindeki gümüş iyonlarının devingenliği bulunabilir. Katışıksız AgBr-nin iletkenliğinden ve ara örgü yerleri ile gümüş iyonları boşluk yerlerindeki gümüş iyonlarının devingenliğinden :

$$\begin{pmatrix}\text{Ara örgü yerlerindeki}\\ \text{gümüş iyonları derişimi}\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\text{Katışıksız AgBr - deki}\\ \text{gümüş iyonları boşluk}\\ \text{yerleri derişimi}\end{pmatrix}$$

eşitliği elde edilir.

b) Yukardaki sunumlar, metal ya da ametalin önemli bir aşırısının olmadığı iyonsal kristallere ilişkindir. Me-

tal ya da ametal aşırısının varlığında iyonsal kristallerdeki görüngüler daha az önemli değildirler. 1907'den 1912 yılına dek Bädecker, iyot buharının etkisinde CuI'nin elektriksel iletkenliğinin değişimi üzerine ayrıntılı incelemeler yapmıştır. Bu incelemeler yoluyla CuI içindeki bakırın iyota oranın belirli sınırlar içinde değişken olduğu ve elektriksel özelliklerin, tamsayılı stökiyometrik bileşimden olan sapmalara önemli ölçüde bağlı olduğu gösterilmiştir. Aynı şey, özellikle metal fazlalıklı alkali halojenürler için de geçerlidir. Benzer sonuçlar Cu_2O, FeO, ZnO gibi oksitlerde ve Ag_2S, PbS gibi sülfürlerde de elde edilmiştir [7].

Daha önce adı geçen incelemelerdeki her bir sonucun kullanılmasıyla, özellikle aşırı elektronlar, anyon boşluk yerindeki (=F merkezi) aşırı elektronlar, eksik elektronlar ve de karşıt elektrik yüklü nokta biçimli örgü kusurlarının birleşmiş oluşumları gibi daha başka türden nokta biçimli kusur yerleri de kavramlaştırılmıştır.

Burada da amaca uygun olarak her bir durumda, yalnızca iki ya da üç tür kusur yerinin belirleyici oldukları sınır durumları ya da türlerinin yaratılması durumu ortaya çıkar. Örneğin Zn fazlalıklı ZnO'da ara örgü yerlerindeki Zn^+ iyonları ve aşırı elektronlar pratikçe eşit derişimdedir. Bundan başka, metal yoksunluklu (=brom fazlalıklı) AgBr'de ara örgü yerlerindeki Ag^+ iyonları ve katyon boşluğu yerleri pratikçe eşit derişimdedir; bunun yanısıra elektronsal kısmi iletkenliği belirleyen eksik elektronlar, bir bakıma küçük derişimdedir.

Kröger ve Vink [8] bunun için termodinamik denge koşullarının bir sistemini geliştirdiler. Sıcaklığın (ve top-

lam basıncın) yanında ametalsel bileşenlerin kısmi basıncı önemli bir termodinamik değişken olarak görünmektedir. Bu temele dayalı olarak geliştirilmiş diyagramlar, bir iyonsal kristaldeki çeşitli türden kusur merkezlerinin derişimlerini, devingenliklerini ve iletkenliğe olan katılımlarını bir bakıma az sayıdaki ölçme verilerinden, uygun termodinamik değişkenlerin izlevi olarak türetmede ve kuşbakışı olarak göstermede özel öneme sahiptir.

Her bir türün arasında geçiş bölgeleri vardır (karşl. Bölüm II). Özellikle, ametalsel bileşenlerin (örneğin oksijenin) kısmi basıncı gibi, belirleyici termodinamik değişkenler açıkça formüllendirilmeden de, sınır durumları için geçerli düzenliliklerin «birlikte köreltilmesi» yoluyla iki tür arası geçiş bölgesindeki elektriksel iletkenlik gibi önemli özellikler üzerine nitel önermeler olanaklıdır.

İkili iyonsal kristallerin incelenmesinde kazanılmış olan deneyimlerin kullanılmasıyla, ilgili termodinamiksel ve elektriksel incelemeler için çıkış noktası olarak özellikle spinellerde, örneğin $CoFe_2O_4$'de olmak üzere, üçlü iyonsal kristallerdeki kusur görüngülerinin bir sistematiği geliştirilmiştir [9,10].

Gelişimin her iki basamağı, ilkin yalnızca kısmi bölgelerin işlenmiş olduğunu ve bunun üstüne kurgulanarak sistematiğin adımsal olarak genişletilmiş olduğunu göstermek için bilerek biraz ayrıntılı sunulmuştur.

3. Kristallerde bireşimsel düşünme yoluyla geliştirilmiş «basamak biçimi çıkık» ve «vida biçimi çıkık» kavramları, metallerin mekanik zorlanmasında kayma ile şekil bozulumu görüngüsünün anlaşılması için önemli bir çıkış noktasıdır. Ancak bu kavramların düşünsel

olarak kavramlaştırılmasından sonradır ki çıkıkları, elektron mikroskopisi incelemeleri yardımıyla «görünebilir» ve böylece de sayılabilir yapmak olanaklı olmuştur.

4. Boyarmadde ya da tıbbi madde olarak bir pazar değerine sahip organik bir bileşiği üretmek için, olabildiğince kapsamlı bir patent-korumanın elde edilmesi amacıyla, bu konuda olanaklı tüm üretim yöntemlerinin düşünsel olarak bir araya getirilmesi amaca uygundur. Bu yolla ekonomik açıdan en uygun üretim sürecinin geliştirilmesi için veriler hazır bulundurulur.

Teknik bir sorunun çözümü için olanaklı tüm yolların bir araya getirilmesinin önemi, özellikle Zwicky[15] tarafından üzerine basılarak vurgulanmıştır. «Bireşimsel düşünme» deyimi yerine Zwicky'de «biçimbilimsel yöntem» deyimi, çözüm olanaklarının geometrik canlandırımındaki çeşitliliğin tam olarak kapsanması anlamını bulur. «Biçimbilimsel yöntemin» kullanılma olanaklarını Zwicky, gökbiliminde ve uzay yolculuğundaki araştırma çalışması ve buluşsal uğraşı örneklerinde vermiştir.

KAYNAKLAR

1. O. Hahn ve F. Strassmann, *Naturwissenschaften* 37, 11, 89, 163, 451, 529 (1939).
2. O. Hahn, *Radyotoryumdan Uranyum Parçalanmasına (Vom Radiothor zur Uranspaltung)*, Friedr. Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1962.
3. M. Hartmann, *Doğabilimlerinin Fiziksel Temelleri (Die physikalischen Grundlagen der Naturwissenschaften)*, 2. Baskı, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1959.
4. C. Wagner ve W. Schottky, *Z. physik. Chemie, B* 11, 163 (1930).
5. W. Schottky, *Z. physik. Chemie, B* 29, 335 (1935).
6. E. Koch ve C. Wagner, *Z. physik. Chemie*, 38, 295 (1937).

7. F. A. Kröger, *Mükemmel Olmayan Kristallerin Kimyası (The Chemistry of Imperfect Crystals)*, Nort-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1964.
8. F. A. Kröger ve H. J. Vink, *Solid State Physics, 3,* 307 (1956).
9. H. Schmalzried ve C. Wagner, *Z. physik. Chem. N. F. 31,* 198 (1962).
10. H. Schmalzried, *Progress in Solid State Chemistry,* 2, 265 (1965).
11. U. Dehlinger, *Ann. Physik, (5) 2,* 749 (1929).
12. E. Oronwan, *Z. Physik,* 89, 605, 614, 634 (1934).
13. M. Polanyi, *Z. Physik,* 89, 660 (1934).
14. G. I. Taylor, *Proc. Roy. Soc. (London)* A 145, 362, 389 (1934).
15. F. Zwicky, *Biçimbilimsel Dünya Tablosunda Keşifler, Buluşlar, Araştırmalar (Entdecken, Erfinden, Forschen im morphologischen Weltbild),* Droemer-Knaur, München, 1966.

VII. DENEYLER

1. Genel

Her türden doğabilimsel araştırmanın başlangıcında gözlemler bulunmaktadır. İlk aşamada gözlemler çoğu kez rastlantısal dış etkenler yoluyla az ya da çok oranda sınırlı koşullar altında yapılır. Fizik ve kimya alanında özgün bir araştırma, ancak gözlem koşulları bilinçli seçildiğinde ve sistematik olarak değiştirildiğinde başlar. Bu tür koşullar altındaki gözlemler, bu bölümün anlamındaki «deneylerdir». Kuşkusuz yerbilimi, havabilimi ve gökbilimi gibi öteki doğabilimsel araştırma alanlarında «deneyler», hemen hemen olanaklı değildir ve araştırma, doğaca belirlenen koşullar altında gözlemlerin değerlendirilmesiyle yapılır. Sınırlı çevre içinde kuşkusuz, model deneyler olanaklıdır. Dirimbilim alanında deneyler önemli bir rol oynarlar. Bunun yanısıra (örneğin insanda soya çekim ve başkalaşım gibi), araştırıcının doğaca belirlenen koşullar altında gözlemlerin değerlendirilmesiyle uğraştığı sorunlar da vardır.

Geçmişte rastlantısal buluşlar bilim alanında hiç de önemsiz olmayan bir rol oynamışlardır. Örnek olarak

Galvani[1] tarafından «hayvansal elektrik görüngülerinin bulunması» ve bunun ardından Volta[2]'nın sürekli elektrik akımı kaynağı olarak galvanik bir pilin yapımına yöneltici incelemeleri anımsatılabilir. Başka bir örnek, ışınetkinliğin bulunmasıdır. 1896 yılında Becquerel[3], bir $K_2SO_4.UO_2SO_4.2H_2O$ kaynağının yakınında, üstü özenle örtülmüş bir fotoğraf levhasının kardığını gözlemiş ve bu gözlemini kısa bir bildiride betimlemiştir. Curie'ler tarafından bunu izleyen çalışmalar, daha sonra doğal uranyumun eşlikçi maddeleri olarak radyum ve aktinyum gibi ışınetkin elementlerin bulunmasına yol açmıştır. Rastlantısal bir buluşun başka bir örneği, Sapper[4] (1892) tarafından, tepkime balonunda bir termometrenin kırılmasından sonra, derişik sülfürik asit içinde naftalinin ftalik asite yükseltgenmesinde civa sülfatın yüksek tezgensel etkinliğinin bulunmasıdır.

Adı geçen üç durumda da çıkış noktası bir «rastlantısal» gözlemdir. Yine de bunlar ancak, onları izleyen sistematik deneyler yoluyla bilimsel önem kazanmışlardır.

Genel olarak söylenebilir ki bugün bilimin ilerlemesi başlıca, «tasarlanmış deneyler» yoluyla belirlenir. «Deneyler» için koşulların amaca uygun olarak seçimi, belirleyici koşulların bilinmiş olmasını ya da önceden sezilmesini gerektirir. Buna göre tam anlamıyla, bir gözlem bütününün kuramsal bilgisi, amaçlanmış deneylerin yürütülmesi için bir koşuldur. Öte yandan deney sonuçları da yine, bir kuramın temelidir. Böylece deney ve kuram, giderek birbiriyle kenetlenmiştir. Örnekler bunu izleyen kesimlerde ve de Bölüm X-da bulunmaktadır.

2. Değişkenlerin denetlenmesi

Kılcal boyunca bir sıvının akışındaki basınç düşmesi üzerine bir denklemin sunumu için (karşl. Bölüm V) basınç düşmesinin ölçülmesinde, kılcalın uzunluğunu, yarıçapını ve de sıvının zaman birimi başına akan hacmini bilmek gerekir. Basınç düşmesi için (V.5) denklemi, yalnızca belirli bir sıvı ve belirli bir sıcaklık için geçerlidir. Nitel gözlemlerden yola çıkarak, genel olarak, sıcaklık ne denli yüksekse bir sıvının o denli kolay «akacağı» söylenebilir. Böylece (V.5) denkleminde verilen yasa durumunun tümevarımlı işlenmesi için, deneylerde sıcaklığın sabit tutulacağı doğal olarak kabul edilir. Ancak o durumda (V.5) denklemindeki C çarpanı bir sabittir.

Öteki durumlarda, bir deneyin sonucu için belirleyici değişkenlerin tanılanması daha karmaşıktır. «Gizli değişkenler» özellikle kimyada ve teknikteki sorunlarda ortaya çıkar. Bu koşullar altında kuram (ve yine geçici bir biçimde), karşılık gelen belirtiler verir. Anlaşılır kılmak üzere şu örnekler verilebilir.

1. Karıştırma işlemi yapmadan su içindeki NaCl kristallerinin çözünme hızının belirlenmesi için zamanın izlevi olarak bir yaylı teraziye asılı levha biçimli NaCl kristalinin ağırlık azalması gözlenebilir[5]. NaCl kristalinin yüzeyi ne denli büyükse, çözünme hızının da o denli büyük olacağı açıktır. Bundan başka, kristali çevreleyen çözeltideki derişim doygunluk derişimine yaklaştığında, çözünme hızının sıfıra doğru gideceği beklenebilir. Öteki tepkime kinetiği deneylerindeki gibi, çözünme hızının sıcaklıkta artması beklenebilir. Olaylara ilişkin bilgiler olmadığında, belirli bir sıcaklıkta bir kap içinde, verilen büyük nicelikteki su içindeki çözünme

hızının, kristal yüzeyi ile orantılı olduğu ve de ince bir kristal levhası durumunda genişlik ve yüksekliğin çarpımı ile orantılı olacağı beklenir. Bununla birlikte bu beklenti gerçekleşmez. Dış karıştırma olmadığında kristal yüzeyi boyunca, doğal ulaşım diye nitelenen durağan bir sıvı akışı oluşur. Doğrudan doğruya kristal yüzeyi üzerinde, ana kısımdaki sudan daha yüksek bir yoğunluğa sahip olan, hemen hemen doygun bir NaCl çözeltisi vardır. Bunun sonucu olarak NaCl yüzeyindeki sıvı, doğrudan doğruya yerçekimi alanında aşağıya doğru akar. Kristalin yukarı ayrıtlarında sürekli olarak pratikçe arı su yalayarak akar. Bu nedenle orada yüzey birimi başına yerel çözünme hızı en büyüktür, çünkü yüzeye düşey olarak çok dik bir NaCl derişim bayırgısı vardır. Dikkatli bir deneyci, yukarı ayrıtın bitişiğindeki kristal levhası kalınlığının, daha aşağıdakine göre, oldukça hızlı bir biçimde azaldığını ve sonunda kama biçimli bir kristalin oluştuğunu gözler. Yukarı ayrıttan oldukça uzakta akan sıvı, NaCl'ce daha çok zenginleşir. Burada NaCl derişim bayırgısı daha küçüktür. Buna karşılık olarak, yüzey birimi başına çözünme hızı yukardan aşağıya doğru azalır. Levhanın toplam yüksekliği üzerinden, adı geçen deney düzeneğinde tartım yoluyla belirlenerek elde edilen çözünme hızı, yalnızca kristal yüzeyiyle orantılı olmayıp ayrıca kristal levhası yüksekliğinin de bir izlevidir. Bağımlılık ayrı ayrı, ya deneysel olarak elde edilir, ya da kuramsal olarak hesaplanır. Doygunluk dengesinin pratik olarak kurulduğu kabul edilerek, doğrudan doğruya kristal yüzeyinde Prandtl'ın sınır katmanı kuramından, yerel çözünme hızının, kristalin yukarı ayrıtından olan uzaklığın 4. kökü ile ters orantılı olduğu sonucu çıkar. Buradan, zaman birimi başına toplam olarak çözeltiye geçen ve terazide gözlenen NaCl niceliğinin, NaCl levhasının geniş-

liği ve yüksekliğin 0,75-inci kuvvetinin çarpımı ile orantılı olduğu sonucu çıkar. Başka bir anlatımla: Çözünme hızı NaCl levhasının yüzeyi ile doğru ve burada kolayca tanılanamayan ek değişken olarak ortaya çıkan yüksekliğin 4. kökü ile ters orantılıdır.

2. Oda sıcaklığında metal oksitlerin σ elektriksel iletkenliği, başlıca geçmişine ve ön-işleme bağlıdır[6]. Örneğin «Cu_2O» için δ değerleri 10^{-10} ile 10^{-2} ohm^{-1} cm^{-1} arasında bulunmuştur. Her zaman için az ya da çok oranda bakır eksikliği var olduğundan, bileşim tam olarak Cu_2O formülüne karşılık gelmez. Buna karşılık olarak da $Cu_{2-\delta}O$ formülü kullanılır. Daha sonraki incelemeler elektriksel iletkenliğin kesin bir biçimde δ bakır eksikliği ile belirlendiğini göstermiştir. Kesin deney sonuçları, 800 ile 1000°C arasında elde edilmiştir. δ bakır eksikliği yalnızca 10^{-3} büyüklük mertebesinde olduğundan, kuşkusuz, bakır eksikliğini sıcaklık gibi değişken olarak ileri sürmek olanaklı değildir. Bunun yerine, çevrede bulunan gaz evresindeki oksijen kısmi basıncı öne sürülebilir. Böylece, verilen bir sıcaklıkta bakır (1)-oksitteki bakır eksikliği, katı evre ile gaz evresi arasında denge kurulur kurulmaz, Gibbs'in evreler kuralı ile açıkça belirlenir. Böylece σ elektriksel iletkenliği ilkin oksijen kısmi basıncının (P_{O_2}) izlevi olarak elde edilir. Ayrıca bakır eksikliği, P_{O_2}-nin izlevi olarak elde edilebilir. Her iki ölçüm dizisinin birleştirilmesiyle, σ iletkenliği δ-nın izlevi olarak da elde edilir.

3. Fosgenin, gaz evresinde 400°C'da

$$COCl_2 = CO + Cl_2 \qquad \text{(VII.1)}$$

denklemine göre parçalanmasında, hızın başlangıçta düşük olduğu, daha sonra arttığı ve dengeye yaklaşıldığında sıfıra doğru azaldığı gözlenir[7,8]. Daha sonraki incelemeler hızın, $COCl_2$'nin kısmi basıncı ve Cl_2'nin kısmi

basıncı karekökünün çarpımıyla orantılı olduğu sonucunu vermiştir. O halde klor, yalnızca tepkime ürünü olmayıp aynı zamanda da bir «öztezgendir». Bu, önceden beklenmiyen bir etkidir. İyi tanımlanmış hızlar, ancak Cl_2 kısmi basıncının bir gizli değişken olarak saptanmasıyla, yani özel olarak Cl_2-ce belirli bir başlangıç içeriğinin önceden verilmesiyle elde edilir. Tanımlı Cl_2 katkısı olmaksızın kökenleri farklı fosgen örnekleriyle yapılan deneyler, bir ölçüde farklı başlangıç hızları verirler.

4. $H_2 + Cl_2 = 2\,HCl$ ışılkimyasal tepkimesinde klor içinde katışkı olarak bulunan oksijen içeriği ne denli yüksekse, HCl'nin oluşum hızı o denli düşüktür[9,10]. Bu, önceden beklenmiyen bir etkidir. Oksijen kısmi basıncı, değeri denetlenmesi gereken gizli bir değişkendir. Tanımlı hızların elde edilmesi için, tepkimeye giren karışım ya tam olarak oksijenden ırak olmalı ya da oksijen içeriği önceden verilmelidir; bunun için karşl. Bölüm XI. 4.

3. Bağımsız ve bağımlı değişkenler

Ölçülen bir z büyüklüğünün, örneğin x ve y gibi bağımsız değişkenlere bağlılığı genel olarak

$$z=f(x,y) \qquad \text{(VII.2)}$$

izlev bağıntısı ile verilebilir. (VII.2) denkleminden

$$x=g(y,z) \qquad \text{(VII.3)}$$

$$y=h(x,z) \qquad \text{(VII.4)}$$

ters bağıntıları elde edilir.

Genel olarak

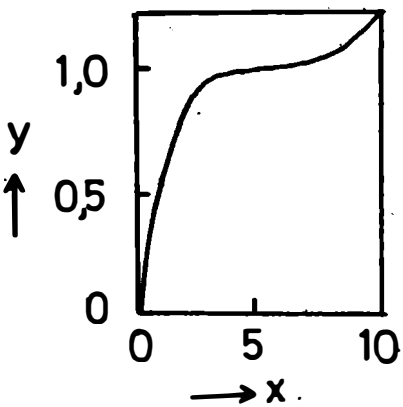
$$F(x,y,z)=0 \qquad \text{(VII.5)}$$

da yazılabilir.

Çoğu durumlarda değişkenlerden biri, ölçme büyüklüğü olarak nitelenir. Örneğin bir alaşımın iletkenliği sıcaklığın, basıncın ve bileşimin izlevi olarak; ya da bir tepkimenin birim zamandaki dönüşüm oranı girdilerin, ürünlerin ve tezgenlerin sıcaklığının ve derişiminin izlevi olarak nitelenir.

Öteki durumlarda bağımsız değişkenler (= önceden verilen deney koşulları) ve bağımlı değişkenler (= ölçme büyüklükleri) değiştokuş edilebilir. Örnek olarak kılcal boyunca bir sıvının akışında basınç düşmesi ile zaman birimi başına akış hacmi arasındaki bağıntı verilebilir. Bölüm V-deki (V.5) denkleminde akış hacmi, büyüklüğü önceden verilen bağımsız değişken olarak görünür. Sonuçtaki basınç düşmesi, ölçme büyüklüğü olarak görünür. (V.5) denklemindeki C orantı sabitini belirlemek için basınç düşmesi açıkça önceden verilebilir ve zaman birimi başına sonuçlanan akış hacmi ya da verilen bir hacim için akış süresi de ölçülebilir.

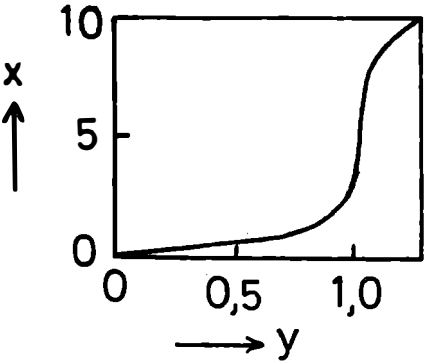
Yukarda adı geçen durumda değişkenlerin değiştokuşunun pek bir önemi yoktur. Ama, x-e karşı y-nin grafiğe geçirilmesinde bir düzlük elde edilirse, durum başka türlüdür (karşl. Şekil VII. 1). x ve y arasındaki



Şekil VII. 1.

$y = (1 - e^{-x}) + 10^{-5} \cdot (e^{x} - 1)$ izlevi için x—e karşı y—nin grafiğe geçirilmesi.

izlevsel bağıntıyı elde etmek için bu durumda uygun bir x değerini önceden vermek ve sonuçlanan y değerini ölçmek gerekir. Böylelikle Şekil VII. 1. deki yatay eğri parçası için ölçüm noktaları elde edilir. Temelde y değerleri önceden verilip, sonuçlanan x değerleri de ölçülebilir. Buna ilişkin grafiksel gösterim, Şekil VII. 2. de bulunmaktadır. Şekil VII. 1. deki düzlüğün yüksekliğine karşılık olan y* değeri değil de, yalnızca



Şekil VII. 2.

Şekil VII.1.e dayanan izlev için y—ye karşı x—in grafiğe geçirilmesi.

$y<y^*$ ya da $y>y^*$ değerleri kesin olarak önceden verilebildiğinden, düşey yükselen eğri kısmı için hiç bir ölçüm noktası elde edilmez ve bu nedenle y* değeri, küçük bir yanılgı payı ile Şekil VII. 2. den okunabilir.

Daha iyi kavramak üzere aşağıdaki örnekler verilebilir:

1. Tanımlı ulaşım koşulları altında bir $CuSO_4$ çözeltisinden bakırın ayrılmasında olduğu gibi, bir metalin katotsal ayrılmasında, E(= —x) elektrot potansiyeli ile i(= y) akım yoğunluğu arasındaki bağıntı, Şekil VII. 1. e karşılıktır. Elektrot potansiyeli bir yandan yayınma (ve ulaşım) yoluyla katoda ulaşan tüm metal katyonlarının ayrılması için yeterince eksi ise, öte yandan da hidrojen çıkışını artık olanaklı kılmıyorsa, düzlüğe kar-

şılık olan «doygunluk akım yoğunluğu»gözlenir. Zorlanmış ulaşım durumunda doygunluk akım yoğunluğu, çözünmüş metal tuzunun derişimi ile orantılıdır. Bir civa damlası üzerinde metal ayrılmasında doygunluk akım yoğunluğunun ölçülmesi, çözeltilerin kolay bir nicel çözümlemesini olanaklı kılar. Bu yöntem «polarografi» adıyla bilinir[11]. Bunda, düzlüğe karşılık gelen i* akım yoğunluğu, olabildiği kesinlikte elde edilir. Böylece bir potansiyelölçer yardımıyla, önceden verilen potansiyelin izlevi olarak i akım yoğunluğu ölçülür.

E-ye karşı i-nin grafiğe geçirilmesinde bir düzlük ortaya çıkmazsa, i değeri önceden verilip sonuçlanan E değeri de ölçülebilir. Eğer i ile E arasındaki bağıntı

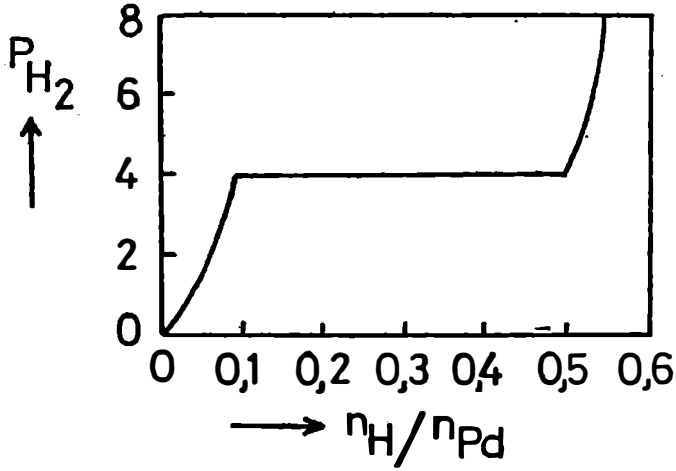
$$\log i = -aE + b \qquad \text{(VII.6a)}$$

ya da buna karşılık olarak

$$i = 10^{b} \cdot 10^{-aE} \qquad \text{(VII.6b)}$$

olarak veriliyorsa, bu yöntemin üstünlükleri vardır. Burada a ve b, sabitlerdir. Bu durum, örneğin bir kurşun elektrot üzerinde katotsal hidrojen çıkışında ortaya çıkar[12].

2. Cam büret ve manometreden oluşan bir Sieverts aygıtında[13] palladyumun 200°C'da hidrojenle yüklenmesinde, gaz evresindeki denge hidrojen basıncı (P_{H2}), ilkin n_H/n_{Pd} oranı ile sürekli olarak artar (n_H :H'nin mol sayısı, n_{Pd} : katı maddedeki Pd'nin mol sayısı). n_H/n_{Pd} büyüklüğü 0,1 değerini aştığında hidrojen basıncı sabit kalır ($\cong$ 4atm), çünkü bu bölgede Pd-H dizgesinin iki tür katı evresi (α ve β) bulunmaktadır. Denge hidrojen basıncı ancak, $n_H/n_{Pd} \cong 0{,}5$'in yukarısında artmasını sürdürür. Bu bölgede yeniden tek evreli bir katı cisim ($=\beta$ evresi) vardır[14,15]. (n_H/n_{Pd}) ye karşı P_{H2} grafiğe geçirildiğinde, Şekil VII. 3. türünde bir grafik elde edilir.



Şekil VII. 3.
200°C'da n_H/n_{Pd} oranının izlevi olarak P_{H_2} hidrojen basıncı.

Hidrojenin uzaklaştırılmasında eğri gidişi bunun tersi yönde olur. Kısaca «ısıl kurgu» ya da «ısıl parçalama» diye nitelenen bu türden ölçümler, iki maddeli ve çok maddeli sistemlerin yapılanmasının araştırılmasında önemli bir yardımcıdır.

Benzer grafikler, örneğin 700°C'da bir (CO_2+CO) karışımı yardımıyla oksijen eklenmesinde ve oksijen kısmi basıncının ölçüsü olarak gaz evresindeki CO_2/CO oranının ölçülmesindeki Fe-O sisteminde olduğu gibi, öteki iki maddeli sistemlerin çoğu için de elde edilir[16]. Burada da iki tür evre'nin (Fe + «FeO» ya da «FeO» + Fe_3O_4) birlikte varolduğu bölgede bir düzlük elde edilir.

Yukarıdaki örneklerde katı maddenin bileşimi adımsal olarak değiştirildi ve gaz evresindeki sonuç kısmi basınç ölçüldü. Temelde, bunun tersi de yapılabilir, yani

bir akış aygıtında gaz evresindeki kısmi basınç önceden verilebilir ve sonuçlanan n_H/n_{Pd} ya da n_O/n_{Fe} oranı bir ısılterazi ile belirlenebilir. Adı geçen ilk yöntemde alınkonan gaz niceliği, her bir durumda verilenle, gaz evresinde artakalan hidrojen ya da oksijen niceliklerinin farkı olarak elde edildiğinden, bu son yöntem tek evreli bölgelerde üstünlüklere sahiptir. Bu nedenle tartma yöntemi, iki tür katı evre'nin birlikte varolduğu denge basıncının kesin belirlenmesi için değil de, denge basıncı ile her bir katı evre'nin bileşimi arasındaki bağıntının incelenmeleri için önerilir.

4. Ana- ve yan-değişkenler

Çoğu durumlarda her bir değişkenin etkisi o denli farklıdır ki, kimi değişkenlerin denetlenmesinden vazgeçilebilir. Ancak, aşağıdaki örnekler yardımıyla görüleceği üzere, her bir durumda, hangi değişkenlerin belirleyici önemde olduklarının sınanması gerekir.

1. Tamamlanmış termodinamik dengede, verilen bileşimdeki bir evre durumu, örneğin basınç (P) ve sıcaklık (T) gibi iki bağımsız değişkenle tam olarak belirlenir. ρ yoğunluğunu nölçümü ancak, P ve T, eşanlı olarak verilmişse ilkece açık-seçik bir bilgi sunar. Katı metallerin sıkışırlığı yalnızca 10^{-6} bar^{-1} ($\approx 10^{-1}$ Pa^{-1}) büyüklük mertebesindedir. % 10 büyüklük mertebesindeki hava basıncı farklılıkları, yalnızca 10^{-7} büyüklük mertebesinde bağıl yoğunluk farklılıkları verdiğinden, bir laboratuvarın normal koşulları altında katı bir metalin yoğunluğunun belirlenmesinde, basıncın önceden verilmesi gözardı edilerek yalnızca sıcaklığın sabit tutulması yeterlidir. Aynı şekilde, bir metalin ısıl uzama, elektriksel iletkenlik, mıknatıssal alınganlık, dönüşüm noktalarının ya da erime noktasının belirlenmesi gibi

öteki özelliklerinin belirlenmesinde, dış basıncın denetlenmesi gözardı edilebilir.

2. Tamamlanmış termodinamik dengede iki bileşenden oluşan bir evre durumu, üç bağımsız değişkenle belirlenir. Bu nedenle bir manyetit kristali durumunun tam olarak belirlenmesi için, örneğin, hidrostatik basınç (P), sıcaklık (T) ve ideal stökiyometrik bileşimden sapma ($= Fe_{3-\delta}0_4$ formülüne karşılık olarak δ metal eksikliği) gibi üç bağımsız değişkenin önceden verilmesi gerekir. Elektriksel iletkenlik başlıca T sıcaklığının bir izlevidir, ama P ve δ-dan bağımsızdır. Buna karşın, demir iyonlarının (bir ışınetkin demir izotopunun izleyici - yayınma katsayısı ile ölçülen) ve de oksijen iyonlarının devingenliği, belirgin bir biçimde δ metal eksikliği büyüklüğüne bağlıdır. 1115°C'da metal eksikliği, $\delta \cong$ O-dan $\delta = 0{,}04$-e yükseltildiğinde, Fe izleyici - yayınma katsayısı 150 çarpanı kadar artar [17]. Buna göre iletkenliğin ölçümünde, T sıcaklığı ana değişkendir. Buna karşın, Fe izleyici - yayınma katsayısının belirlenmesinde T sıcaklığı ve δ demir eksikliği, başlıca değişkenler olarak denetim altında tutulmalıdır. Küçüklüğü nedeniyle demir eksikliği kolayca denetim altında tutulamadığından, yedek olarak başka bir durum değişkeni önceden verilebilir. Yukardaki durumda, karşılık gelen deneyler oksijen etkinliğinin (birarada varolan bir gaz evresi içindeki CO_2/CO oranı ile belirlenir) önceden verilmesiyle yürütülmüştür.

3. Benzer biçimde, bir gümüş bromür kristali durumunun saptanması için üç bağımsız durum değişkeni (yani P hidrostatik basıncı, T sıcaklığı ve $Ag_{1-\delta}$ Br formülüne karşılık olarak δ metal eksikliği ya da onun yerine, birarada varolan bir gaz evresindeki brom kısmi basıncı) önceden verilir. İyonsal iletkenlik pratikçe brom kısmi basıncına önemli ölçüde bağlıdır [6].

5. Boyutsuz özgün büyüklüklerin sokulmasıyla bağımsız değişken sayısının azaltılması

Artan sayıdaki değişkenlerle, gerçekten var olan düzenlilikleri ölçümler yoluyla tam olarak kavramak ve elde edilen bilgiyi depolamak ya da aktarmak gitgide güçleşir. $y = f(x)$ bağıntısına karşılık olan bir bağımsız değişken durumunda, bir genel bakış için beş farklı x değerini önceden vermek ve sonuçlanan y değerlerini ölçmek yeterlidir. $z = f(x,y)$ bağıntısına karşılık olan iki bağımsız değişken durumunda, bağımsız değişkenlerin en azından $5.5 = 25$ değer-çifti için z-nin ölçümleri yürütülmelidir. n tane bağımsız değişkende en azından 5^n ölçüm gerekir, yani $n = 3$ için 125, $n = 4$ için 625, $n = 5$ için 3125 vb. Gerçekte ise çoğu durumlarda, oldukça küçük sayıdaki ölçümlerle yetinilir.

Çok sayıdaki bağımsız değişkenler durumunda, çoğu kez bağımsız değişkenlerin birleştirilmesinden yararlanarak bir yalınlaştırma olanağı vardır. Aşağıdaki örneklerde görüleceği üzere, değişkenlerin boyutsuz birleşimlerinin sokulmasıyla, deneysel olarak belirlenecek bağımlılıkların formüllendirilmesi özellikle verimlidir.

1. Yoksayılabilir hava direncinde bir sarkacın T salınımı süresi soruluyor. Deneysel bir incelemede sarkaç cisminin m kütlesi, L sarkaç uzunluğu, g yerçekimi ivmesi ve θ yerdeğiştirme açısı bağımsız değişkenler olarak önceden verilebilir. L ve g değişkenlerinin $(L/g)^{1/2}$ biçiminde birleştirilmesi, zaman boyutuna sahiptir. Yerine konursa:

$$T = (L/g)^{1/2} \cdot f(\theta) \qquad \text{(VII.7)}$$

bağıntısı elde edilir. Burada $f(\theta)$, θ yerdeğiştirme açısının deneysel ya da kuramsal olarak belirlenecek bir

izlevidir. f(ϑ) boyutsuz olmak zorunda olduğundan, m kütlesi (VII.7) denklemine girmez. Buna göre T salınım süresinin genel bir formülünü sunmak için, f(ϑ) izlevini, $(L/g)^{1/2}$-nin verilen herhangi bir değeri için deneysel olarak belirlemek yeterlidir. Böylece, dört değişkenli (m,L,g ve ϑ) bir ölçme programı yerine deneme, tek bir değişken olarak ϑ yerdeğiştirme açılı bir ölçme programı ile sınırlanabilir.

2. d çaplı kürelerle sık istif biçiminde dolu olan bir boru boyunca bir sıvının akışındaki ΔP basınç düşmesi soruluyor. Kürelerin çapı, D boru çapına ve L dolgu uzunluğuna oranla küçük olsun. Akım çizgilerinin yönü konumla değiştiğinden, gerçek akış olayı karmaşıktır. Ve yine, komşu küreler arasındaki serbest kesit değişir. Genel olarak basınç düşmesinin, zaman birimi başına akan V hacmine, L boru uzunluğuna, D boru çapına, d küre çapına, sıvının ρ yoğunluğuna ve μ dirik akmazlığına bağlı olduğu koşulu konabilir. Aslında kuramsal çözümleme olmadan da basınç düşmesinin, L uzunluğu ile orantılı olduğu sonucu çıkarılabilir. Akış biliminin ve boyut incelemelerinin genel ilkeleri kullanılarak, ΔP basınç düşmesinin, genel biçimdeki

$$(d \ll L \text{ ve } d \ll D \text{ ise}): \quad \Delta P = \frac{1}{2} \rho u^2 \cdot \frac{L}{d} \cdot f(Re) \qquad \text{(VII.8a)}$$

denklemiyle verileceği de gösterilebilir. Burada $u = V/A$, dolguya girişten önce $A = \frac{\pi}{4} D^2$ kesitli borudaki ortalama çizgisel akış hızıdır; $\frac{1}{2} \rho u^2$, sıvının hacim birimi başına kinetik enerji, Re ise:

$$Re = \frac{u \cdot d}{\nu} \qquad \text{(VII.8b)}$$

ile verilip, boyutsuz Reynolds - sayısıdır. Burada $\nu = \eta/\rho$, devinimsel akmazlıktır. Yukarda verilen altı değişkenin (V,L,D,d,ρ ve η) isteğe bağlı değerlerinde basınç düşmesinin eldesi için, (VII.8a) ve (VII.8b) denklemlerine göre, öteki değişkenleri (L,D,d,ρ ve η ya da ν) değiştirmeksizin, verilen bir dizi u hızları için Δ P-yi elde etmek yeterlidir. Bu yolla, (VII.7) denkleminde ortaya çıkan f(Re) izlevi :

$$f(Re) = f(\frac{u \cdot d}{\nu}) = \frac{L}{d} \; \frac{\Delta P}{\frac{1}{2} \rho u^2} \qquad \text{(VII.9)}$$

olarak elde edilir.

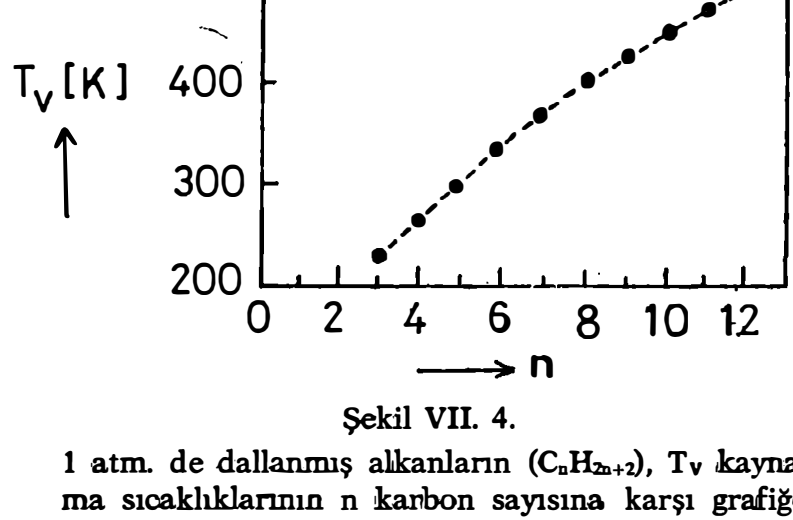
Kuramsal düşünceler olmadan Δ P, altı değişkenin izlevi olarak görünürken, ölçümler yalnızca tek bir değişkenin (u ya da Re) gerektirdiğinden, (VII.9) denkleminin kullanılmasıyla ölçme programı önemli ölçüde yalınlaşır.

Benzer yolla boyutsuz özgün sayıların sokulmasıyla, teknikteki öteki akış sorunlarında ve de akan sıvılar ya da gazlar ve katı maddeler arasındaki ısı- ve madde - aktarımının benzer sorunlarında, bağımsız değişken sayısının önemli ölçüde azaltılması sağlanır.

Aynı şekilde, boyutsuz değişkenlerin ve değiştirgenlerin sokulması, doğabilimsel ve teknik araştırmanın öteki alanlarının çoğunda, hem deneysel hem de kuramsal incelemeyi kolaylaştırır.

6. Gözlemlerin bağlılaşımı

Önceki kesimlerde, her bir ölçme büyüklüğü (= değişkenler) arasında aynı zamanda matematiksel olarak da formüllendirilebilen belirgin bağıntıların bulunduğu koşullanmıştı. Bunun yanısıra, yaklaşık bir ilişki umuluyor da henüz güvence sağlanamıyorsa, çeşitli türden ölçme büyüklükleri arasında «bağlılaşımlar» aramak olanağı vardır.



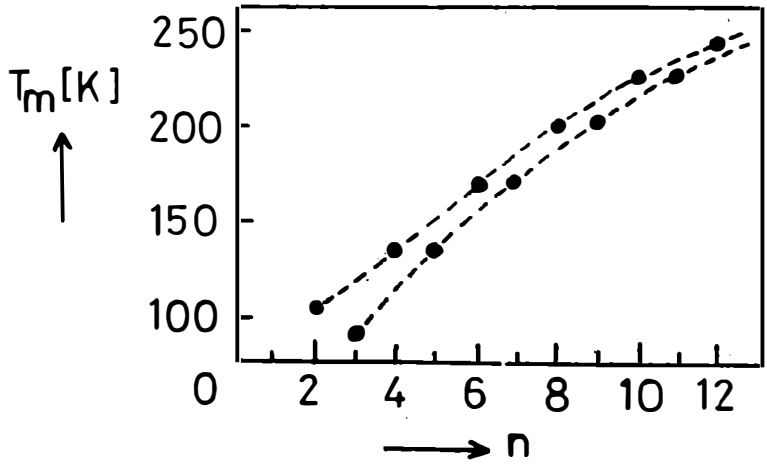
Şekil VII. 4.

1 atm. de dallanmış alkanların (C_nH_{2n+2}), T_v kaynama sıcaklıklarının n karbon sayısına karşı grafiğe geçirilmesi.

Çok yalın bir örnek, C_nH_{2n+2} (n = 1,2,3 vb.) genel formüllü normal alkanların molekül büyüklüğü ile kaynama noktası (1 atm. de) arasındaki bağıntının ne olduğu sorusudur. Kaynama noktaları her bir alkandaki karbon atomlarının n sayısına karşı grafiğe geçirildiğinde, her bir nokta sürekli yükselen bir eğri gidişi ile birleştirilebilir (karşı. Şekil VII. 4) [18]. Burada sürekli bir bağlılaşım vardır. Bunu izleyerek, örneğin n üsleri tam-

sayı olan bir polinom ile, eğriyi uygun denkleme yaklaştırmak denenebilir.

Erime noktalarının benzer biçimde grafiğe geçirilmesinde (Şekil VII.5) [18], her bir nokta düzgün bir eğri gidişi ile birleştirilemez. Bunun yerine n-nin tek ve çift değerleri için özel eğriler çizilebilir.



Şekil VII. 5.
Dallanmış alkanların (C_nH_{2n+2}), T_m erime sıcaklıklarının n karbon sayısına karşı grafiğe geçirilmesi.

Şekil VII. 4 ve VII. 5. de görülen grafikler, örneğin dallanmış karbon zincirli alkanlar, doymamış hidrokarbonlar vb. için verilerin alınmasıyla, çeşitli biçimlerde artırılabilir. Benzer biçimde yüzey gerilimi, akmazlık vb. gibi öteki özellikler de sunulabilir.

Bu tür grafikler, deneysel olarak henüz incelenmemiş bileşiklerin özelliklerinin, aralama ya da uzandırma yoluyla öndeyisini olanaklı kılar. Bunun da ötesinde bu tür grafikler, ön-adım olarak kuramsal ya da uygun

modelli gösterimlerin geliştirilmesi ve de nicel bağıntıların işlenmesi için kullanılabilirler.

Şekil VII. 4 ve VII. 5. de özel olarak yalın durumlar bulunmaktadır, çünkü Şekil VII. 4. de n karbon sayısı, yetkili tek değişkendir. Şekil VII. 5. de yalnızca bir başka etmen (n'nin çift ya da tek olması) daha buna katılmaktadır.

Başka bir örnek olarak nitramid'in sulu çözeltideki parçalanmasından [19] söz edilebilir:

$$NH_2.\ NO_2 = N_2O + H_2O \qquad ((VII.10)$$

Bu tepkime, proton alıcıları tarafından, örneğin karbonik asitlerin ya da aminlerin anyonları (= Brönsted'e göre bu sözcüğün genel anlamında bazlar) tarafından tezgenir. Tezgenin bazlık kuvveti ne denli büyükse, genel olarak k hız sabiti o denli yüksektir. Bir HA asitinde A^- anyonunun bazlık kuvveti ölçüsü olarak ayrışma sabitinin ters değeri kullanılır:

$$K_{HA} = \frac{[H^+] . [A^-]}{[HA]} \qquad (VII.11)$$

B amini durumunda, K_{HA} yerine BH^+ katyonunun suyla-ayrışım sabiti girer:

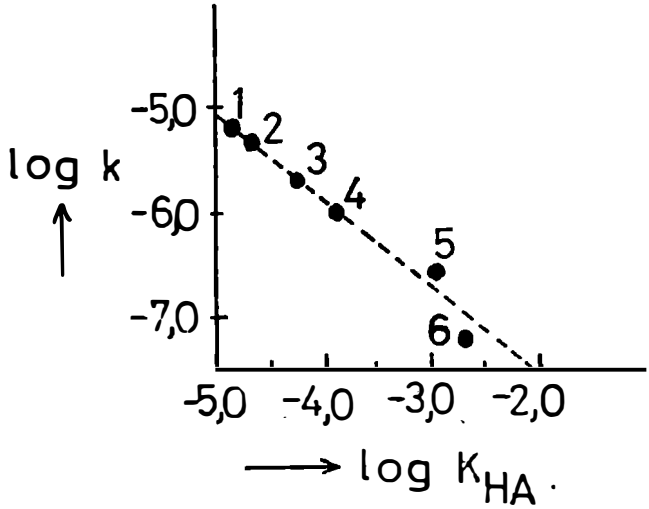
$$K_{BH^+} = \frac{[H^+] . [B]}{[BH^+]} \qquad (VII.12)$$

(log k)'nın (-log K_{HA})'ya karşı grafiğe geçirilmesinde, her bir noktanın durumu, bir eğri gidişine yaklaştırılabilir. Eğimi yaklaşık (-0,83)-e eşit olan bir doğru elde edilir (karşl. Şekil VII.6). Buna karşılık olarak da şu yaklaşım formülü elde edilir:

$$k \cong \frac{\text{sabit}}{(K_{HA})^{0,83}} \qquad (VII.13)$$

Örneğin anilin ya da toluidin gibi birincil aminler için veriler, Şekil VII.6. daki grafiğe uyar.

Bu türden pek çok bağlılaşım, Hammett[20]'in «Fiziksel Organik Kimya» adlı kitabında gösterilmiştir.



Şekil VII. 6.

Nitraminin k($lt.dak^{-1}.mol^{-1}$) parçalanma hız sabitinin K_{HA}—ya karşı aşağıdaki maddeler için çift-logaritmalı olarak grafiğe geçirilmesi :

1. propiyonik asit
2. asetik asit
3. benzoik asit
4. karınca asiti (formik asit)
5. salisilik asit
6. diklorasetik asit

Bir bağlılaşımın gösterilmesi, öncelikle büyük gözlem dizilerini kavrayabilmek için yöntemsel bir araçtır.

Çeşitli i = 1,2 vb. maddeleri için Y_i ve X_i gözlem büyüklükleri arasında bir bağlılaşımın bulunması, ilkin yalnızca, Y-nin başat biçimde ana değişken olarak X ile belirlendiği, ama buna ek olarak öteki (çoğu kez ayrı gösterilemeyen) «yan değişkenlerin» de bir etkiye sahip olabildiği anlamına gelir.

Şekil VII. 6. daki her bir noktanın denkleştirme doğrusundan sapması o denli küçüktür ki, k ve K_{HA} arasında doğrudan bir «bağlılaşım» apaçık ortaya çıkar.

Öteki durumlarda, varlığı olanaklı bir bağlılaşım apaçık değildir. Bu durumlarda bir «bağlılaşım katsayısının» hesaplanmasına çalışılır. Ayrıntılar, özgün başvuru yapıtlarından, örneğin, Brandt[21]'ın «Veri Çözümlemelerinin İstatistiksel Yöntemleri» adlı kitabından elde edilebilir. Genel olarak, X dışında Y değeri üzerinde de bir etkiye sahip olabilen değişken sayısı ne denli büyükse, X_i ve Y_i gözlem büyüklükleri arasındaki bir bağlılaşım, kendini o denli daha az gösterir. Ve yine, bir Y gözlem büyüklüğü ile çok sayıda birbirinden bağımsız etki büyüklükleri (X', X'' vb.) arasındaki bir bağlılaşımın ne denli var olduğu da sorulabilir. Eğer çok büyük sayıda değişken varsa ve artakalan değişkenler önceden verilmeksizin her bir değişkenden birinin ya da ikisinin etkisi incelenecekse, bağlılaşımlar havabiliminde, dirimbilimde, tıpta ve öteki bilimlerde geniş kapsamlı olarak kullanılır. Bir ilâcın sağaltıcı etkisi ana değişken olarak yalnızca dozuna değil, aynı zamanda da çoğu kez hastanın yaşına, önceden geçirilen hastalıklara, vb. bağlıdır.

Bir bağlılaşım çözümlemesi için tipik soru yöneltimleri şunlardır :

1. Bir radyo dalgasının yayılması ile günün saati arasında bir bağlılaşım var mıdır? Daha iyi bir bağlı-

laşım eldesi amacıyla soru yöneltimi daraltılabilir ve her ay içindeki bir bağlılaşım sorulabilir.

2. Ortalama yıllık sıcaklık ya da yağış niceliği ve de her bir ay için ortalama değerler ile güneş lekesi sıklığı arasında bir bağlılaşım var mıdır?

3. Sigara tüketimi ile akciğer kanserinin ortaya çıkışı arasında bir bağlılaşım var mıdır?

7. Bir deney programının alt-bölümlendirilmesi

a) *Genel*

Çoğu sorunlarda, eğer ilgilenilen ölçme büyüklüğü, ayrı katılımlardan kurgulanıyorsa, deney programını ayrı kısmi programlar biçiminde parçalara ayırmak olanaklıdır. Bu, özellikle teknik sorunlar için geçerlidir. Bu durumlarda Roma politikasından kaynaklanan «divide et impera» (böl ve hükmet) özdeyişi geçerlidir. Doğabilimsel ve teknik araştırma için bu özdeyişin anlamı aşağıdaki seçkin örneklerle açıklanmaktadır.

b) *Bir cismin yer atmosferi içindeki devinimi*

Hava ile dolu uzayda bir cismin düşmesi, doğrudan gözlenebilir. Çeşitli biçim ve yoğunluktaki cisimler farklı hızlarla düşerler. Galilei'nin klasik düşme yasası, hava ile dolu uzaydaki düşmenin gözlemlerinden, boşluk içindeki düşmenin gözlenmesine geçilerek elde edilir. «Hava direncinin» yok edilmesi, karmaşık koşullardan yalın koşullara geçilmesi anlamına gelir.

Kuramsal temeller, bir cismin genel devinim denklemleridir. Dönme momenti olmayan kaskatı bir cisim için klasik mekanik çerçevesinde vektör yazımıyla şu bağıntı geçerlidir:

$$m \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \Sigma_i \vec{K}_i = m.\vec{g} + \vec{K}_a \qquad \text{(VII.14)}$$

Burada, m : kütle, $\vec{r}$: konum vektörü, t : süre, $\vec{K}_i$: tek kuvvet, $\vec{g}$: yerçekimi ivmesi vektörü, $\vec{K}_a$: çevreleyen atmosferin aerodinamik kuvvetidir. $\vec{g}$ ve $\vec{K}_a$, r-nin ve incelenen cisim ile onu çevreleyen hava arasındaki bağıl hızın izlevleri olarak bilindiğinde, $\vec{r}$ konum vektörü t süresinin izlevi olarak, (VII.14) denkleminden iki katlı integral alarak hesaplanır.

Dış kuvvetin, yerçekimi etkisi ve hava direnci etkisi diye iki parçaya ayrılması, bu yolla her bir parçanın bağımsız olarak incelenebildiği geniş pratik vargılara sahiptir. Bir merminin atmosfer içindeki devinimi, eğer akışkanın modeldeki aerodinamik kuvvetleri bir rüzgâr tüneli içinde incelenmişlerse ve ayrıca havanın yoğunluğu ve onun başlangıç noktası ile hedef arasındaki devinim bileşenleri (rüzgâr) biliniyorsa, önceden hesaplanabilir. Benzer biçimde, buna ek olarak güdüm işlergesinin kayma kuvveti alınarak, bir roketin yörüngesi hesaplanabilir.

c) *Termodinamik incelemeler*

Ve yine, çoğu termodinamik incelemelerde bir deney programının parçalara ayrılması olanaklı ve amaca uygundur. 25 ve 1500°C arasında, sıcaklığın izlevi olarak metanın elementlerinden oluşumu için entalpi değişiminin ($= \Delta H_{CH_4}$) belirlenmesi ödevi ortaya çıkabilir.

$$C\,(k) + 2\,H_2\,(g) = CH_4\,(g) \qquad \text{(VII.15)}$$

tepkimesinin dolaysız bir incelemesi pratikçe göz önüne alınmaz, çünkü 700°C'ın altında tepkime hızı çok düşüktür ve daha yüksek sıcaklıklarda dengede çok az nicelikte metan ortaya çıkar.

Yukardaki ödev, ilkin kapalı bir ısıölçer içinde 25°C'da grafit, H_2 ve CH_4'ın yanma ısılarının, yani

$$C\,(k) + 0_2\,(g) = C0_2\,(g) \qquad \text{(VII.15a)}$$

$$H_2\,(g) + \frac{1}{2}\,0_2\,(g) = H_20(s) \qquad \text{(VII.15b)}$$

$$CH_4\,(g) + 2\,0_2\,(g) = C0_2\,(g) + 2\,H_20\,(s) \qquad \text{(VII.15c)}$$

tepkimelerinin ΔU_a, ΔU_b ve ΔU_c enerji değişimlerinin belirlenmeleriyle pratik olarak çözülür. Termodinamiğin 1. yasasının kullanılmasıyla 25°C'da, elementlerinden ΔU_{CH4} oluşum enerjisi için şuna varılır:

$$\Delta U_{CH4} = \Delta U_c - \Delta U_a - 2\,\Delta U_b \qquad \text{(VII.16)}$$

Entalpi tanım denklemi ($H = U + PV$) ve de 1 mol için ideal gaz yasası ($PV = RT$) kullanılarak daha ileri düzeyde:

$$\Delta H_{CH4} = \Delta U_{CH4} + P.\,\Delta V_{CH4} = \Delta U_{CH4} - RT - P.V_{C(k)} \qquad \text{(VII.17)}$$

eşitliğine varılır. Burada ΔV_{CH4}, (VII.15) tepkimesinin P basıncında, eşbasınçlı ve eşsıcaklı yürüyüşündeki hacim değişimi, $V_{C(k)}$ ise grafitin mol hacmidir.

Herhangi bir sıcaklıktaki ΔH_{CH4} değeri, daha sonra 25°C'daki değerden ve sabit basınçtaki c_p özgül ısılarından ya da (VII.15) tepkimesine katılanların entalpi artımlarından Kirchhoff bağıntısına göre elde edilir.

$$\Delta H_{CH_4}(T) = \Delta H_{CH_4}(T_o) + \int_{T_o}^{T} c_p\,[CH_4(g)]dT - \int_{T_o}^{T} c_p\,[C(k)]dT$$

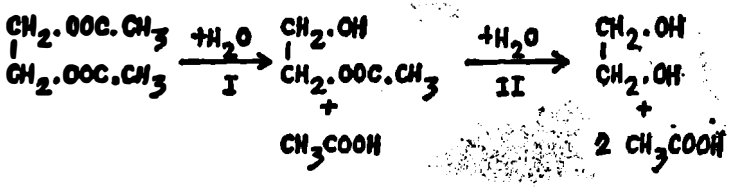
$$-2\int_{T_o}^{T} c_p\,[H_2(g)]\,dT\;;\;[T_o = 298\ K] \qquad \text{(VII.18)}$$

Sıcaklığın izlevi olarak, metan oluşumundaki entalpi değişiminin belirlenmesi sorunu, böylece, 25°C'da CH_4, grafit ve H_2'nin yanma ısılarının belirlenmesi ve de karşılık olan özgül ısıların belirlenmesi biçiminde, oldukça daha yalın bir biçime dönüştürülmüştür.

Bir deney programının yukarda verilen parçalara ayrılması kimyasal termodinamiğin çoğu öteki sorunları için, özellikle çözeltilerin katılımındaki tepkimeler için ve çok sayıdaki bağımsız tepkimelerin olduğu sistemlerdeki kimyasal denge sorunları için de tipiktir.

d) *Organik bileşiklerin suyla-ayrışım kinetiği*

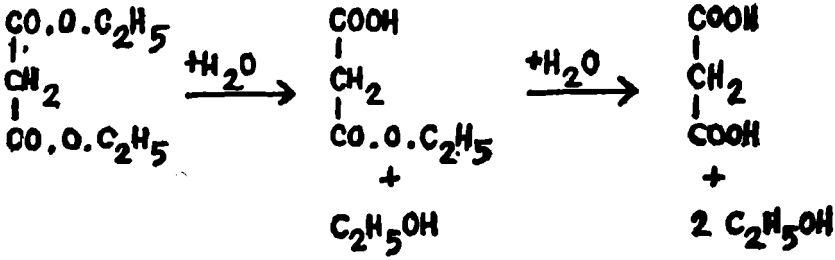
Çoğu tepkimeler birbirini izleyen adımlar biçiminde yürürler. Örnek olarak hidrojen iyonlarının tezgenliğinde sulu çözeltide glikoldiasetatin suyla-ayrışımı verilebilir [22].



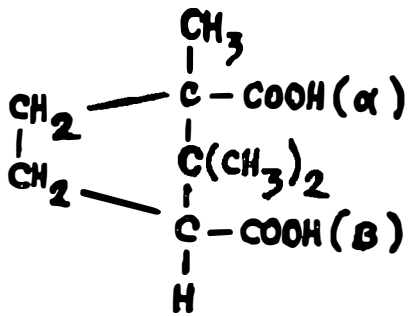
Toplam tepkimenin ilerleme ölçüsü olarak, alkaliölçümsel titrasyon yoluyla elde edilebilecek biçimde her bir andaki asetik asit içeriği kullanılabilir. Temel ola-

rak buradan I ve II adımlarının k_I ve k_{II} hız sabitleri hesaplanabilir. Eğer glikolmonoasetatın suyla-ayrışımı özel deneylerle incelenirse, yani onun için ikinci kısmi adımın k_{II} hız sabiti belirlenirse, değerlendirme oldukça yalındır.

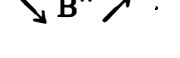
Bakışımlı ikibazlı bir asitin, örneğin malonik asitin diesterinin suyla-ayrışımı ya da sabunlaşması buna benzer bir örnektir. Tepkime şeması söyledir:



Bakışımsız ikibazlı asitin, örneğin kâfuru asitinin diesterinin



suyla-ayrışımında [23] iki çeşit mono-ester oluşur. Genel şema şöyledir:



Burada, A : diester, B' : α konumunda etoksi gruplu mono-ester, B'' : β konumunda etoksi gruplu mono-ester, C : son ürün olan kâfuru asitidir. Bu durumda dört kısmi adım vardır. Bunlardan B'→C ve B''→C kısmi adımları, girdi maddesi olarak B' ya da B'' ile özel olarak incelenebilirler. B' ve B'' mono-esterlerinin suyla-ayrışım hızlarının ölçümlerinden, B'→C ve B''→C kısmi adımlarının hız sabitleri özel olarak belirlenebilir. Daha sonra çözeltinin toplam asitliğinin zamansal artmasının ölçümlerinden, A→B' ve A→B'' kısmi olaylarının hız sabitleri de elde edilebilir.

e) *Işınetkin parçalanma dizileri*

Radyum ve öteki elementlerin ışınetkin parçalanmasında da yine çeşitli adımlar birbirini izler. Zamanın izlevi olarak ışıma yeğinliği (α, β ya da δ) ölçülürse, çok karmaşık bir görünüm elde edilir. Eğer önemli nicelikte parçalanma ürünleri oluşmadan önce, uygun kimyasal yöntemlerle, örneğin, birlikte çöktürme ile, her bir ara madde öteki ışınetkin elementlerden olabildiğince ırak üretilir ve onların parçalanması incelenirse, bir parçalanma dizisinde (örneğin, Ra→Rn→ RaA→RaB→...) her bir maddenin parçalanma sabitlerinin belirlenmesi oldukça kolaylaşır.

f) *Demirin CO_2 — CO karışımı içinde karbonlanması*

Çok-evreli kimyasal tepkimelerin kinetiğinden bir örnek olarak, demirin 1000°C'da akış durumundaki bir CO_2—CO karışımı içinde karbonlanması incelenebilir :

$$2\,CO\,(g) = C\,(Fe\ içinde) + CO_2\,(g) \qquad (VII.19)$$

Konum ve zamanın izlevi olarak çeşitli biçim ve büyüklükte demir örnekleri içindeki karbon derişimi sorulsun.

Toplam tepkime, şu kısmi adımlar biçiminde parçalara ayrılabilir :

1. CO'nun demir yüzeyine taşınması,
2. CO_2'nin demir yüzeyinden gaz akımına taşınması,
3. Evre sınırı tepkimesi,
4. Karbonun demirin iç kısımlarına yayınması.

Yalınlaştırmak üzere ilkin gaz karışımının, demir yüzeyindeki CO ve CO_2 kısmi basınçları, gaz karışımının ana akımındaki P_{CO} ve P_{CO_2} kısmi basınçlarına eşit olacak hızda aktığı koşullanabilir. Yüzey— ve zaman-birimi başına g-atom cinsinden demir içine giren karbon niceliği, J_C, evre sınırı tepkimesinin net hızına eşittir. Net hız genel olarak gaz evresindeki P_{CO} ve P_{CO_2} kısmi basınçlarının ve demir yüzeyindeki $c_C^{(o)}$ karbon derişiminin izlevi olarak kabul edilir :

$$J_C = f\,(P_{CO}, P_{CO_2}, c_C^{(o)}) \qquad \text{(VII.20)}$$

Demir yüzeyine giren karbon atomları, demirin iç kısımlarına yayınırlar. Birinci Fick yasasına göre :

$$J_C = -D_C\,(\partial c_C/\partial n) \qquad \text{(VII.21)}$$

olup burada, D_C : karbon atomlarının yayınma katsayısı, $\partial c_C/\partial n$: yüzeyde, iç kısımlara doğru olan yöndeki yerel derişim bayırgısıdır.

Ayrıca, ikinci Fick yasasına göre demirin iç kısmındaki yayınma için :

$$\frac{\partial c_C}{\partial t} = \text{div}\,[D_C \,.\, \text{grad}\, c_C] \qquad \text{(VII.22)}$$

bağıntısı geçerlidir.

Yalınlaştırmaksızın, (VII.21) ve (VII.22) denklemlerindeki yayınma katsayısı yerel karbon derişiminin bir izlevidir.

Evre sınırı tepkimesinin net hızı için (VII.20) denkleminde ortaya çıkan $f(P_{CO}, P_{CO_2}, c_C^{(o)})$ izlevi, çok ince bir yaprak biçimindeki demir örneği (kalınlık $< 10^{-3}$cm) üzerindeki özel deneylerle belirlenebilir, çünkü bu koşullar altında yerel derişim denkleşmesi çok hızlı kurulur ve pratikçe yerden bağımsız bir karbon derişimi vardır. Karbon derişimi ya sürekli tartım yoluyla ya da direnç ölçümleriyle elde edilebilir. D_C yayınma katsayısı eylemsiz bir atmosfer içinde, birbiri ardısıra kaynak yapılmış (yayınma çiftleri diye anılan) çeşitli başlangıç-karbon-içerikli som demir örnekleriyle yürütülen daha başka deneylerle ve verilen zaman aralıklarına göre uzaysal karbon dağılımının belirlenmesiyle elde edilebilir. Bir yandan (VII.20) denklemindeki f izlevi, öte yandan da D_C yayınma katsayısı deneysel olarak belirlenmişse, o zaman herhangi bir biçim ve büyüklükteki demir örnekleri için yukarda formüllendirilen soruna yanıt, genel olarak (VII.20)'den (VII.22)'ye dek olan denklemler sisteminin çözümüyle elde edilir.

Yukarda, $CO-CO_2$ gaz karışımının demir yüzeyindeki CO ve CO_2 kısmi basınçları, gaz karışımının ana akımındaki kısmi basınçlara pratikçe eşit olacak biçimde yeterli hızda aktığı koşulu kondu. Daha yavaş akmada bu koşul belki sağlanmaz. Bu durumda yukardaki denklem sistemi, ana akım ve demir yüzeyi arasında CO ve CO_2 değiştokuşu için denklemlerin katılmasıyla tamamlanır. Burada son büyüklükler, madde taşınması için model deneylerdeki özel sorundan bağımsız olarak elde edilebilir. Yeterince yalın geometri durumunda madde taşınım katsayıları kuramsal olarak Prandtl'ın sınır katma-

nı kuramının denklemleri, gaz evresindeki CO ve CO_2 yayınma katsayılarının özel belirlenmiş değerleri ve de devinimsel akmazlık yardımıyla da hesaplanabilir.

KAYNAKLAR

1. L. Galvani, *Kas Devinimindeki Elektrik Kuvvetleri Üzerine (1971) (Über die Kräfte der Elektrizität bei der Muskelbewegung (1791); Ostwald'ın Tam Bilimlerin Klasikleri (Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften)*, Nr. 52. Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1984.
2. A. Volta, *Galvanizm ve Elektrik Bataryasının Keşfi (1796-1800) (Galvanismus und Entdeckung des Säulenapparates (1796 bis 1800)*, Ostwald'ın Tam Doğabilimlerinin Klasikleri (Ostwald's Klassiker der exakten Naturwissenschaften), Nr. 118. Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1900.
3. H. Becquerel, *Comp. rend. hebd. Séances Acad. Sci. (Paris), 122*, 420 (1896).
4. H. Brunck, *Ber. Dtsch. Chem. Ges. 33*, LXXII (1900).
5. C. Wagner, *J. Phys. Colloid Chem. 53*, 1030 (1949).
6. F. A. Kröger, *Mükemmel Olmayan Kristallerin Kimyası (The Chemistry of Imperfect Crystals)*, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1964.
7. J. A. Christiansen, *Z. physik. Chem. 103*, 99 (1923).
8. M. Bodenstein ve H. Plaut, *Z. physik. Chem. 110*, 399 (1924).
9. D. L. Chapman ve P.S. MacMahon, *J. Chem. Soc.* (London) *95*, 959 (1909).
10. M. Bodenstein ve W. Dux, *Z. physik. Chem. 85*, 297 (1913).
11. J. Heyrovsky ve J. Kuta, *Polarografinin Temelleri (Grundlagen der Polarographie)*, Akademie-Verlag, Berlin, 1965.
12. Ötekilerle karşı. K. J. Vetter, *Elektrokimyasal Kinetik (Elektrochemische Kinetik)*, S. 632 ff. Springer-Verlag, Berlin, 1961.
13. A. Sieverts, *Z. physik. Chem. 88*, 103, 451 (1914).
14. H. Brüning ve A. Sieverts, *Z. physik. Chem.* A *163*, 409 (1933).

15. L. J. Gillespie ve L. S. Galstaun, *J. Am. Chem. Soc. 58*, 2565 (1936).
16. L. S. Darken ve R. W. Gurry, *J. Am. Chem. Soc. 68*, 798 (1946).
17. H. Schmalzried, Z. physik. *Chem. N. F. 31*, 184 (1962).
18. L. F. Fieser ve M. Fieser, *Organik Kimya (Organic Chemistry)*, 3. Baskı, S. 31. Reinhold Publishing Corporation, New York, 1956.
19. J. N. Brönsted ve K. Pedersen, *Z. physik. Chem. 108*, 185 (1923).
20. L. P. Hammett, *Fiziksel Organik Kimya (Physical Organic Chemistry)*, 2. Baskı. McGraw-Hill Book Company, New York, 1970.
21. S. Brandt, *Veri Çözümlemelerinin İstatistiksel Yöntemleri (Statistische Methoden der Datenanalyse)*, Bibliographisches Institut, Mannheim, 1968.
22. J. Meyer, *Z. physik. Chem. 66*, 81 (1908); *67*, 257 (1909).
23. N. von Peskoff ve J. Meyer, *Z. physik. Chem. 82*, 129 (1913).

VIII. KURAMLAR

1. Bir kuramın genel nitelikleri

Bu kitapta kuram sözcüğü kesin bir sınırlama olmadan, bir bakıma genel anlamda kullanılmaktadır. Dilsel köklere dayandırıldığında bir kuramın temeli, «kısa genel bakış» olarak nitelenebilir. Matematiksel formüllendirmeler, örneğin Newton mekaniğinde ya da termodinamikte olduğu gibi, çoğu kez bir kuramın ana bileşenidir. Öte yandan, örneğin Darwin'in türlerin kökeni öğretisi gibi, denklemsel bağıntıların olmadığı kuramlar da vardır.

Bir «doğabilimsel kuram», bizi çeşitli türden gözlem büyüklükleri arasındaki ilişkiye değgin önermelere götürür. Kuramsal bir önerme ile deneyim arasında bir çelişkinin bulunması, ya kuramın ya da gözlemin «yanlış» olduğunun bir belirtisidir. Gözlemlerdeki yanılgılara karşı kapalı olunabildiğinde, ortaya çıkan bir çelişki, kuramın «yanlış» olduğunu ortaya koyar. Karşl. VIII. 4.

Popper[1]'e göre, bir düşünce sisteminin yanlışlanabilirliği, doğabilimsel bir kuramın özgün bir niteliğidir.

Bununla birlikte Popper'e göre, bir kuram temelde doğrulanamaz, çünkü her zaman için bir kuramdan çıkartılan yalnızca sonlu sayıdaki sonuçlar gözlemlerle karşılaştırılır. Öyle ki, kuramsal önermelerin ve gözlemlerin yeni türden karşılaştırılmasında bir çelişki (=yanlışlanma) elde edilmesi olasılığı her zaman vardır. Popper[2] der ki: «Her bilimsel önerme geçicidir». Büyük sayıdaki karşılaştırmalarda kuramsal önermeler ile gözlemler arasında bir çelişkinin bulunmadığı durumda, bir kuramın pratikçe doğrulandığını göz önüne almak alışılmış bir şeydir.

«Kısa genel bakış» olarak bir kuram çoğu kez ayrı adımlar biçiminde oluşur. Bu konuda Popper der ki: «Biz bilmiyoruz, tersine, sonucu kestiriyoruz». Bir «kısa genel bakışın» ön aşamasında sonuçların belirsizliğine az ya da çok açıklıkla değinmek için çoğu kez burada varsayım sözcüğü kullanılır. Zamanın akışı içinde, giderek daha fazla sayıdaki sonuçlar gözlemlerle uyum içinde bulunurlarsa, varsayım sözcüğü yerine, giderek kuram sözcüğü kullanılır.

Katı kuralcılığın olumluculuğunda ayrı ayrı yazarlar, örneğin Mach[4–6] ve Duhem[7], bir doğabilimsel kuramda, yalnızca gözlenebilir büyüklükler arasındaki ilişkilerin ortaya çıktığını postüle etmişlerdir. Örnek olarak gök mekaniği ve klasik termodinamik verilebilir. Bununla birlikte, örneğin 19. yüzyılın ortalarındaki oluşumu sırasında kinetik gaz kuramı gibi öteki kuramlar, yukarda verilen nitelemede kısa genel bakış olarak kolaylıkla gözlenebilen büyüklükler içerirler. O zamanlar moleküllerin sayısını ya da sıcaklık dengesinde moleküllerin hız dağılımını ölçmek olanaksızdı. Bu nedenle Mach ve Ostwald gibi önde gelen araştırıcılar, daha 1890'larda maddenin atomsal yapılanması «varsayımını»

reddettiler, ya da yalnızca bulgusal açıdan verimli yardımcı sunumlar biçiminde geçerli kıldılar. Gerçekte Avogadro sayısı ve sıcaklık dengesinde moleküllerin hız dağılımı gibi, önceleri «salt-düşünsel» biçimde sokulmuş olan büyüklükler, daha sonra ölçülebilir oldular. Doğabiliminden olan bu örnek, olumluculuğun postulatlarına sıkı sıkıya bağlanmanın, gereğinde ilerlemeyi engelleyici olarak ortaya çıkabileceğini göstermektedir.

Başka bir örnek olarak Bohr'un (1913) hidrojen atomu kuramı verilebilir; karşl. Kesim V. 1. Bu kuramda elektronlar için gözleme açık olmayan çember ya da elips biçimi yörüngeler kabul edilir. Aynı şekilde, «gözlenemeyen» büyüklükler, onları izleyen atom spektrumları kuramının kurgusunda, çeşitli düzenlemeler biçiminde kullanılmıştır. Bir elektronun ya da bir iyonun mıknatıssal momenti gibi ayrı büyüklükler de ölçülebilir oldular. Bununla birlikte daha ileri düzeydeki bir gelişme, gözlenemeyen büyüklükleri ortadan kaldırmak üzere çaba harcama olarak nitelenmiştir; karşl. nicem mekaniği ders kitapları.

2. Bir kuramın yararcı değeri

Bir kuram aracılığıyla pek çok ayrı gözlemler, düzenlenmiş bir ilişki biçimine getirilirler. Bunun ötesinde bir kuram, gelecekteki olaylar ve deneyler üzerine kestirimleri olanaklı kılar; karşl. burada Kesim VIII. 4. Bu nedenle bir kuram genelde, önemli bir yararcı değere sahiptir. Bir kuramın, «gerçeklerin ekonomik gösterimi» olduğunu söyleyen önerme Mach[4-6]'dan (1872) kaynaklanır.

Bu bağlamda bir kuramın, gözlemlerin bir «açıklamasını» nereye dek olanaklı kıldığı sorulabilir. Yanıt,

açıklama sözcüğünde hangi anlamın güdüldüğüne bağlıdır. «Açıklama» sözcüğü, Bavink[8]'e uygun olarak, gözlemleri daha genel ilişkiler biçiminde düzenleme diye yorumlanırsa, kuram bir ölçüde «açıklama» için kullanılabilir.

Genelde «açıklamanın», bilinmeyenden bilinene doğru gidiş anlamına geldiği söylenebilir. Bir öğrencinin çoğu durumlarda, şu ya da bu gözlemin ya da önermenin nasıl açıklanacağına ilişkin sorusu, asla belirgin bir biçimde yanıtlanamaz. Doyurucu bir yanıt, soru soranın önbilgisini göz önüne almak zorundadır. Soru soranın, fizik ya da kimya uzmanlığında bir öğrenci olmasına göre de, aynı soruya çeşitli yanıtlar uygun düşer. Sıcaklık dengesinde silisyum ya da germanyum gibi bir yarı-iletkende (yozlaşma olmaksızın) elektronların ve eksik elektronların derişimleri çarpımının sabitliği, bir kimyacı gözünde ($H_2O = H^+ + OH^-$ tepkimesine benzer biçimde):

Değerlik elektronları = İletim elektronları + Eksik elektronlar, tepkimesi için kütleler-etkisi yasasına göre temellenir. Bir fizikçi için istatistiksel mekaniğin ilkelerine göre durum-toplamı yardımıyla bir türetme kolayca sezilebilir.

3. Genel ve özel kuramlar

Bir kuram, önceden Bölüm V ve VI-da gösterildiği üzere, genellikle tümevarım ve tümdengelimin ve de çözümsel düşünme ve bireşimsel düşünmenin karmaşık bir etkileşiminde ayrı adımlar biçiminde gelişir. Daha ileri derecede kavramak üzere, fizik ve kimyadan şu örnekler daha yakından incelenebilir. Burada genel kuramlarla özel öncüllü kuramlar arasında ayrım yapılabilir.

1. En genel biçimde, yani göresel etkilerin de göz önüne alınması ile, gök mekaniği, sınırlamaları olmayan kapsamlı bir kuramdır ve göresel etkiler göz önüne alınmaksızın Newton'a dek uzanan özel bir kuramı da kapsar.

2. Benzer biçimde nicem mekaniği de kapsamlı bir kuramdır.

3. Termodinamik, iri denge sistemlerinin betimlenmesine yönelik genel bir kuram olarak göz önüne alınabilir. Gram başına sabit basınç ve sabit hacimdeki c_P ve c_V özgül ısıları arasında, bilinen

$$c_P - c_V = \alpha^2 . \, T/\varkappa \, \rho \qquad \text{(VIII.1)}$$

bağıntısı genel olarak geçerlidir. Burada, α : ısıl genleşme katsayısı, $\varkappa$: eşsıcaklıklı sıkışırlık, ρ : yoğunluktur. Oysa termodinamiğin öteki önermelerinin geçerliği, özel öncüllerin geçerliğine bağlıdır. Örnek olarak şunlar verilebilir :

a) Katı maddeler arasındaki kimyasal tepkimeler için ΔS entropi değişiminin $T \to 0$ için ortadan kalktığı biçimindeki önerme (Nernst ısı kuramı) yalnızca tam kurulu iç termodinamik dengedeki düzgün kristaller için geçerli olup, molekül eksenleri yöneliminin istatistiksel açıdan düzgün olmayan dağılımında, katı N0 ya da C0'in, ya da istatistiksel açıdan düzgün olmayan atom dağılımlı karışık kristallerin katılımındaki tepkimeler için (örneğin Ag - Au alaşımı) geçerli değildir.

b) Gaz dengeleri, örneğin $COCl_2 = CO + Cl_2$ için klasik kütleler - etkisi yasası, ideal gaz yasası için yeterli bir yaklaşım olarak yalnızca küçük basınçlar için geçerlidir.

4. Yapısal akmazlığı olmayan sıvıların akışı için (karşl. Kesim 2c) Navier - Stokes'a göre genel bir denklemler sistemi vardır. Özel uygulamalar için önermeler elde etmek üzere, gereğinde genel kuram içinde içerilmeyen, örneğin sıvının katı bir çepere yapışması, kılcal boyunca bir sıvının akışındaki katmanlı akış gibi, ek öncüller sokulur. Bu öncüllerin sınırlı geçerliği açısından bir kılcal içindeki akışta basınç düşmesine dayanan önermeler de yalnızca sınırlı geçerliktedir.

Özel bir kuramın öncüllerinin sınırlı geçerliği açısından, özellikle nicem mekaniği gibi bir kuram hizmete sunulu ise, özel kuramların ortaya konmasının nereye dek amaca uygun olduğu sorulabilir. Yanıt şöyledir: Eğer karmaşık gerçek dünyanın büyük bir alanı göz önüne seriliyorsa, sınırlı geçerliğine karşın özel bir kuram değerlidir. Bununla birlikte, özel bir kuramın uygulanmasında öncüllerin geçerlik sınırlarının bilinmesi gereklidir. Bu bağlamda Frege'nin bir özdeyişi verilebilir: «Her şeyin kanıtlanması istenemez, çünkü olanaksızdır. Ama, tüm yapının neye dayandığını tanılamak üzere, gereksinilen tüm önermelerin, onları kanıtlamaksızın açık bir biçimde dile getirilmesi istenebilir».

Bu bölümde özel bir kuramın öncüllerinin gerçek olmadıkları, tersine, en azından sonuşmaz biçimde gerçekleştirilebilen sınır durumlara karşılık oldukları açıklıkla göze çarpar. Bunun yamsıra daha başka anlamda, gerçek dünyaya karşılık olmayan bilinçli öncüllerin sokuldukları kuramlar da vardır. Bunun için bu kitapta, «model» nitelemesi kullanılmaktadır; karşl. Bölüm IX.

4. Gözlemlerle karşılaştırarak kuramsal önermelerin sınanması

a) *Genel*

Daha önce yukarda anlatıldığı gibi, bir kuramdan, deneysel gözlenebilir büyüklükler arasındaki bağıntılara değgin önermeler elde edilir. Bu bağıntılar deneylerle sınanabilir. Bu bağıntıların gerçekleştirilmesi açık bir biçimde zorunlu, ama bir kuramın doğruluğu için [yani; (1) başlangıç olarak kullanılan öncüllerin uygulanabilmesi için, ve (2) deneysel olarak gözlenebilir büyüklükler arasındaki bir bağıntının ortaya konmasında kullanılan mantıksal ve matematiksel işlemler aşamasının doğruluğu için] şimdilik yeterli olmayan bir koşuldur.

Öncüller ve deneysel sınanabilir önermeler arasındaki mantıksal ve matematiksel kenetlenmelerinin hiç yanılgı içermemeleri ve ayrıca da gözlemlerdeki yanılgıların belirleyici olmamaları koşuluyla, kuramsal önermeler ve gözlemler arasında bir çelişki bulunması durumunda, kuramın öncüllerinden en az birisinin geçersiz olduğu sonucuna varılır. Bir kuram çok sayıda öncüller içeriyorsa, bir çelişki durumunda hangi öncülün geçersiz olduğu kolayca görülemez. Burada her zaman kolayca gerçekleştirilemese bile, her bir öncülün geçerliğinin olabildiğince dolaysız bir biçimde sınanması istenir.

Bir kuramda çoğu kez, uzunca hesaplamanın yalınlaştırılması amacıyla sokulan yaklaşımlar da içerilir. Bu türden yaklaşımlar çoğu kez bir kuramın, kendi fiziksel içeriğini daha açıklıkla tanıyabilme üstünlüğüne sahiptirler. Bu türden yaklaşımlar çoğu kez onların he-

defleri önceden yeterince kestirilmeden sokulurlar. Örneğin, bir seri açılımının ilk teriminin kullanılmasıyla karmaşık bir izlevin çizgisel duruma getirilmesinde olduğu gibi, kuramsal önermeler ve deney sonuçları arasındaki çelişkiler durumunda, yalnızca öncüllerin geçerliği sorulmakla kalınmaz, ayrıca ikincil olarak sokulan yaklaşımlar da sınanır.

Kuramsal kestirimlerin ve deney sonuçlarının karşılaştırılmasında çoğu araştırıcılar, en azından yeteri kadar bir uygunluk elde edeceklerini kendiliklerinden umarlar. Bir çelişkinin açığa çıkması, genellikle bir düş kırıklığıdır. Öte yandan, alışılmamış bir çelişki, karşılık gelen düzenlenmiş ya da genişletilmiş öncüller yardımıyla, kuramın yeni bir metninin yazımı için başlangıç noktası olabilir. Öncüller ne denli temelden düzenlenmek zorunda iseler, bir çelişkinin ortaya çıkarılması da o denli önemlidir. Bu anlamda, bir araştırmacı için bir çelişkiye rastlamanın, uygunluğu bulma açısından gereğinde sevindirici olduğu söylenebilir.

b) *Gök mekaniği*

Newton'un kütle çekimi yasasına göre m_1 ve m_2 kütleleri arasındaki K çekim kuvveti, her iki kütlenin çarpımıyla doğru ve r uzaklığının karesi ile ters orantılıdır :

$$K = C \frac{m_1 . m_2}{r^2} \qquad \text{(VIII.2)}$$

Burada C, genel kütle çekimi sabitidir. Yukardaki denklemden ve klasik mekaniğin genel ilkelerinden, zamanın izlevi olarak bir gök cisminin konumu için eşanlı bir denklemler sistemi elde edilir. Bu denklemlerde her bir gök cisminin kütlesi, değiştirgen olarak içerilir. Temelde bu kütleler, bilinen yarıçaplardaki her bir gezegenin yü-

zeyine bir örnek cismin düşmesindeki ivmesi gibi, bağımsız ölçümler yardımıyla elde edilirler. Kuşkusuz bu türden ölçümler yalnızca ender durumlarda (örneğin uzay uçuşlarında) yürütülebilir. Bu nedenle bugüne dek her bir gök cisminin kütleleri değiştirgen olarak genel devinim denklemlerinden ve gökbilimsel konum belirlemelerinden geçmiş yıllarda elde edilmiştir. Konum koordinatları ve hız vektörleri ile verilen belirli bir başlangıç durumunun sokulmasıyla, (örneğin 1.1.1800'de) böylece ortaya konmuş eşanlı denklemler sistemi, bizi gezegenlerin gelecekteki konumlarının çok iyi bir kestirimine götürür.

Uranus gezegeninin hesaplanan ve gözlenen yörüngeleri arasındaki bir çelişki, 1845 yılında Leverrier'yi, Uranus yörüngesinin ötesinde, daha önceden gözlenmemiş olan başka bir gezegenin var olduğu umuduna yöneltmiştir. Bu gezegen az zaman sonra, Galle tarafından da hesaplanan konumda ortaya çıkmış ve Neptün adını almıştır. Kuramın uygulanmasında, 1845 yılında bilinen gezegenler ve onların uyduları dışında başka hiç bir gezegenin var olmadığı biçimindeki üstü kapalı öncül kullanılmıştı. Bu örnek, kuramsal önermeler ile gözlemler arasındaki bir çelişkinin ortaya çıkmasının, değerli bir sonuca götürebileceğini gösterir. Yukardaki durumda, 1845 yılında bilinen gezegenler dışında başka hiç bir gezegenin var olmadığı şeklindeki öncül, gök mekaniğinin ve burada kullanılan (VIII.2) denkleminin genel kuramı açısından önemli olmayıp, «kuramın» yalnızca ikincil değerdeki bir bileşenidir.

Merkür gezegeninin hesaplanan ve gözlenen yörüngeleri arasındaki bir çelişki, aynı biçimde yok edilemez. Burada, gök mekaniği denklemlerinin genel görelilik kuramı bağlamında düzeltilmeleri durumu vardır.

c) *Bir kılcal boyunca bir sıvının akışı*

Kılcal boyunca bir sıvının akışında çoğu durumlarda, (V.6) denklemine göre hesaplanan ve gözlenen basınç düşmesi arasında iyi bir uyum bulunur. Ama, ayrı durumlarda sistematik sapmalar da vardır. Buradan, (V.6) denkleminin kuramsal türetilmesinde konulan öncüllerin sınırsız geçerli olmadıkları sonucu çıkar. Önceden Bölüm V-de değinildiği üzere, yüksek akış hızında katmanlı akış öncülü artık geçerli değildir, yani sıvının kimi öğeleri çepere doğru, öteki hacim öğeleri de eksene doğru devinirler (= kargaşma).

Durağan koşullar altında birim yüzey başına kayma kuvvetinin, akış yönüne dik olan bayırgıyla orantılı olduğu öncülü de sınırlı geçerlidir. Her şeyden önce kolloitsel katı- ve sıvı-asıltılarda sapmalar ortaya çıkar. Bu görüngü, yapısal akmazlık diye nitelenir[10]. Buna ilişkin sorular bir yandan, her şeyden önce, yağlama bağlamında tekniği ilgilendirir. Öte yandan, ağdalı akışın normal durumdan sapmalarına ilişkin gözlemler, bir sıvının ya da çözeltinin molekülsel yapısı üzerine önermeleri olanaklı kılar. Özel bilimsel dergileri de olan yeni uzmanlık alanı olarak akışbilimi oluşmuştur.

d) *Elektrolitsel ayrışma*

Çözücünün buhar basıncı alçalması, donma noktası alçalması ya da kaynama noktası yükselmesinin ölçümleri yardımıyla çözünen maddelerin molekül ağırlıklarının belirlenmesinde çoğu durumlarda alışılmış kimyasal formüllerle [örneğin, çözücü olarak su içinde borik asit [$B(OH)_3$], asetik asit (CH_3COOH) ya da glükoz ($C_6H_{12}O_6$) için] iyi uyumlu değerler elde edilir. Öte yandan KCl ya da $MgCl_2$ gibi tuzlar, HCl gibi asitler ve NaOH gibi

bazlar için molekül ağırlıkları olarak, alışılmış kimyasal formüllere karşılık olanların yaklaşık yarısı büyüklüğünde (ya da küçüklüğünde) değerler bulunur. Buradan, adı geçen maddelerin sulu çözeltide daha küçük bileşenlerine «ayrıştıkları» sonucuna varılmalıdır[11,12]. 1887'den önceki yıllarda bu vargı hemen hemen kabul edilebilir görünmüyordu; çünkü KCl moleküllerinin K atomları ve Cl atomları biçiminde ayrışmasının kabulü, elementlerin kimyasal davranışı açısından saçma görülüyordu.

Arrhenius[13] normal olmayan küçük molekül ağırlıklı tüm madde çözeltilerinin, bir bakıma yüksek bir elektriksel iletkenliğe sahip olduklarını buldu. Bu gözlemlerden yola çıkarak Arrhenius, adı geçen maddelerin yüksüz değil, tersine, zıt yüklü elektrikle yüklenmiş bileşenlerine ayrışacakları, yani örneğin KCl'nin K^+ ve Cl^- iyonlarına ayrışacakları varsayımını ortaya atmıştır.

Örneğin asetik asit gibi, hemen hemen normal molekül ağırlıklı «zayıf asitler» için, deneysel olarak sınanabilen ek nicel vargılar elde edilir[14]. Bir HA asitinin, örneğin asetik asitin (CH_3COOH), δ elektriksel iletkenliği için şu bağıntı düzenlenebilir:

$$\delta = (c_{H^+} . u_{H^+} + c_{A^-} . u_{A^-}) . F = \alpha . C_{HA} . 10^{-3} (u_{H^+} + u_{A^-}) . F \qquad \text{(VIII.3)}$$

Burada, c_{H^+} ve c_{A^-} : iyonların derişimleri (mol/cm³ olarak); u_{H^+} ve u_{A^-} : iyonların elektrokimyasal devingenlikleri; C_{HA} : asitin toplam derişimi (mol/litre olarak); α : ayrışma derecesi, F : Faraday sabitidir.

Sokulan ek öncüller şunlardır:

1. H^+, A^- ve HA türleri dışında öteki türlerden hiçbiri (H_2A_2, H_2A^+ ya da HA^-_2 gibi), önemli derişimlerde ortaya çıkmaz.

2. İyonların devingenlikleri, derişimlerinden bağımsızdır.

3. $HA\ (sulu) = H^+\ (sulu) + A^-\ (sulu)$ (VIII.4)

tepkime dengesi, ideal kütleler - etkisi yasasıyla verilir :

$$\frac{[H^+].[A^-]}{[HA]} = \frac{\alpha^2}{1-\alpha} C = K_{HA} \quad \text{(VIII.5)}$$

Burada K_{HA}, HA asitinin ayrışma sabitidir.

(VIII.3) denkleminden :

$$\alpha = \frac{1000.6}{(u_{H^+} + u_{A^-})\ C\ F} = \frac{\lambda}{(u_{H^+} + u_{A^-})\ F} \quad \text{(VIII.6)}$$

yazılabilir. Burada $\lambda = 1000\kappa/C$, molar iletkenliktir.

(VIII.5) denkleminden, $C \to 0$ için ayrışma derecesinin 1-e doğru gittiği ve λ-nın, sonsuz seyreltiklikteki molar iletkenlik diye nitelenen $\lambda\infty$ sınır değerine yaklaştığı sonucu çıkar. Bununla (VIII.6) denkleminden :

$$\lambda\infty = \lambda\ (C \to 0) = (u_{H^+} + u_{A^-})\ F \quad \text{(VIII.7)}$$

bağıntısı, ve dahası, herhangi bir derişim için :

$$\alpha = \lambda/\lambda\infty \quad \text{(VIII.8)}$$

bağıntısı elde edilir.

(VIII.8) denkleminin (VIII.5) denkleminde yerine konmasıyla Ostwald seyrelme yasası elde edilir :

$$\frac{(\lambda/\lambda\infty)^2}{1-(\lambda/\lambda\infty)} C = K_{HA} \quad \text{(VIII.9)}$$

(VIII.9) denklemi ölçümlerle sınanabilir. Ayrıntılara, özellikle $\lambda\infty$-nın eldesine bu durumda geçilemez. Şurası belirtilmelidir ki zayıf elektrolitler ($\alpha \ll 1$) diye anılanlar için çok yüksek olmayan derişimlerde (VIII.9) denklemi,

dikkate değer bir doğrulukla geçerlidir. Elektrolitsel ayrışma kuramının bu özel vargısının sınanması, özellikle kuramın kimyacılarca kabul edilmesine yardımcı olmuştur. Kısa zamanda, örneğin çözünürlük çarpımı, gerilim (= EMK), derişim pilleri bağıntıları vb. gibi daha başka vargılar geliştirilmiş ve aynı zamanda deneyle kanıtlanmıştır.

Öte yandan (VIII.9) denklemiyle uyum içinde olmayan gözlemler de vardır. $\lambda(C) \approx \lambda\infty$, böylelikle de $\alpha \approx 1$ ise, (VIII.8) ve (VIII.9) denklemlerinden:

$$\alpha \cong 1\,;\quad \frac{\lambda\infty - \lambda}{\lambda\infty} = 1 - \alpha \cong K/C \qquad \text{(VIII.10)}$$

elde edilir.

Çoğu tuzlar için ve ayrıca da HCl, NaOH vb. için, (VIII.10) denklemi, gözlemlerle uyum içinde değildir. Bunun yerine deneyimsel olarak şu bağıntı verilir ("$\propto$": "orantılıdır")*:

$$\frac{\lambda\infty - \lambda}{\lambda\infty} \propto C^{-1/2} \qquad \text{(VIII.11)}$$

Bundan başka, iletkenlik ölçümlerinden hesaplanan ayrışma dereceleri ile donma noktası alçalması ölçümlerinden ya da derişim pillerinin EMK'sının ölçümlerinden hesaplanan ayrışma dereceleri arasında dizgesel farklılıklar elde edilir.

Yukarda adı geçen uyumsuzluklar 1932'e dek «kuvvetli elektrolitlerin aykırılıkları» anahtar-sözcüğü ile verilmişti. Bununla birlikte bu uyumsuzluklar, elektrolitsel bir ayrışmanın kabulü karşısında, ilkesel bir karşı çıkış

(*): — ç.

değildir. Bunun yerine uyumsuzluklar iyon devingenliklerinin derişimden bağımsızlığı, ideal kütleler - etkisi yasasının geçerliği gibi ek öncüllerin düzeltilmelerine işaret eder; karşl. bunu izleyen kesim.

e) *Debye - Hückel elektrolit kuramı*

Sulu çözeltideki kuvvetli elektrolit aykırılıklarını yorumlamak üzere 1923 yılında Debye ve Hückel[5] kuramsal olarak, sulu çözeltilerdeki kuvvetli elektrolit çözeltilerinin termodinamiği için Coulomb yasasına göre artı ve eksi yüklü iyon etkileşmesinin vargılarını incelediler. Bunun ardından Debye ve Hückel[6] ve Onsager[7] tarafından elektriksel iletkenlik için vargılar da incelendi.

Bunu izleyen yıllarda kuramın önermelerinin deneysel verilerle karşılaştırıldığı pek çok çalışma yürütülmüştür. Yüksekçe derişimlerde, daha başka değiştirgenlerin işe sokulmasıyla hesaplanabilen etkiler ortaya çıktığından, küçük derişimlerde elektrolit çözeltilerinin davranışı için sınır yasaları, «kuramın sınanmasında» özel öneme sahiptir. Bu türden bir sınamanın anlamı nedir? Temel öncül, verilen dielektrik sabitli bir ortamdaki nokta yükler için Coulomb yasasıdır. Böyle bir Coulomb yasası öteki deneyler açısından yeterince sağlamdır ve daha ileri derecede sınanmayı gereksinmez. Ama atomsal boyutlar alanında, çözücünün kaba tanımlı dielektrik sabitinin kullanılması gereği, kendiliğinden anlaşılamayan bir yaklaşımdır. Ayrıca, hesaplamanın yalınlaştırılması için çeşitli yaklaşımlar kullanılmıştır. Özellikle, elektriksel yük yoğunluğunun zamansal ortalama değeri, Laplace denkleminde yerine konmuştur. Dahası, yalnızca üssel izlevlerin seri açılımlarının ilk terimleri kullanılmıştır. Bu yaklaşımlar açısından kuramsal önermeler ile deney sonuçları arasında farklılıklar olabilir. Bu nedenle, de-

neysel veriler yardımıyla kuramın sınanması arzulanmaktaydı. Burada türetilen sınır yasaları ile karşılık gelen deney verileri arasında yeterli bir uyum elde edilmiştir. Bundan da öte, bunu izleyen kuramsal çalışmalar yoluyla hesaplamanın yalınlaştırılması amacıyla sokulan yaklaşımların, küçük derişimler için sınır yasalarının geçerliğine zarar vermediği gösterilmiştir [18].

f) *Hidrojen iyodür oluşumunun kinetiği ve işlergesi*

400°C'da hidrojen iyodür oluşumu için

$$H_2 + I_2 = 2\ HI \qquad \text{(VIII.12)}$$

Bodenstein [19] (1897) şu deneyimsel hız denklemini (zaman yasasını) bulmuştur:

$$\frac{d[HI]}{dt} = \vec{k}\,[H_2]\,.\,[I_2] - \overleftarrow{k}\,[HI]^2 \qquad \text{(VIII.13)}$$

(VIII.13) denkleminde $[H_2]$, $[I_2]$ ve $[HI]$, her bir türden moleküllerin derişimleri, $\vec{k}$ ve $\overleftarrow{k}$ ileri ve geri tepkimeler için hız sabitleridir. Hız denklemini şu biçimde açıklamak uygun düşer: İleri tepkime, bir H_2 molekülü bir I_2 molekülü ile çarpıştığında ve moleküller, ortalama enerji değeri (= etkinleşme enerjisi) karşısında yeterli bir enerji fazlası içerdiklerinde cereyan eder. Genel düşüncelere göre hacim birimi başına çarpışma sayısı, tepkimeye katılanların derişimleri çarpımıyla orantılıdır. Böylece tepkime hızı (= hacim birimi başına dönüşüm oranı) da derişimlerin çarpımıyla orantılıdır. Her HI molekül ikilisi arasında bir çarpışmanın gerekli olduğu geri tepkime için de karşılık gelen şeyler geçerlidir.

Raff ve arkadaşları [20] yeni olarak seçenekli bir işlergeye dikkat çekmişlerdir. Buna göre:

$$I_2 \rightleftarrows 2\ I \qquad \text{(VIII.14)}$$

ayrışma dengesinin pratikçe kurulduğu ve HI oluşumunun, bir H_2 molekülü ile iki iyot atomu arasındaki üçlü bir çarpışmayla

$$H_2 + 2\ I \rightarrow 2\ HI \qquad \text{(VIII.15)}$$

sağlandığı kabul edilmektedir.

(VIII.14) tepkime dengesinde, [I] derişimi $[I_2]^{1/2}$ ile ve (VIII.15) üçlü çarpışma tepkimesinin hızı da $[H_2] . [I]^2$ ile orantılı olduğundan, (VIII.14) ve (VIII.15) tepkimelerine göre olan işlerge de, (VIII.13) denklemindeki hız bağıntısına karşılık gelir. Nicem mekaniği hesaplamalarına göre adı geçen ikinci işlerge için hız, birinci işlergeninkinden on sayısının yaklaşık bir kaç kuvveti kadar daha büyüktür. Bununla Raff ve arkadaşları, 400°C'da HI oluşumunun ağırlıklı olarak ikinci işlergeye göre yürüdüğü sonucuna varmışlardır.

Şimdiye dek tüm ders kitaplarında verilmiş olan birinci işlerge için, (VIII.13) denklemindeki hız bağıntısı yalnızca koşullu bir kanıt sağlar. Öteki durumların çoğunda deneylerle bulunmuş hız bağıntısına dayanan bir tepkime işlergesi üzerine önermeler, yine çeşitli anlamlara gelir.

g) *Hidrojen bromür oluşumunun kinetiği ve işlergesi*

400°C'da hidrojen bromür oluşumu için

$$H_2 + Br_2 = 2\ HBr \qquad \text{(VIII.16)}$$

Bodenstein ve Lind [21] (1907) şu deneyimsel hız denklemini bulmuşlardır:

$$\frac{d[HBr]}{dt} = \frac{k[H_2] . [Br_2]^{1/2}}{1 + x\,[HBr] / [Br_2]} \qquad \text{(VIII.17)}$$

Burada k ve x, değiştirgen olarak sabitlerdir. HBr'nin yokluğunda şu bağıntı geçerlidir :

$$(\text{eğer } [HBr] = 0 \text{ ise}) : d\,[HBr]/dt = k\,[H_2] \cdot [Br_2]^{1/2} \qquad \text{(VIII.18)}$$

$Br_2 \rightleftarrows 2\,Br$ tepkime dengesi durumunda, brom atomları derişimi $[Br_2]^{1/2}$ ile orantılıdır. Tepkime hızının $[Br_2]^{1/2}$ ile orantılı olması, HBr yokluğunda tepkime hızının H_2 molekülleri ile Br atomları arasındaki bir tepkime ile belirlendiğini gösterir. Buna karşın Christiansen [22], Herzfeld [23] ve de Polanyi [24] şu tepkime işlergesini önermişlerdir :

$$Br_2 \rightleftarrows 2\,Br \qquad \text{(VIII.19.1)}$$

$$Br + H_2 \rightleftarrows HBr + H \qquad \text{(VIII.19.2)}$$

$$H + Br_2 \rightleftarrows HBr + Br \qquad \text{(VIII.19.3)}$$

Birincil öncül olarak bu tepkime hızından yola çıkarak, aşağıdaki yardımcı kabullerin sokulmasıyla, deneyimsel (VIII.17) hız denklemi elde edilir :

(1) Tepkimeye giren karışımda H atomları ve Br atomlarının derişimleri H_2, Br_2 ve HBr moleküllerinin derişimleri karşısında küçüktür.

(2) (VIII.19.1) tepkime dengesi pratikçe kurulur. Böylelikle Br derişimi :

$$[Br] = K^{1/2}\,[Br_2]^{1/2} \qquad \text{(VIII.20)}$$

biçiminde verilir. Burada K, (VIII.19.1) tepkimesinin denge sabitidir.

(3) H_2 moleküllerinin ayrışması ve H atomlarının yeniden birleşmesi için hızlar, HBr oluşum hızı karşısında küçüktürler.

(4) Kısa bir irgitme dönemi sonunda, (VIII.19.2) denklemine göre hidrojen atomlarının net oluşum hızının, (VIII.19.3) denklemine göre net harcanma hızına pratikçe eşit olduğu durağanımsı bir durum kurulur:

$$\vec{k_2}\,[Br]\,.\,[H_2] - \overleftarrow{k_2}\,[HBr]\,.\,[H] = \vec{k_3}\,[H]\,.\,[Br_2] - \overleftarrow{k_3}\,[HBr]\,.\,[Br] \qquad \text{(VIII.21)}$$

Burada $\vec{k_2}$ ve $\overleftarrow{k_2}$ ve de $\vec{k_3}$ ve $\overleftarrow{k_3}$, sırasıyla (VIII.19.2) ve (VIII.19.3) olaylarının ileri ve geri tepkimelerinin hız sabitleridir.

(VIII.21) denkleminden, durağanımsı durumdaki hidrojen atomları derişimi için şu elde edilir:

$$[H]_{dur} = \frac{\vec{k_2}\,[H_2] + \overleftarrow{k_3}\,[HBr]}{\overleftarrow{k_2}\,[HBr] + \vec{k_3}\,[Br_2]}\,.\,[Br] \qquad \text{(VIII.22)}$$

(VIII.20) ve (VIII.22) denklemlerinin kullanılmasıyla, (VIII.19.2) ve (VIII.19.3) denklemlerine göre HBr'nin net oluşum hızı için şu sonuç bulunur:

$$\frac{d[HBr]}{dt} = \vec{k_2}\,[Br]\,.\,[H_2] - \overleftarrow{k_2}\,[HBr]\,.\,[H] + \overleftarrow{k_3}\,[H]\,.\,[Br_2] - \vec{k_3}\,[HBr]\,.\,[Br]$$

$$= \frac{\vec{k_2} K^{1/2}\,[H_2]\,[Br_2]^{1/2} - (\vec{k_2}\overleftarrow{k_3}K^{1/2}/\vec{k_3})\,[HBr]^2.[Br_2]^{-1/2}}{1 + (\overleftarrow{k_2}/\vec{k_3})\,[HBr]/[Br_2]} \qquad \text{(VIII.23)}$$

Paydaki eksi terim, toplam (VIII.16) olayının geri tepkimesine ilişkin olup Bodenstein ve Lind'in deney koşulları altında yoksayılabilir büyüklüktedir. Çünkü 400°C'da denge pratikçe tamamen sağ tarafa kayar. Ay-

rıca $k = k_2 K^{1/2}$ ve $\varkappa = k_2/k_3$ konursa, (VIII.17) ve (VIII.23) denklemlerinde deneysel ve kuramsal olarak türetilmiş hız bağıntısı arasında bir özdeşlik elde edilir.

Yukardaki hesaplamada kısmen birbirlerine bağlı olan dört yardımcı kabul kullanılıyor. Bu yardımcı kabuller daha başka deneysel incelemelerle (VIII.19.1)-den (VIII.19.3)-e dek olan denklemlerdeki her bir yalın tepkimenin ve de $H_2 \leftrightarrows 2\,H$ olayının hız sabitlerinin belirlenmesiyle, geçerli bir biçimde kanıtlanmıştır.

Eğer her bir yalın tepkimedeki hız sabitlerinin sayısal değerleri bilinir, yalınlaştırma yapmadan HBr oluşum hızı hesaplanır ve ancak sonunda uygun biçimde durağanımsı bir tepkime yürüyüşü için her bir yalın tepkimedeki hız sabitlerinin büyüklük mertebeleri ölçüsündeki farklılıklarından elde edilen yalınlaştırmalar yapılırsa, (VIII.17) denklemi seçenekli olarak yardımcı kabuller olmadan da elde edilebilir. Bu seçenekli hesaplama yolu oldukça karmaşıktır ve açık değildir. Bu nedenle, sonradan haklı çıkarılabilen yardımcı kabullerin kullanılmasıyla yukarda verilen hesaplama, özel olarak öğretici görüş açısından önemli yararlara sahiptir.

KAYNAKLAR

1. K. R. Popper, *Araştırma Mantığı (Logik der Forschung)*, 2. Baskı, s. 14 ff. J. C. B. Mohr, Tübingen, 1966.
2. K. R. Popper, *(aynı yapıt)*, s. 225.
3. K. R. Popper, *(aynı yapıt)*, s. 223.
4. E. Mach, *Fiziksel Araştırmanın Evrensel Doğası (Die ökomenische Natur der physikalischen Forschung)*, Gerold, Wien, 1882.
5. E. Mach, *Tarihsel-Eleştirel Gösterimle Kendi Gelişiminde Mekanik (Die Mechanik in ihrer Entwicklung, historisch-*

kritisch dargestellt), 2. Baskı, s. 452-466. F. A. Brockhaus, Leipzig, 1889.

6. K. D. Heller, *Ernst Mach*, s. 48-61. Springer-Verlag, Wien, 1964.
7. P. Duhem, *Fiziksel Kuramların Amacı ve Yapısı (Ziel und Struktur der physikalischen Theorien)*, F. Adler'in çevirisi, s. 20-22. Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1908.
8. B. Bavink, *Doğabilimlerinin Sonuçları ve Sorunları (Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften)*, 9. Baskı, s. 39. S. Hirzel, Zürich, 1949.
9. G. Frege, *Aritmetiğin Temel Yasaları (Grundgesetze der Arithmetik)*, Cilt. I, s. VI. Verlag von Hermann Pohle, Jena, 1893.
10. R. Houwink, *Maddenin Esnekliği, Plastikliği ve Yapısı (Elastizität, Plastizität und Struktur der Materie)*, Verlag Th. Steinkopff, Dresden ve Leipzig, 1938.
11. J. H. van't Hoff, *Z. physik. Chem. 1*, 777 (1887).
12. M. Planck, *Z. physik. Chem. 1*, 577 (1887).
13. S. Arrhenius, *Z. physik. Chem. 1*, 631 (1887).
14. W. Ostwald, *Z. physik. Chem. 2*, 36, 270 (1888).
15. P. Debye ve E. Hückel, *Physik. Z. 24*, 185 (1923).
16. P. Debye ve E. Hückel, *Physik. Z. 24*, 305 (1923).
17. L. Onsager, *Physik. Z. 27*, 388 (1926); *28*, 277 (1927).
18. Ötekilerle karşl. A. Münster, *İstatistiksel Mekanik (Statistische Mechanik)*, s. 779-790. Springer-Verlag, Berlin, 1956.
19. M. Bodenstein, *Z. physik. Chem. 22*, 1 (1897); *29*, 295 (1899).
20. L. M. Raff, D. L. Thomson, L. B. Sims ve R. N. Porter, *J. Chem. Phys. 56*, 5998 (1972).
21. M. Bodenstein ve S. C. Lind, *Z. physik. Chem. 57*, 168 (1907).
22. J. A. Christiansen, *Kgl. Dan. Vidensk. Selsk. Mat. Fys. Medd. 1*, 14 (1919).
23. K. F. Herzfeld, *Ann. Phys.* (4) *59*, 635 (1919).
24. M. Polanyi, *Z. Elektrochem. 26*, 49 (1920).

IX. MODELLER

1. Genel

«Model» sözcüğünün anlamını vermek kolay değildir, çünkü bu sözcük artan bir kapsamda çok çeşitli durumlar için kullanılmaktadır. Sanatta model, bir ressam ya da yontucunun yaratacağı bir sanat yapıtı için örnek olarak kullandığı bir eşya ya da yaşayan bir kişi anlamına gelir. Mimarlıkta model, bir yapının küçültülmüş tıpkısı anlamındadır. Model sözcüğü aynı anlamda makinacılıkta da kullanılır. Model sözcüğü fiziğe, atomun yapılanması üzerine Rutherford'un sunumlarıyla bağlantılı olarak bir giriş bulmuştur. Dar anlamda bir model, coğrafya alanında yer-ölçümsel bir harita gibi yaklaşık aynı görevi yerine getirir. İdeal durumda bu türden bir model, gerçek eşyanın «geometrik benzeridir», yani modelin tüm boyutları gerçek eşyanın boyutlarından sabit bir çarpan kadar daha küçük ya da daha büyüktürler. Pratikte ise karşımıza, kuşkusuz çoğu kez bilinçli olarak temellenmiş sapmalar çıkmaktadır. Bir mimarın modelinde süslemeler, kapı kolları ya da benzeri önemsiz ayrıntılar gözardı edilir. Bir yer-ölçümsel haritada, doğadaki yükseklik farklı-

lıkları eşyükselti eğrileriyle verilir. Akarsuların ve yolların genişliği genel olarak ölçeğe uygun bir doğrulukla verilmez. Modeller geniş anlamda fiziğe ve kimyaya iki nedenden ötürü sokulmuştur :

a) Atomlar ya da moleküller arasındaki etkileşme kuvvetlerinin ayrıntıları henüz gerçek bir sistem biçiminde araştırılmamışsa, gerçek sistemin davranışına bir modelin davranışıyla yaklaşılabilir. Örnek olarak, klasik kinetik gaz kuramında gerçek moleküller yerine kaskatı kürelerin geçirilmesiyle bir gaz içindeki taşınma büyüklüklerinin (akmazlık, ısı iletimi, yayınma) yaklaşık hesaplanması verilebilir.

b) Gerçek bir sistemin matematiksel olarak işlenmesi çok az kavranabilir sonuçlara götürüyorsa, matematiksel işlenmesi yeterince basit olan bir modelle kavranabilir sonuçlar elde edilecek biçimde gerçek sisteme yaklaşmak yararlı olabilir. Bu anlamda ders programlarındaki Bohr hidrojen atomu modelinin, bugün bile büyük önemi vardır.

Bir modelin ortaya atılması için yukarda adı geçen nedenler temelde birbirinden farklıdır. Ama çoğu durumlarda her iki neden de üstüste çakışır.

Gerçek bir sistemin yerine bir modelin sokulması, bir «bilinçli sayıltıdır». Vaihinger[1] «İmiş Gibi'nin Felsefesi» adlı kitabında sosyal bilimler ve doğabilimleri alanında, sayıltıların kullanılmasını pek çok örnekle göstermiştir. Adı geçen bu kitapta «sayıltı» kavramı çok geniş bir anlamda kapsanmıştır.

2. Örnekler

Daha yakından kavranılması için fizik ve kimyadan aşağıdaki örnekler verilmiştir :

1. Organik bileşiklerin büyük çeşitliliği, klasik yapı-biliminde her bir karbon atomunun doyurulabilir dört değerliğe, her bir hidrojen ve halojen atomunun doyurulabilir bir değerliğe, her bir oksijen atomunun doyurulabilir iki değerliğe vb. sahip olduğu ve kararlı organik moleküllerdeki bu değerliklerin her seferinde ikişer ikişer birbirini doyurdukları şeklinde betimlenir. Doyurulabilir değerlikler kaba bir görünümle, birbirleriyle kenetlenebilen kancalara karşılık gelirler. Her bir kenetlenme, klasik organik kimya formüllerindeki bir çizgiye karşılık gelir. Bu bilinçli sayıltı daha geniş alanlarda, bilinen organik bileşiklerin (stereo-izomerler de bunlar arasındadır) büyük çeşitliliğini sistematik olarak kaydetmek ve yeni bileşiklerin varlığını önceden kestirmek için bulgusal değere sahip bir sayıltı olarak ortaya çıkmıştır. Öte yandan bu türden modele uygun bir betimlemenin sınırları, özellikle benzende ve çok-çekirdekli aromatik bileşiklerde, iyi bilinmektedir.

Çengellerin ve halkaların yardımcı sunumunun sayıltısal niteliği tam açıklıkla gösterilmemişse, özel olarak derslerde yukarda adı geçen sayıltının kullanılması da anlama güçlüklerine götürebilir; (karşl. Heisenberg[2]'in öğrencileriyle yaptığı bir konuşma üzerine rapor). Aynı şekilde, öğrencilerin anlamasını güçleştirmemek için, «yörüngemsiler» yardımıyla organik bileşiklerin yeni betimleme biçimlerinin model niteliğine açıklıkla değinilmesi gereklidir.

2. Kimya ve mineralbilimi ders kitaplarında, örneğin Na^+, K^+, F^-, Cl^- vb. için iyon yarıçaplarına ilişkin tablolar bulunur. Kristallerdeki ağ düzlemleri aralıkları, X-ışını kırınım fotoğrafları yardımıyla doğrudan belirlenebilir. Buradan kristal yapısı ve ilgili örgü sabitleri türetilebilir. NaCl yapısındaki kristallerde bitişik

komşuların (katyon - anyon) uzaklığı, örgü sabitinin yarısına eşittir. Aynı anyonlu ve farklı katyonlu tuzlar için verilerin karşılaştırılmasında lityum—, sodyum— ve potasyum— tuzları için aralık farklarının anyon türünden oldukça bağımsız olduğu bulunur[3]. Bu bulgu, karşılıklı değme durumundaki kaskatı küre biçimli iyonların bir modeliyle betimlenebilir. Böylece katyon - anyon açıklıkları, katyon ve anyonun yarıçapları toplamına eşittir.

Magnezyum— ve mangan - kalkojenürlerin katyon - anyon açıklıkları için aşağıdaki değerler ve farklar elde edilir :

MnO :	2,2224 Å	MnS :	2,6118 Å	MnSe :	2,724 Å
MgO :	2,1056 Å	MgS :	2,6017 Å	MgSe :	2,726 Å
Fark:	0,1168 Å		0,0101 Å		—0,002 Å

MnO ve MgO için verilerden Mn^{2+} ve Mg^{2+}-nin yarıçapları farkının, yaklaşık 0,12 Å olduğu sonucu çıkarılabilir. MnS ve MgS ve de MnSe ve MgSe için katyon - anyon uzaklıklarının pratikçe eşit oldukları biçiminde önceden beklenmiyen bulgu, bu durumlarda komşu anyonların değme durumunda bulundukları ve böylece birim hücrenin yüzey köşegeni uzunluğunun, anyon yarıçapının dört katına eşit olduğu, öte yandan da oldukça küçük katyonların var olan boşluklarda konumlandıkları kabul edilerek yorumlanabilir. MgS ve Mns-ün örgü sabitlerinden kükürt iyonlarının, benzer biçimde MgSe ve MnSe-ün örgü sabitlerinden de selenyum iyonlarının yarıçapı hesaplanabilir. Bu verilerin birleştirilmesiyle artakalan katyon ve anyonların yarıçaplarının ayrı değerleri elde edilir.

Açıktır ki, dışa doğru sürekli azalan yoğunlukta elektron «kabuklarına» sahip iyonlar yerine, tanımlanmış yarıçaptaki küreler kavramı bilinçli bir sayıltıdır. Ama onun kullanılması, deneysel olarak belirlenen örgü sabitlerinin özetlenerek incelenmesindeki başarıyla haklı çıkarılmıştır. Örgü sabitlerinin toplanırlığı yalnızca yaklaşımsal geçerlikte olduğundan, tablolanmış iyon yarıçaplarının kullanılmasıyla henüz deneysel olarak belirlenmemiş örgü sabitlerinin önceden kestirilmesi, yalnızca belirli bir kesinsizlikte olanaklıdır.

3. Kimyada çoğu öteki durumlarda modeller için temel olarak kullanılan toplanabilir bağıntılar bulunur. Orto—, meta— ve para - diklorbenzen gibi birden fazla ucaysal gruplu organik moleküllerin çiftucay momentleri, yaklaşık olarak grup momentlerinin vektörsel toplamıyla hesaplanabilir[4]. OH ya da CH_2Cl gibi ayrı grupların serbest - dönebilirliği de uygun bir biçimde hesaba katılır.

4. Bir katı ya da sıvı karışımın molar karışma enerjisi ya da karışma entalpisi, çoğu zaman yarı - kimyasal denilen kuram[5/6] yardımıyla hesaplanır. Olaya katılan ve yarı - küresel bakışımlı olarak koşullanan atom ya da moleküller arasında, merkezsel kuvvetlerin bulunduğu bir modelin kullanılması temel alınır; yani çok sayıdaki tanecikli bir sistemin etkileşme enerjisinin, ikişer tanecik arasındaki etkileşme enerjilerinden toplanabilir biçimde hesaplanabileceği kabul edilir. Böylelikle, karşılıklı uzaklıkları r_{12}, r_{13} ve r_{23} olan ve çift - enerjileri $E_{12}(r_{12})$, E_{13} (r_{13}) ve E_{23} (r_{23}) olan 1, 2 ve3 taneciklerinden oluşan bir sistemin E_{123} enerjisi için :

$$E_{123}\,(r_{12}, r_{13}, r_{23}) = E_{12}\,(r_{12}) + E_{13}\,(r_{13}) + E_{23}\,(r_{23}) \quad \text{(IX.1)}$$

eşitliği yazılır.

Bir alaşımın ayrı atomları arasındaki merkezsel kuvvetlerin kabulü bağımsız olarak sınanabilir. Merkezsel kuvvetler durumunda Cauchy'ye göre tek boyutlu esnek bir zorlamadaki çapraz büzülme katsayısı 1/3-e eşit olmalıdır. Deneysel olarak bulunan değer genellikle bundan sapar. Buna göre merkezsel kuvvetlerin kabulü, gerçekteki davranışa karşılık gelmez.

Sık istif durumundaki ikili bir A-B karışımının en yalın durumunda E karışma enerjisi için serbest atomlar ya da moleküllerin enerjisine oranla, daha uzaktaki atomlar ya da moleküller arasındaki etkileşme enerjisinin yoksayılmasıyla :

$$E = P_{AA}E_{AA} + P_{AB}E_{AB} + P_{BB}E_{BB} \qquad \text{(IX.2)}$$

eşitliği bulunur. Burada, P_{ij} : i ve j türündeki atom ya da molekül çiftlerinin sayısı, E_{ij} : karşılıklı değme durumundaki bir (ij) çifti için etkileşme enerjisidir.

Arı durumda katı ya da sıvı bileşenlerin karışmasındaki entalpi değişiminin en son biçimiyle hesaplanmasını yalınlaştırmak için daha başka yaklaşımlar kullanılır (atom ya da moleküllerin eşit yarıçaplarda olduğu, A ve B bileşenlerinin atom ya da moleküllerinin ise düzensiz dağılımda olduğunun kabulü).

Verilen bir Z düzenleşim sayısı (= bir atomun en yakın komşularının sayısı) için, çiftlerin P_{ij} sayıları ile A ve B atomlarının karışımdaki N_A ve N_B sayıları arasında aşağıdaki bağıntılar geçerlidir :

$$2P_{AA} + P_{AB} = Z N_A \qquad \text{(IX.3a)}$$
$$2P_{BB} + P_{AB} = Z N_A \qquad \text{(IX.3b)}$$

Arı A maddesinde $P_{AA} = \frac{1}{2} Z N_A$, $P_{AB} = 0$, $P_{BB} = 0$'-

dır, yani enerji $\frac{1}{2} Z N_A E_{AA}$ değerine eşittir. Arı B maddesinde ise $P_{BB} = \frac{1}{2} Z N_B$, $P_{AA} = 0$, $P_{AB} = 0$'dır, yani enerji $\frac{1}{2} Z N_B E_{BB}$ değerine eşittir. Karışım ile arı maddeler arasındaki ΔE enerji farkı için buradan şu elde edilir:

$$\Delta E = E - \frac{1}{2} Z N_A E_{AA} - \frac{1}{2} Z N_B E_{BB}$$

$$= P_{AB} \left[E_{AB} - \frac{1}{2}(E_{AA} + \frac{1}{2} E_{BB})\right] \quad \text{(IX.4)}$$

Bir karışımda mol kesirleri x_A ve x_B olan A ve B atomlarının düzensiz dağılımı durumunda, bir A atomunun belirli bir örgü yerindeki varlığı için olasılık x_A-ya, bir B atomunun belirli bir örgü yerindeki varlığı için olasılık ise x_B-ye eşittir. Böylece belirli yerlerdeki AB biçimlenmesinin olasılığı $x_A . x_B$-ye eşittir. BA biçimlenmesinin olasılığı da aynı büyüklüktedir. Toplam $N_O = 6 . 10^{23}$ atom ile, bir mol içinde $\frac{1}{2} Z N_O$ sayıda çift - bağlanma olduğundan, P_{AB} şöyle verilir:

$$P_{AB} = \frac{1}{2} = Z N_O x_A x_B \quad \text{(IX.5)}$$

(IX.5) denkleminin (IX.4) denkleminde konulmasıyla x_B mol kesrinin izlevi olarak H^M integral karışma ısısı için şu bağıntı elde edilir:

$$H^M = \Delta E \text{ (mol başına)} = \Omega\, x_A x_B = \Omega\, (1-x_B)\, x_B \quad \text{(IX.6)}$$

Burada Ω, derişiminden bağımsız bir değiştirgen olup:

$$\delta\mathfrak{U} = Z\ N_0\ [E_{AB} - \frac{1}{2}(E_{AA} + E_{BB})] \qquad (IX.7)$$

eşitliği ile verilir.

Sayıltısal bir modelin kullanılmasına ve hesaplamanın yalınlaştırılması için yaklaşımların kullanılmasına karşın çoğu sistemlerde, özellikle alaşımlarda, deneysel olarak belirlenen karışma ısısının bileşenlerin karışma oranına bağlılığı, (IX.6) denkleminin yaklaşımsal olarak doğrulanması asla temeldeki (IX.1) ya da (IX.2) denkleminin doğrulanması olarak değerlendirilmemelidir. (IX.6) denkleminin geçerliği, (IX.2) denkleminin geçerliği için yalnızca bir gerekli koşul olup yeterli bir koşul değildir.

5. Daha önce yukarda, gerçek moleküller yerine kaskatı kürelerden oluşan bir modelden yola çıkarak bir gazın taşınma büyüklüklerinin (akmazlık, ısı iletimi, yayınma) hesaplanmasına değinildi. Eğer çekme kuvvetleri Sutherland[7]'ın bir düzenlemesine göre hesaba katılırsa, daha bir yaklaşım elde edilir. Böylece iç sürtünmenin sıcaklığa bağlılığı için denklemler, düşük sıcaklıklardaki deneysel verilerle oldukça daha iyi bir uyum içinde elde edilirler. Örneğin, r_{ij} uzaklığının izlevi olarak bir molekül çiftinin E_{ij} potansiyel enerjisi için :

$$E_{ij} = -\frac{a_{ij}}{r^{m_{ij}}} + \frac{b_{ij}}{r^{n_{ij}}} \qquad (IX.8)$$

konursa, model daha da düzeltilebilir.

Sağ taraftaki a_{ij} sabitli birinci terim i ve j moleküllerinin çekmesine, b_{ij} sabitli ikinci terim ise itmesine karşılıktır. m ve n üsleri için, örneğin Lennard - Jones [8]'a göre $m = 6$ ve $n = 12$ olmak üzere, çeşitli değerler kullanılabilir.

6. İdeal bir gaz evresi ya da seyreltik bir çözelti içindeki bir tepkime için denge koşulunun türetilmesinde, dengede ileri ve geri tepkimelerin hızlarının eşit oldukları önermesinden yola çıkılabilir. Örnek olarak HBr-nin elementlerinden oluşumu ele alınabilir :

$$H_2 + Br_2 = 2\ HBr \qquad \text{(IX.9)}$$

Bir model açısından ileri tepkimenin, H_2 ve Br-nin çarpışmasını gerektirdiği, yani hızın $[H_2]$ ve $[Br_2]$ derişimleri çarpımıyla orantılı olduğu kararlaştırılabilir. Benzer biçimde geri tepkimenin, her 2 HBr moleküllerinin çarpışmasını gerektirdiği, yani hızın $[HBr]^2$ ile orantılı olduğu kararlaştırılabilir. Böylelikle denge koşulu için :

$$\vec{k} \cdot [H_2] \cdot [Br_2] = \overleftarrow{k} \cdot [HBr]^2 \qquad \text{(IX.10)}$$

yazılır. Burada, k ve k, karşılık gelen hız sabitleridir. (IX.10) denkleminden :

$$\frac{[HBr]^2}{[H_2] \cdot [Br_2]} = K \qquad \text{(IX.11)}$$

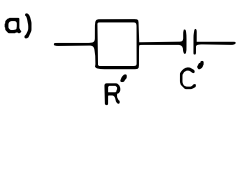
yazılır. Burada, $K = \vec{k}/\overleftarrow{k}$ olup denge sabitidir.

İleri ve geri tepkimelerin hız bağıntısı, olanaklı bir tepkime işlergesine karşılık gelir. Gerçekten (IX.9) tepkime dengesinin kurulması, üstünlükle ara ürünler olarak hidrojen ve brom atomlarıyla bir tepkime zinciri üzerinden yürür (karşl. Bölüm VIII. 2f). Yukarda verilen tepkime işlergesine ilişkin model, bu nedenle bir sayıltıdır. Bununla birlikte, (IX.11) denkleminde denge koşulunun doğru biçimi elde edilir, çünkü termodinamiğin genel ilkelerine göre bir dengenin konumu tepkime yolundan ve tezgenlerin etkileşmesinden bağımsızdır.

7. Elektrot 1 | Elektrolit | Elektrot 2 biçimindeki bir galvanik hücreye bir değişken gerilimin uygulanmasıyla kurulan U gerilimi karşısında I akımında bir evre kayması gözlenir. Aynı davranışı seri ya da koşut bağlanmış bir R direnci ile bir C sığacının birleşimi de gösterir[9]. Buna göre önverilen bir sıklıkta ve çok büyük olmayan gerilimde ($|U| \ll 0{,}025$ volt) bir galvanik hücrenin davranışı, Şekil.IX.1 (a) ya da IX.1 (b)'de gösterilen eşdeğer devre ile verilebilir. Oysa Şekil. IX.1 (a) ve IX.1 (b)'de verilen eşdeğer devreler yalnızca belirli bir sıklık için birbirine denktir. Büyük bir sıklık aralığı için davranış, belirli koşullar altında Şekil.IX.1 (a)'da görülen eşdeğer devreli bir modelde verilir. Şekil.IX.2'deki Elektrot 1, Elektrolit çözeltisi ve Elektrot 2 için karmaşık ayrı dirençlerin seri bağlandığı eşdeğer devre daha gerçekçidir. Burada her bir ayrı direnç, koşut bağlanmış bir etkin direnç ile bir sığaçtan oluşur. Başka bir deyişle: I akım şiddetinin U gerilimine ve sıklığa bağlılığı açısından hücre, sanki etkin dirençlerin ve sığaçların Şekil.IX.2'de gösterilen birleşimi varmış gibi davranır. Eşdeğer devre şemaları, U ve I arasında deneylerle elde edilen bağıntıyı göstermek ve eşdeğer devre şeması yardımıyla hücrenin gerçek davranışını belirleyen (özellikle elektrolit direnci, etkinleşme ucaylanması, çift katman sığası gibi) etmenler üzerine önermeler elde etmek için çoğu yazarlarca kullanılır. Bununla birlikte, seçenekli olarak aynı önermeler, bir eşdeğer devre şeması kullanılmadan da, I/U oranının karşılık geldiği matematiksel bir çözümlemeden, karmaşık bir yazım biçimiyle, ω açısal sıklığının izlevi olarak elde edilebilir.

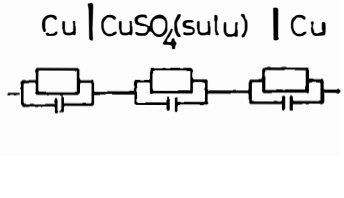
Elektrotlarda önemli bir derişim ucaylanması, yani elektrot yüzeyi ile elektrolitin iç kısmı arasındaki ya-

yınma yoluyla madde alışverişinin sonlu hızı sonucunda tepkenlerin yoksullaşması ya da ürünlerin zenginleşmesi durumu ortaya çıkarsa, etkin dirençlerin ve sığaçların hiç bir birleşmesinin I/U oranının ω-ye bağlılığını vermeyeceği belirtilmelidir. Hücrenin davranışı yalnızca derişim ucaylanmasıyla belirlenirse, Warburg[10]'a göre ω-dan bağımsız bir π/4-lük evre kayması ile şu bağıntı (orantılılık) geçerlidir :



Şekil.IX.1.

a) Seri durumda R' etkin direnci ve C' sığacı,
b) Koşut bağlamada R'' etkin direnci ve C'' sığacı ile eşdeğer devre şeması.



Şekil.IX.2.

Cu/CuSO₄(sulu)/Cu pili için eşdeğer devre şeması.

$$I/U \propto (-1)^{1/4} . \omega^{1/2} \qquad (IX.12)$$

Daha yüksek gerilimlerde ($|U| \gg 0{,}025$ volt), I/U oranı, sabit tutulan sıklıkta genellikle artık U-dan bağımsız değildir, yani çizgisel olmayan bir belirgin akım - gerilim özelliği vardır. Bu durumda da davranış, etkin dirençlerin ve sığaçların hiç bir birleşimi ile verilmez.

3. Modellerin geçerlik sınırları

Bir modelden kaynaklanan kuramsal önermeler bir bakıma, yalnızca sınırlı bir geçerliğe sahip olabilmek-

tedirler. Ve yine, geçerlik sınırları ayrı durumlar için kuramsal önermelerin deneysel verilerle karşılaştırılmasıyla elde edilir. Ancak, ayrı veriler yardımıyla geçerlik sınırlarını genel bir biçimde formüllendirmek güçtür. Bu nedenle bir modelden kaynaklanan önermeler, genel olarak açıktan formüllendirilmiş öncüllerle bir kuramdan kaynaklanan önermelere göre daha büyük bir belirsizlik derecesine sahiptirler. Bu sınırlamaya karşın modellerin bulgusal değeri küçümsenmemelidir.

Kuramsal önermelerin geçerlik alanı bir modelin düzeltilmesiyle genişletilebilir. Buna daha önce yukarda, gazlardaki taşınma özelliklerinin sıcaklığa bağlılığının hesaplanmasıyla bağlantılı olarak değinildi. Bir modelin düzeltilmesi gereken ek değiştirgenlerin sokulması anlamına da gelir. Ama, çok sayıdaki değiştirgenler nedeniyle bir model, bulgusal değerini yitirir.

KAYNAKLAR

1. H. Vaihinger, *İmiş Gibi-nin Felsefesi (Die Philosophie des Als Ob)*, Verlag von Reuther und Reichard, Berlin, 1913.
2. W. Heisenberg, *Parça ve Bütün (Der Teil und das Ganze)*, s.12 ff., R. Piper & Co. Verlag, München, 1969.
3. Ötekilerle karşıl. H. Krebs, *Anorganik Kristal Kimyasının Temelleri (Grundzüge der anorganischen Kristallchemie)*, Ferdinand Erke Verlag, Stuttgart, 1968.
4. P. Debye, *Ucaysal Moleküller (Polare Molekeln)*, S. Hirzel, Leipzig, 1929.
5. K. F. Herzfeld ve W. Heitler, *Z. Elektrochem. 31*, 536 (1925).
6. E. A. Guggenheim, *Proc. Roy. Soc. (London) A 148*, 304 (1935).
7. W. Sutherland, *Phil. Mag.* (5) *36*, 507 (1893).
8. J. E. Lennard-Jones, *Physica 4*, 941 (1937).
9. K. J. Vetter, *Elektrokimyasal Kinetik (Elektrochemische Kinetik)*, s, 267-275. Springer-Verlag, Berlin, 1961.
10. E. Warburg, *Ann. Physik 67*, 493 (1899).

X. ARAŞTIRMAYI TAMAMLAYAN YÖNTEMLER OLARAK DENEY ve KURAM

1. Genel bakış

Bölüm V-den IX-a dek olan örneklerde, deney ve kuramın birbiriyle sıkı kenetlenmiş oldukları görülür. Bunu izleyerek, yeni deneysel yardımcı araçların ve yöntemlerin araştırma üzerinde hangi derin etkilere sahip olabilecekleri açıklanır. Son olarak, genel ya da özel kuramlardan kaynaklanan kestirimlerin bizi yeni deneysel bulgulara götürebileceği gösterilir. Öte yandan deneysel bulgular, şimdiye dek var olan kuramların düzeltilmesi ya da yeni kuramların geliştirilmesi için yeniden çıkış noktasıdır. Genellikle deneysel ve kuramsal gelişmeler birbirini izleyen pek çok ayrı adımlar biçiminde birbiriyle kenetlenmiştir.

2. Yeni soru yöneltimlerinin çıkış noktası olarak yeni türden deneysel yöntemler

Aşağıdaki örnekler yeni tür deneysel yardımcı araç ve yöntemlerin hangi biçim ve kapsamda yeni soru yö-

neltimlerine ve böylece de kuramın genişletilmesine yol açacağını göstermektedir.

1. Binlerce yıldır çıplak gözle yapılan yıldız gözlemleri, gökbiliminin temeli olmuştur. Galilei'den (1610) beri teleskopların kullanılması, bilgilerimizi hem nitel hem de nicel olarak özel boyutta genişletmiştir. Teleskopla gözlemlerin ilk sonuçları olarak şunların adı geçer: Yükseltiler ve derinliklerle (krater) ay yüzeyinin ayrıntılı yapısının keşfedilmesi; Jüpiter gezegeninin çevresinde dönen gök cisimlerinin bulunması; ayın evrelerine benzer biçimde Venüs gezegeninin «evrelerinin» gözlenmesi ve Venüs'ün güneş çevresinde döndüğü kabulünün doğrulanması. Paralaks (*) ölçümleri (1838'den beri) çok uzak olmayan durağan yıldızların uzaklığını vermiştir. Bir spektrografın bir teleskopla birleştirilmesi, yıldız atmosferlerinin bileşimi üzerine bilgiler vermiş ve gökbiliminin yeni bir dalı olarak gökfiziğinin gelişmesine yol açmıştır. Göğün kesimlerinin fotoğraflarını alan büyük aynalı ve özdenetimli teleskopların yapılması, yalnızca gözlenebilir nesnelerin sayısını alabildiğine artırmamış, aynı zamanda her şeyden önce yıldız dağılımı ve yıldız gelişimi açısından yeni görüşlerin geliştirilmesi için de temel olmuştur. Buna ek olarak yeni bilgiler roketler ya da yapay uydular yardımıyla «röntgen yıldızlarının» gözlenmesi yoluyla ve de mikrodalga aralığındaki gözlemlerden (radyogökbilimi) kazanılmıştır.

2. Daha küçük boyutlar alanında mikroskopların kullanılması, benzer biçimde bir bilgi genişlemesine yol

---

(*) : Paralaks: Biri yerkürenin merkezinden, öbürü yeryüzünde bulunan bir kimsenin gözünde çıkan iki doğrunun bir gökcisminin merkezinde birleşerek oluşturdukları açı.—ç.

açmıştır. Burada şunlar anılabilir: Dayanıklılık incelemeleriyle bağlantılı olarak metal ya da alaşım örneklerinde yapıların (çok-kristalsi doku, çelikteki Fe_3C ya da grafit gibi çeşitli evrelerdeki kristalitlerin büyüklüğü ve biçimi) araştırılması; canlı maddelerin yapısının araştırılması, özellikle bakterilerin gözlenmesi ve nitelenmesi. Zsigmondy tarafından ultra-mikroskopun bulunması, maddenin istatistiksel kuramının kuramsal vargılarını (dalgalanma görüngüleri; gözlem süresi ile orantılı olarak bir taneciğin ortalama kayma karesi) doğrulamak için deneyleri olanaklı kılmıştır. Elektron mikroskopu metallerdeki yanlış yerleşmeleri ve alaşımlardaki en küçük ayrılmaları görünür yapabildiğinden, gözlem alanını yeniden genişletmiştir. Bundan da öte, dirimbilimsel nesnelerin yapısındaki daha başka incelikler gözlenebilir olmuştur. Alan-elektron mikroskopunun ve alan-iyon mikroskopunun geliştirilmesiyle katı maddelerin içinde ya da yüzeyi üzerindeki ayrı atomlar ya da atom grupları uygun koşullar altında resimlenebildiklerinden, gözlem sınırları daha da genişlemiştir.

3. X-ışınları, elektron ışınları ve nötron ışınları yardımıyla kristallerin incelenmesi, bir kristaldeki ve yine kristal içinde içerilen ayrı moleküllerdeki, örneğin polipeptitlerdeki atomların dağılımı üzerine doğrudan önermelere götürmüştür.

4. Yüksek ayırıcı güçteki ve yüksek duyarlıklı kütle spektrometrelerinin ve kütle spektrografların geliştirilmesi, ötekilerin yanında aşağıdaki ödevlerin çözümünü olanaklı kılmıştır:

a) Daha önceleri kullanılan klasik ağırlık-çözümlemesine dayalı yöntemlere göre oldukça daha yüksek kesinlikle atom ağırlıklarının belirlenmesi için, temel

olarak izotopik atom türlerindeki atom ağırlığının ve onların doğal oluşumlarındaki bolluğunun belirlenmesi.

b) Enerji değişimi ve kütle değişimi arasındaki Einstein bağıntısının kullanılmasında atom kütlelerinin duyarlıkla belirlenmelerinden, hidrojen atomları ve nötronlardan, ayrı atom türlerinin oluşum enerjisinin hesaplanması.

c) Örneğin, 40 kütleli potasyumun K-kabuğundan bir elektronun yakalanması ile 40 kütleli argona dönüşümü ya da 87 kütleli rubidyumun bir β taneciği yayını ile 87 kütleli stronsiyuma parçalanması gibi, yavaş ışınetkin dönüşümlerin sonucu olarak, izotopik atom türlerinin sıklığının kaymasından, bir kayacın katılaşmasından beri olan zaman aralığının belirlenmesi. Bu yolla bir kayacın «yaşının» (= katılaşmadan beri geçen süre) saptanması yaklaşık 5.10^8 yıla dek olanaklıdır [2].

5. Bir çekirdek tepkime-kabında nötronlarla ışınlama yoluyla yapay ışınetkin atom türlerinin üretilmesi, yayınma olaylarında ve atomların kimyasal tepkimelerdeki bağlanma değişiminde atomların konum değişimi üzerine çok sayıda incelemeleri olanaklı kılar. Benzer olanaklar, örneğin ağır hidrojen ($^2H = D$), ağır azot (^{15}N) ya da ağır oksijen (^{18}O) gibi, doğal element oluşumlarındaki payları küçük olan kararlı izotopların kullanılmasıyla da elde edilir. Bu yolla örneğin aşağıdaki ödevler çözülmüştür :

a) Etkin olmayan bir örnek içine bir izleyici ile dozlanmış örneğin katılmasıyla, ışınetkin bir izleyicinin yayınması izlenerek, AgBr ya da Ag_2Se gibi iyonsal kristallerdeki her bir iyon türünün devingenliği belirlenebilir [3]. Bu yolla AgBr ve Ag_2Se içindeki katyonların an-

yonlara oranla çok daha hızlı oldukları gösterilmiştir. Bu bilgi, katı cisim tepkimelerinin, örneğin

$$2\ Ag\,(katı) + Se\,(katı) = Ag_2Se\,(katı) \qquad (X.1)$$

tepkimesinin kuramsal bir açıklamasıyla bağlantılı olduğunda önemlidir.

Bir irgitme döneminden sonra Ag ve Se tepkenleri bir Ag_2Se katmanıyla birbirinden ayrılır. Ag_2Se-nin daha fazla oluşumu ancak tepkenlerden birinin öteki tepkene doğru yayınması ile olanaklıdır. Ag_2Se içindeki Ag^+ iyonlarının oldukça yüksek devingenliğine karşılık olarak, Ag_2Se-nin oluşumu başlıca Ag^+ iyonlarının ve gümüş elektronlarının selenyuma doğru yayınması ile başarılır.

b) Alkali çözelti içinde bir esterin, örneğin etil asetatın sabunlaşmasında [4]

$$CH_3CO_{1}.O_{2}.C_2H_5 + OH^- = CH_3COO^- + C_2H_5OH \qquad (X.2)$$

ya 1 yerindeki bağ, ya da 2 yerindeki bağ çözülür. Yüksek bir ^{18}O oksijen izotopu içerikli KOH çözeltisi içindeki sabunlaşmada, oluşan etanol yüksek ^{18}O içeriği göstermediğinden, başat bir biçimde 1 yerindeki bağın çözüldüğü sonucu çıkar. Seçenekli olarak ^{18}O-li etil esatatın suyla - ayrışımı, köprü oksijen atomu olarak adi su içinde incelenebilirdi. 1 yerindeki bağın çözülmesinde ^{18}O-li etanol oluşurdu.

c) Hayvanlarda üre beslemesinde azot özümlenmesinin kısmen ağır azot (^{15}N) içeren üre kullanılarak kanıtlanması ve hayvansal proteindeki ^{15}N içeriğinin belirlenmesi.

6. Otomatik hesap makinaları ve büyük bilgisayarlar bugün küçük bir çalışma süresi harcamıyla diferan-

siyel denklemlerin, integral denklemlerin ve çok karmaşık hesap ödevlerinin sayısal çözümünü olanaklı kılmaktadırlar. Bu nedenle bugün, 50 yıl önceleri o zamanki zorunlu üretken iş açısından «çözülemez» olan kuramsal sorunlar, işlenebilmektedir.

3. Yeni tür görüngülerin ve deney sonuçlarının kuramsal kestirimi

Önceden Bölüm VII-de bilimin ilerlemesiyle gitgide daha özenle tasarlanmış deneylerin ön plana çıktığına değinilmişti. Bu nedenle bugün deney ve kuram birbirine daha fazla bağlanmıştır. Az ya da çok yeni türden görüngülerin kestiriminde, kuramın özel bir önemi vardır. Burada şu örnekler verilebilir :

1. Katı metallerin sabit basınçtaki özgül ısısının yaklaşık olarak 6,4 cal/g-atom. °C = 37 joule. g-atom^{-1}. K^{-1} tuttuğu ve sıcaklıkla çok az yükseldiği şeklindeki Dulong ve Petit yasası, on yıllar boyu geçerli olmuştur. Planck'ın nicem varsayımının kuramsal önermelerinin genelleştirilmesinde Einstein[5], 1907 yılında tüm katı maddelerin $T \to 0$ için özgül ısılarının sonraki ölçümleriyle tam olarak doğrulandı. Kuşkusuz, nicel olarak bir katı maddenin bilinçli bir yalın modelini kullanan Einstein denklemi karşısında, farklılıklar elde edilmiştir. $T \to 0$ için katı maddelerin özgül ısılarının sıfır olduğu şeklinde ilkin beklenmiyen bulgu, Nernst ısı kuramı (= 3. yasa) ile bağlantılı olarak özel öneme sahiptir.

2. Lothar Meyer (1868) ve Mendelejeff (1869)'e göre elementlerin periyotlu sistemi o zamanki bilgi düzeyine göre göze çarpan boşluklar göstermiştir. «Kuram» da tam olmadığından, boş yerlere karşılık olarak yüksek olasılıkla daha başka elementlerin varolduğu kes-

tirilebildi. Ve yine bu elementlerin değerliği ve de belirli mineraller biçiminde oluşumu gibi önemli özellikleri üzerine bilgiler verilebildi. Bu kestirimlerle uyumlu olarak Clemens Winkler[6] (1886) bugün germanyum adıyla bilinen ve eka-silisyum(*) diye ön-adlandırılmış olan elementi buldu. Ve yine galyum, skandiyum ve renyum elementleri bulundu.

3. Bohr'a göre atomların yapısı içinde bilgilerin kullanılmasıyla 1922'de periyotlu sistemin derin temelli bir kuramı üzerinde çalışıldı[7,8]. Buradan, henüz keşfedilmemiş olan 72 atom numaralı elementin önceden sanıldığı gibi ender toprak metalleri grubu içinde olmayıp, tersine, zirkonyumun bir benzeri olması gerektiği kestirilmiştir. Bu kestirimle uyum içinde kısa zaman sonra yeni element hafniyum, Coster ve Hevesy[9,10] tarafından zirkonyum mineralleri içinde, karşılık gelen x-ışını yayım çizgileriyle kanıtlandı ve sonunda arı biçimde elde edildi.

4. Hidrojen molekülü spektrumunda, spektral çizgilerin yeğinlik değişmesinden, iki tür hidrojen molekülünün varoluş yeteneğinde oldukları, bir yandan her iki hidrojen atomunun çekirdek dönüsünün karşıt-koşut yönelimli ve çift dönme-nicem sayılı moleküller oldukları, öte yandan da çekirdek dönüsünün koşut yönelimli ve tek dönme-nicem sayılı moleküller oldukları sonucu çıkarılmıştır[11,12]. Buna ek olarak 1929 yılında Bonhoeffer ve Harteck[13] ve de Hiller ve Eucken[14,15], sıvı

(*) eka: Sanskritçe'den alınmış bir örnek olup Mendelejeff sınıflandırmasında henüz bilinmeyen, fakat var oldukları kabul edilerek kendilerine boş yer ayrılan elementlerin adlandırılmasında kullanılmıştır. Örneğin eka-bor (skandiyum), eka-sezyum (fransiyum), eka-iyot (astat), eka-silisyum (germanyum) —ç.

hidrojeni etkin kömürle işleyerek, çekirdek dönüsü karşıt - koşut yönelimli hidrojeni (= parahidrojen) ürettiler, çünkü 20 K-de sıfır dönme - nicem sayısına karşılık olarak en düşük dönme düzeyindeki hidrojen molekülleri, ağırlıklı olarak termodinamik kararlıdır. İki hidrojen düzenlemesinin varlığı ve onların ayrılma olanağı hiç bir şekilde gözlemlerden çıkarsanamazdı.

Hemen hemen arı parahidrojenin üretim olanağı ya da sıvı hava sıcaklığında etkin kömür üzerinden gaz durumundaki normal hidrojenin geçirilmesiyle kinetiği ve işlergesi açısından, yüksek sıcaklıkta parahidrojenin ortohidrojene dönüşümü üzerine önemli genel sonuçları olan çok sayıdaki incelemeler için çıkış noktasıdır. Özellikle, katı maddelerin yüzeyi üzerinde $H_2 \rightleftarrows 2\,H$ tepkime hızının eldesi, çok - evreli tezgemenin çoğu süreçlerinde kısmi olay olarak anmaya değer.

5. Genel ışıma kuramına göre bir yayım çizgisinin I yeğinliği şu bağıntı ile verilir :

$$I = a\,N^* - b\,N^*\,I \qquad (X.3)$$

Burada a ve b sabit katsayılar, N^* ise uyarılmış olan ve bu nedenle de yayıma yetenekli olan atomların sayısıdır. Normal koşullar altında (X.3) denkleminin sağ tarafındaki 1. terime karşılık olan kendiliğinden yayım üstün gelir. Ancak yüksek yeğinliklerde 2. terime karşılık olan irgitilmiş yayım, belirleyici bir katılım sağlar. İlk kez Einstein [16] (1917) tarafından formüllendirilmiş olan (X.3) denkleminden yola çıkarak Gordon, Zeiger ve Townes [17], 1954 yılında MASER (*m*icrowave *a*mplification by *s*timulated *e*mission of *r*adiation = uyarılmış ışıma yayımı ile mikrodalga yükseltilmesi) adıyla tanınmış olan, mikrodalga bölgesinde yüksek yeğinlikteki ye-

ni türden ışıma kaynaklarını keşfetmişlerdir. Ardından görünür bölge için de LASER (= *l*ight *a*mplification by *s*timulated *e*mission of *r*adiation = uyarılmış ışıma yayımı ile ışık yükseltilmesi) olarak nitelenen benzer ışıma kaynakları keşfedilmiştir. Bu yolla bilim ve teknikte çeşitli uygulamalar için, örneğin ay ile dünya arasındaki uzaklığın kesin bir ölçümü için değeri olan, çok yüksek aydınlatma yoğunluklu, uyumlu ve dar odaklanmış bir ışık itkisi elde edilir.

4. Deney ile kuramın ve bilim ile tekniğin iç-örüntüsü için daha başka örnekler

Kesim 2 ve 3-de ya yeni bir deneysel yöntemin ya da bir kuramdan elde edilen bir vargının, yeni keşifler için çıkış noktası olduğuna ilişkin örnekler verildi. Bununla birlikte çoğu durumlarda deneysel incelemeler ve kuramsal düşünceler öylesine çok sıkı bir biçimde iç içe geçmiştir ki, yeni bilgilerin gelişimi için belirleyici noktanın bir deney ya da bir kuramsal bağıntı olup olmadığını söylemek hemen hemen olanaksızdır. Buna ilişkin olarak şu örnekler verilebilir:

1. 1932 yılına dek hidrojen, arı element olarak geçerliydi. 1932 yılında Urey, Brickwedde ve Murphy[18], hidrojen atomu spektrumunun Balmer serisinin her bir çizgisi yanında ayrıca, daha kısa dalga boylu çok zayıf bir yan çizginin ortaya çıktığını buldular. Düzeltilmiş Bohr modelinin kullanılmasıyla, yani atom çekirdeği deviniminin göz önüne alınmasıyla yapılan kuramsal bir çözümleme, iki kat kütledeki bir hidrojen atomu izotopunun yayım çizgisinin söz konusu olduğunu ortaya çıkarmıştır. Sonunda, sulu çözeltilerin ayrımsal suyla-ayrışımı yoluyla, ağır hidrojenin zenginleştirilmesi ve

arı biçimde üretimi başarıldı[19'20]. Bu durumda yalınlaştırılmış gösterimle şu sıraya sahip oluyoruz:

Deney→Kuram→Deney.

2. Ritz birleştirme ilkesinin ve de Bohr hidrojen atomu modelinin kullanılmasıyla, geçici düzenleri seriler biçiminde olan kimyasal element spektral çizgilerinin alabildiğine büyük bir gözlem malzemesinden yola çıkarak, pek çok ayrı adımlar biçiminde nicem mekaniğinin temelleri, Pauli ilkesi ve elektron dönüsü kavramı üzerinde çalışılmıştır. Bu gelişim F. Hund[21]'un Nicem Kuramının Tarihi (1967) adlı kitabında kısaca gösterilmiştir. Kuram, bu gelişimin sonunda durmaktadır. Stern - Gerlach deneyi (mıknatıs alanında gümüş atomlarının doğrultu - nicemleşmesi), multipletler ve Zeeman - bölünmesi üzerine ayrı incelemeler, Compton - etkisi ve de kristallere elektronların çarpmasında kırınım görüngülerinin bulunması gibi yeni deney sonuçları tüm gelişim için oldukça önemli olmuştur.

3. Elektron boşalım tüpünün ilkesi oldukça yalındır. Yüksek derecede ısıtılmış metal ya da oksitler de boşlukta elektron salarlar. Bir diyotun en yalın durumunda (pratikçe doğrultmaç olarak kullanılır), yayımlayıcı metal ya da oksit (=katot) eksi ucay olarak, soğuk karşı - elektrot (= anot) da artı ucay olarak bir dış gerilim kaynağına bağlanmıştır. Akan akımın yeğinliği termodinamik denge derişimiyle, öte yandan da katot ile anot arasındaki gerilimle belirlenir. Burada katot ile anot arasındaki serbest elektron koşullu uzay yükü, önemli bir rol oynar. Geniş kaplamda, elektron boşalım tüpleri ancak triyotlar, tetrotlar ve pentotlar olarak, yani denetim kafesinin, perdeleme kafesinin ve tutma kafesinin sokulmasıyla önem kazanmıştır. Isıtılmış bir me-

tal ya da oksitten elektron yayımının yalın gözlenmesinden, teknik düzeyde elektron boşalım tüplerinin kurgusuna ve seri üretimine dek olan gelişim, deneysel ve kuramsal çalışmanın ayrı adımlarının uzun bir aşamasıdır.

4. 1925 yılı dolaylarında bakır oksidül doğrultmaç, teknik aygıt olarak keşfedildi[22]. Belirsiz kalmış sorular Cu_2O-nun fiziksel özelliklerinin ve onların bakır eksikliği varlığına bağlılığının daha yakından incelenmesine neden olmuştur. Benzer incelemeler öteki oksitlerde de, örneğin ZnO-da, yürütülmüştür. Bu başlangıçlardan yarı-iletken fiziği, buna koşut olarak da devre öğeleri ve yükselticiler olarak transistör tekniği pek çok uygulamalarla gelişmiştir.

KAYNAKLAR

1. C. Brunnée ve H. Voshage, *Kütle Spektrometrisi (Massenspektrometrie)*, Verlag Karl Thiemig, München, 1964.
2. J. L. Kulp, *Science 133*, 1105 (1961).
3. F. A. Kröger, *Mükemmel Olmayan Kristallerin Kimyası (The Chemistry of Imperfect Crystals)*, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1964.
4. M. Polanyi ve A. L. Szabo, *Trans. Faraday Soc. 30*, 508 (1934).
5. A. Einstein, *Ann. Physik* (4), *22*, 180 (1907).
6. C. Winkler, *J. Prakt. Chem.* (2) *34*, (1886).
7. N. Bohr, *Z. Physik, 9*, 1 (1922).
8. N. Bohr ve D. Coster, *Z. Physik, 12*, 342 (1923).
9. D. Coster ve G. von Hevesy, *Naturwissenschaften, 11*, 133 (1923).
10. G. von Hevesy, *Ber Dtsch. Chem. Ges. 56*, 1504 (1923).
11. W. Heisenberg, *Z. Physik, 41*, 230 (1927).
12. F. Hund, *Z. Physik, 42*, 93 (1927).
13. K. F. Bonhoeffer ve P. Harteck, *Z. physik. Chem.* B *4*, 113

14. K. Hiller ve A. Eucken, *Z. physik. Chem.* B*4*, 142 (1929).
15. K. Clusius ve K. Hiller, *Z. physik. Chem.* B *4*, 158 (1929).
16. A. Einstein, *Ann. Physik*, (4) *18*, 121 (1917).
17. J. P. Gordon, H. J. Zeiger ve C. H. Townes, *Phys. Rev. 95*, 282 (1954); *99*, 1265 (1955).
18. H. C. Urey, F. G. Brickwedde ve G. M. Murphy, *Phys, Rev. 39*, 164 (1933).
19. G. N. Lewis ve R. T. MacDonald, *J. Chem. Phys. 1*, 341 (1933).
20. G. N. Lewis, *J. Am. Chem. Soc. 55*, 1297 (1933).
21. F. Hund, *Nicem Kuramının Tarihi (Geschichte der Quantentheorie)*, BI-Hochschultaschenbücher, Cilt. 200/200a, Bibliographisches Institut, Mannheim, 1967.
22. L. O. Grondahl, *Science, 36*, 306 (1926); J. Am. Inst. Electr. Eng. *46*, 215 (1927).
23. E. Spenke, *Elektronsal Yarı-iletkenler (Elektronische Halbleiter)*, 2. Baskı. Springer-Verlag, Berlin, 1965.

XI. ARAŞTIRMA TASARIMI

1. Genel bakış

Araştırma tasarımı sözcüğü bugün kamu oyunda her şeyden önce büyük araştırma tasarıları üzerine kararlarla bağlantılı olarak, örneğin enerji sağlanması için atom tepkime-kaplarının geliştirilmesinde, kullanılır. Her bir insanın gücü ve zamanı sınırlı olduğundan araştırma tasarımı, ayrı araştırıcı ya da küçük bir grup için de daha az önemli değildir. Bu nedenle, seçilmek üzere duran çeşitli araştırma görevlerinin hangi öncelikte ele alınması gerektiği üzerine sürekli kararlar gereklidir. Bu görev üzerinde çalışmaya başlamadan önce, bu görevin çözümünün, bilim ve tekniğin genel gelişimi çerçevesinde hangi öneme sahip olduğu sorusu yöneltilir. Asıl sorun, öncelik üzerine kararların, kişinin kendi değerlendirmesine göre olduğunda, yani tüm yetkili etmenlerin kesin bilgisi olmaksızın karşılanmak zorunda olduklarındadır. Sürmekte olan görev çözülmüşse, ancak o zaman «iyi» ya da «kötü» diye bir yargı konabilir.

Buna özgü olarak tek boyutlu bir değer ölçeği yoktur. Tüm bir gelişim çerçevesinde, çok farklı türden incelemeler birbirini tamamlarlar.

Şu genel görüş noktaları vurgulanabilir:

1. Madde bilimleri çerçevesinde karşılıklı olarak birbirini tamamlayan iki «tür» amaç vardır:

a) Çeşitli madde ya da çeşitli tepkime davranışlarında bir genel bakışın kazanımı;

b) Tek bir madde ya da tek bir tepkime davranışının incelenmesi.

Bu yüzyılın başında ikili sistemlerin durum diyagramlarının temelleri, genel düşünceler yardımıyla işlenmişti. Daha sonra bir ölçüde yalın sistemler deneysel olarak incelendi. 1903 yılında Tammann [1] en önemli metal sistemleri için soğuma eğrilerini (ısıl çözümleme) ve de doku-resimlerini elde ederek, durum diyagramlarının incelenmesi görevini üstlendi. Bir ölçüde bol olan 20 metal için 190 tane ikili alaşım sistemi vardır. Bu denli büyük sayıdaki durum diyagramlarından birinin düzenlenmesi (çok fazla uzun zaman almadan), ancak ayrıntıların incelenmesinden vazgeçilmesiyle olanaklıydı. 1907 yılında Tammann [2], 150 tane ikili metal sisteminin durum diyagramları üzerine bildiri sunmuş durumdaydı. İlkin elde edilmiş olan ön-sonuçları tamamlamak üzere bunun ardından, her bir sistemin durum diyagramları, yorucu ayrıntılı çalışmalarla elektriksel iletkenliğin ölçümü, mıknatıssal ölçümler ve x-ışını incelemeleri gibi öteki yöntemlere başvurularak işlendi. Bugün bile tüm bu sorular henüz açıklanmış değildir.

2. Hem bilimde hem de teknikteki araştırma programları benzer hedeflerle, yanyana koşut yürümektedir. «İkili çalışma» dar anlamda pek önerilmez, ama bilim alanında seyrek de olsa vardır.

Teknik alanında eşit hedefli, ama farklı yollardan koşut yürüyen araştırmalar gereklidir. Bir kimyasal bileşik genelde çeşitli yollardan üretilebilir. Ara ürünlerin fiyatı ve yan ürünlerin (örneğin klor-alkali elektrolizinde hidrojen ve klor) değerlendirme olanağı, işletmenin yıpranma payı ve de çevre koşulları göz önüne alındığında, hangi yol en düşük maliyete götürür? Bu sorunun yanıtlanması, ancak çeşitli üretim yöntemleri laboratuvarda ve bir deneme tesisinde incelendikten sonra olanaklıdır. Pratikte en ucuz yöntem başarı kazanır. Ara ürünlerin ve yan ürünlerin fiyatları önemli ölçüde değişirse, başka bir yönteme geçiş de olanak içindedir. Koşut incelenmiş üretim yöntemleri açısından olumsuz bir karar, yöneticiler için düş kırıcıdır. Yine de onların çalışması tüm gelişim çerçevesinde gereklidir.

Winkler'e (1875) göre, platinin tezgenliğinde SO_2-nin SO_3-e oksitlenmesi Knietsch[3] tarafından tekniğe sokuldu. Sülfirik asitin üretimi gibi önemi büyük olan bir yöntemde «iyileştirme» olanaklarını aramak doğal olarak kazançlıdır. Temel olarak şu olanaklar vardır.

a) Fırın birimi başına madde veriminin yükseltilmesini amaçlayan platin tezgenle tepkimenin incelenmesi, verilen bir verim için platin niceliğinin azaltılması, tezgenin «zehirlenmesinden» sakınılması, platin yitiminin azınlanması, vb.

b) Platine göre daha ucuz ve zehirlenmeye karşı daha az duyarlı yeni tezgenlerin bulunması.

Knietsch yönteminin iyileştirilmesi için platin tezgen üzerindeki tepkimenin pek çok incelenmesi yapılmıştır. Bunun yanısıra ilkin hiç «kazanç» sağlamamış, ama uzun bir dönemde tam bir başarıya götürmüş olan öteki tezgenlerin bulunmasına yönelik incelemeler de yapılmıştır. Bugünün tekniğinde SO_2, SO_3-e yalnızca vanadik asitli tuzlar temeline dayalı tezgenler üzerinde oksitlenir.

3. Hangi kimyasal maddelerin verilen bir kullanım amacı içinde en iyi uygunlukta olduğunun güvenceyle kestirilmesi de o denli güçtür. Tıp uygulamalarında başarılı olabilecek yeni ilâçların eldesi için akla gelen, olanaklı pek çok madde, laboratuvarda üretilmeli ve hayvan deneyleri biçiminde sınanmalıdır. Benzer şeyler yeni plastikler ve yeni yapay elyaflar için de geçerlidir.

4. Çekirdek bölünmesi ya da çekirdek kaynaşması yoluyla enerji kazanımı ve «çevre-dostu» taşıt araçlarının geliştirilmesi gibi bugünün büyük görevlerinde, hedefleri aynı olan ama hepsi de pratik bir çözüme götürmeyen oldukça farklı yöntemler biçiminde koşut yürüyen araştırma çalışmalarının yürütülmesi zorunludur.

5. Öncelikle ortaya konması, kamu oyunun hazırlanmasında önemli bir rol oynar. Anahtar-tümce olarak da şu sorudan söz edilir: Çekirdek tepkime-kaplarının araştırma ve geliştirmesinin karşılanması, uzay araştırması ve tıp araştırmaları (örneğin kanserin önlenmesi ve sağaltılması) için,
hizmete sunulabilir araçlar hangi katılma payı ile kullanılmalıdır? Bilim ve teknikten uzmanlar, verilen bir zaman aralığı içinde ayrı bir alanda az ya da çok büyük hacimli araştırma araçlarından hangi sonuçların bek-

lenebileceğini ve sonuçların toplumsal açıdan ne denli önemli olabileceğini ölçülü bir biçimde uzandırabilirler. Buna karşın tepkime - kabı tekniği, veri - işlem, uzay araştırması ve tıp gibi çeşitli alanlardaki araştırma sonuçlarının bağıl değeri üzerine karşılaştırmalı önermeler, akla yakın düşünceler nedeniyle olanaksızdır. Geçenlerde yayınlanan bir makalesinde Speer [4] (zamanının Alman Araştırma Kurumu başkanı) üst düzeyde hedef saptamanın önceliklerini (ulusal saygınlık, kişisel özgürlük, ekonomik gelişme, insan sağlığı, vb.) yansız bir biçimde ortaya çıkartmak için hiç bir yöntemin var olmadığını açıklıkla söylüyordu. Bu nedenle «politik kamuoyu yoklamaları» gereklidir.

2. Bir ödevin çözülebilirliğinin ön - incelenmesi

Asıl çalışmanın başlamasından önce, temel olarak bir ödevin çözülebilirliği, inceleyecek kişi ya da grubun yeteneklerini ve de dar olan ve sağlanabilir araçları göz önüne alarak incelenmelidir. İngilizcede bu tür bir inceleme, «feasibility study = yapılabilirlik incelemesi» olarak nitelenir. Bu bağlamda Medawar [15]'ın, dirimbilimden olan örneklerle «Çözülebilirin Sanatı» adlı yazısından söz edilebilir. Bu yazıda şöyle denmektedir: «Eğer politika, olanaklının sanatı ise, bilim —çok daha kesin anlamda— çözülebilirin sanatıdır. Her ikisinde de son derece pratik düşünülmelidir». Olanaklı en yüksek bir hedef saptamanın istemi açısından yukardaki tümce, düzeltilerek şöyle denebilir: Bilim, tam anlamıyla hâlâ çözülebilir olanın sanatıdır.

Bir «feasibility study» çerçevesinde temelde olanaklı yöntemlerin yarar ve sakıncalarını birbiriyle karşılaştırmak amaca uygundur. Olanaklı yöntemlerin bir «katalogunun» düzenlenmesinde, Bölüm VI-daki bireşimsel

düşünmenin tipik bir durumu söz konusudur. Açıklamak üzere aşağıdaki örnekler verilebilir :

1. Bir kılcal içindeki akışta, (IV.6) denklemi yardımıyla bir sıvının dirik akmazlığının belirlenmesi için aşağıdaki yöntemli değişiklikler kullanılabilir :

a) Verilen bir akış hızı için basınç düşmesinin ölçümü.

b) Verilen basınç düşmesinde zaman birimi başına akan hacmin ölçümü.

c) Verilen basınç düşmesinde verilen bir sıvı hacminin akışı için sürenin ölçümü (Ostwald akmazlıköl-çeri).

d) Sıvı ile dolu bir boru içinde bir kürenin düşme süresi.

e) Sıvı ile dolu bir boru içinde katı bir maddeden yapılmış döner bir silindirin dönme momenti.

f) Sıvı ile dolu bir boru içinde bir silindirin salınım süresi ve sönümlenmesi.

2. Zamanın izlevi olarak yüksek sıcaklıkta bakır ya da demir gbi bir metalin oksitlenmesini izlemek amaçlansın. Aşağıdaki yöntemler akla gelir[5] :

a) Uygun seçilmiş oksitlenme sürelerinden sonra, hızla soğutulan örneklerin ağırlık artmasının belirlenmesi;

b) Bir ısılterazi yardımıyla bir örneğin sürekli tartılması, gereğinde otomatik olarak kaydedilmesi;

c) Kapalı bir tepkime-kabı içinde zamanın izlevi olarak basınç azalmasının belirlenmesi;

e) Ürkütülmüş metal örneklerin çapraz açkılarının mikroskopik boyut ölçümü yoluyla, oluşan oksit katmanının kalınlığının belirlenmesi;

f) Metal çekirdeğin enine kesitinin zamansal azalmasına karşılık olarak bir metal ince-yaprağın ya da metal telin direnç değişiminin sürekli belirlenmesi;

g) İnce bir oksit katmanının oluşumundaki girişim renklerinin gözlenmesi ve Newton formülüne göre kalınlığın değerlendirilmesi;

h) Ucaylanmış ışık içinde metal örneğin yansıtma yeteneğinin nicel incelenmesi;

i) Ürkütülmüş bir metal örnek üzerindeki oksit katmanının elektrolitsel indirgenmesi ve alınan oksijen niceliğinin, indirgenmenin tamamlanmasına dek geçen zamanın ve akım şiddetinin çarpımından hesaplanması.

3. Kesinliğin sınırları

Bir ölçümde her zaman için yanılgı söz konusudur. Doğal olarak her araştırıcı, ölçme yanılgısını olabildiğince küçük tutmaya çabalar. Gereğinde küçük hünerlerle belirli ölçme yanılgıları önemli ölçüde azaltılabilir. Ama genel olarak ölçme kesinliğinin yükseltilmesi önemli ölçüde fazla bir çalışma süresini ve yardımcı aygıtların kullanımını da gerektirir. Abartılı bir kusursuzluğun pek anlamlı olmadığı açıktır. Sınırlar nereye dek uzanmaktadır? Yanıt, duruma bağlıdır. Burada önemli olan, ölçüm sonuçlarının hangi bağlamda önemli olduklarıdır. Açıklamak üzere şu örnekler verilebilir :

1. 19. yüzyılın sonuna doğru katot ışınlarının ilk incelenmesinde taneciklerin (yük/kütle) oranının büyüklük mertebesi ölçüsünde eldesi ve bundan yola çıkarak

bir elektron kütlesinin belirlenmesi, önde gelen bir öncü-uğraş idi. Örneğin, hidrojen spektrumunun dalga boyları için Bohr denklemindeki Rydberg sabitinin hesaplanmasında olduğu gibi, öteki ödevler bağlamında kesinlik istemleri, sonraları önemli ölçüde artmıştır.

2. Çoğu amaçlar için metallerin örgü sabitlerinin x-ışını resimlemesiyle belirlenmesinde, % 0,1-lik bir kesinlik yeterlidir. Buna karşın, örnek uzunluğunun sıcaklıkla kaba değişimini ölçmeyle bağlantılı olarak atomsal boşluk yerleri derişiminin belirlenmesi durumunda, oldukça yüksek bir kesinlik istenmiş ve buna erişilmiştir (oda sıcaklığında örgü sabitine ilişkin olarak $\sim$ % 0,0005)[6]. Yalnızca bu kesinlikle, boşluk yerleri ve çift-boşluk yerleri üzerine önermeler elde edilebilir, çünkü Cu,,Ag ya da Au-nun erime noktası yakınındaki boşluk yerleri kesri yalnızca 10^{-4}-10^{-3} büyüklük mertebesindedir.

4. Madde arılığının sınırları

Her madde örneği belirli katışkıları içerir. Tam arılığa erişilemez. Daha büyük arılıktaki bir madde örneğinin üretimi, genel olarak daha fazla harcama yapmak anlamına gelir. Bir A maddesi içinde B,C,D, vb. maddelerinin hangi katışkılarının hâlâ hoşgörülebilir düzeyde olduklarına, duruma göre karar verilir.

1. Yemek tuzu olarak NaCl-nin kullanımı için % 1-lik bir $CaCl_2$ içeriği önemsizken, kurşun ya da arsenik gibi ağır metallerin çok çok küçük içerikleri bile kabul edilmez. Buna karşın, elektriksel iletkenlik ölçümünde, küçük $CaCl_2$ içerikleri de, özel olarak düşük sıcaklıklarda eşit katyon- ve anyon-boşluk yerleri derişimli «arı» NaCl karşısında, ek katyon boşluğu yerleri

yaratacak biçimde önemli bir etkiye sahiptir (Schottky türü kusur). Bu nedenle NaCl, KCl, vb. üzerindeki elektriksel ve optik incelemelerde, $CaCl_2$ içeriğini ve benzer yabancı maddeleri daha da azaltmak için büyük çabalar harcanmıştır (örneğin NaCl-de % 10^{-3}, KCl-de % 10^{-8} büyüklük mertebesi)[7].

2. Metal kurguların kaynak yapılmasında hidrojen kullanımı için oksijen ya da azotun küçük içeriklerinin önemi yoktur. Buna karşın hidrojenin amonyak bireşiminde kullanılmasında O_2, H_2S ya da öteki kükürt bileşiklerinin çok küçük içerikleri bile sakıncalıdır, çünkü bunlar «tezgeni» zehirler ve NH_3 verimini azaltırlar.

3. Zirkonyum cevherleri genellikle yüzde birkaçlık hafniyum içerirler. Bu tür bir katışkının kimi uygulamalar için fazla bir önemi yoktur. Buna karşın, zirkonyumun atom tepkime - kaplarında kullanılmasında hafniyumun büyük ölçüde uzaklaştırılması istenir, çünkü hafniyum atomları nötronlar için bir ölçüde büyük bir yakalama etkin kesitine sahiptirler.

4. Bir organik bileşiğin «arılığı» sorusunu yanıtlamak özellikle güçtür, çünkü ayrı katışkıların içeriğinin belirlenmesindeki özel yöntemler, yalnızca ender durumlarda hizmete sunuludur. Gereğinde küçük katışkılar bile önemli etkilere sahip olabilirler. Stiren'in ($C_6H_5.CH : CH_2$) polimerleşmesinde yalnızca % 0,01-lik bir divinilbenzen ($CH_2 : CH.C_6H_4.CH : CH_2$) katışkısı, ayrı zincirlerin ıslatılması sonucu polimerin ısıl-plastikliğini oldukça azaltırken[8], öteki katışkılar göze çarpan hiç bir değişiklik ortaya çıkarmazlar.

Yabancı bir madde, inceleme sonuçları üzerinde önemli bir etkiye sahipse ve onun uzaklaştırılması aşırı ölçüde güç ise, incelemeleri ilkin tanımlanmış yaban-

cı madde içerikleriyle yürütmek ve «yabancı maddesiz» incelemeleri daha sonraki bir zaman noktasına kaydırmak uygun olabilir. Buradaki «yabancı maddesiz» deyişi, madde arılaştırmasının enikonu yetkinleştirilmişliği ve yabancı madde içeriğinin daha fazla azaltılmasının deney sonuçları üzerinde önemli bir etkisi olmadığı anlamına gelir. Açıklamak üzere aşağıdaki örnekler verilebilir.

1910 yılında Bodenstein ve Dux[9], oda sıcaklığında ışık etkisiyle HCl-nin elementlerinden oluşumunun temel bir kinetik incelemesine başladılar. 1842 ve 1910 arası zamandaki gözlemlerden, oksijenin HCl oluşumunu kenetlediği biliniyordu. Özellikle Chapman ve MacMahon[10] (1909), verilen toplam basınçta (= 1 atm), sabit $H_2 : Cl_2 = 1 : 1$ mol sayısı oranında ve sabit ışık yeğinliğinde HCl oluşum hızının, oksijen kısmi basıncı ile ters orantılı olduğunu bulmuşlardı. Temel bir kinetik inceleme çerçevesinde HCl oluşum hızını, oksijenin dışarı atılmasıyla H_2 ve Cl_2 tepkenlerinin kısmi basınçlarının ve de ışık yoğunluğunun izlevi olarak incelemek akla yakın olurdu. Bununla birlikte 1910 yılındaki teknik durumda, özellikle sulu tuz asitinin elektrolizi yoluyla klor üretiminde, kapsamlı ek ön çalışmalar olmadan oksijenin enikonu dışatımlanması olanaksızdı. Bu nedenle Bodenstein ve Dux, verilen oksijen kısmi basınçları altında HCl oluşum hızını, öteki katışkıların (örneğin musluk yağı bileşenleri) dışatımlanması altında ölçmeye karar vermişlerdir. Bu yolla, içinde gaz bulunan cam kabın düşük katman kalınlıklarında, yani gönderilen ışığın yalnızca küçük bir kesrinin Cl_2 tarafından soğurulduğu koşullar altında, HCl oluşum hızının ışık yeğinliğiyle ve Cl_2 kısmi basıncının karesi ile orantılı olduğu, O_2 kısmi basıncıyla ters orantılı olduğu ve

H_2 kısmi basıncından bağımsız olduğu bulundu. Bu hız bağıntısı ilkin yorumlanamadı, ama çıkış noktası, daha sonra Nernst [11] tarafından önerilen

$$Cl_2 + h\nu = 2\ Cl \qquad (X.1)$$
$$Cl + H_2 = HCl + H \qquad (X.2)$$
$$H + Cl_2 = HCl + Cl \qquad (X.3)$$

tepkime dizisi için, bir H atomunun O_2 ile tepkimesi yoluyla zincir - kopmalı bir zincir tepkimesi ve H_2O oluşumu altında bunu izleyen ardıl tepkimeler biçimindedir.

Bu durumda Bodenstein ve Dux'un, verilen oksijen kısmi basınçları altında HCl oluşumunu deneylerle oldukça yalın biçimde incelemeye başlamış olmaları, tüm gelişim için alışılmadık ölçüde verimli oldu. Bu sonuçlar, ısıl ve ışıkimyasal tepkimelerdeki «zincir tepkimesi» kavramının gelişimi için belirleyici oldu.

Ancak 30 yıl sonra oksijenden ırak H_2-Cl_2 karışımlarının ışıtılmasındaki HCl oluşum hızı da incelendi. Tepkime zinciri uzunluğunun ve böylece de HCl oluşum hızının, kap çeperindeki zincir kopması tepkimeleriyle belirlendiği ve de tepkime - kabının büyüklüğüne ve kap çeperinin «arılığına» bağlı olduğu bulunmuştur.

5. Deneysel yöntembilimin temel soruları

Bir ödevin çözülebilirliğinin ön - incelemesinde, bundan başka aşağıdaki sorular da açıklığa kavuşturulmalıdır.

1. Bir ödevin çözümünü kolaylaştırabilen pahalı özel aygıtların kullanılması uygun mudur? Örnek olarak bir alaşımın (örneğin Cu-Ni) bileşenlerinin karşıt yönlü yayınmasında uygun seçilmiş yayınma sürelerine göre ye-

rel alaşım bileşiminin eldesi için, bir mikrosondanın konması (keskin odaklanmış elektron ışını yardımıyla uyarılmış olan x-ışını yayım spektrumunun değerlendirilmesi) anılabilir. Bu yöntem, bir yayınma profilinin ardışık bilenmesiyle kazanılan örneklerin daha önceleri kullanılmış olan kimyasal ya da spektroskopik çözümlemesi karşısında pek çok üstünlüklere sahiptir. Üstünlüklerine karşın, mikrosondanın fiyatı yüksektir.

Mikrosonda, elektron mikroskopu, kütle spektrometresi ya da mıknatıssal çekirdek yankılaşımı için ölçme aygıtı gibi pahalı büyük aygıtların sağlanması, eğer aygıtlar pek çok incelemeler için kullanılabiliyorsa, ancak o zaman anlamlıdır. Duruma göre daha az kapsamlı ölçümlerin başka laboratuvarlardaki büyük aygıtlarla ne denli yürütülebilecekleri denenmelidir. Bu yolla, bir laboratuvarın gelecekteki araştırma çalışmalarının, pahalı aygıtların sürekli kullanılması ve yatırılan ana paranın hızla geri kazanımı yükümlülüğüyle belirlenmeleri tehlikesinden kaçınılabilir.

2. Birincil olarak karşımıza çıkan deney verilerinin otomatik çizimi ve de otomatik değerlendirilmesi amaca uygun mudur? Şurası açıktır ki yüksek derecede gelişmiş bir otomasyon, ancak eğer çok kapsamlı bir ölçme programı önümüzde duruyorsa anlamlıdır.

3. Bilinen ve denenmiş olan yöntemleri amaca uygun biçimde kullanmak, her bir ölçüm için kesinlik ya da çalışma harcamı açısından özel ödev için önemli yararlar umduran yeni bir yöntem geliştirmek uygun mudur? Belirli durumlarda bir ödevin çözümü ancak, eğer yeni bir ölçme yöntemi geliştirilmişse olanaklıdır. Örnek olarak Eigen ve çalışma arkadaşları[12] tarafından öne sürülen, çözeltilerdeki hızlı tepkimelerin incelenme-

si verilebilir (örneğin $H^+ + 0H^- = H_20$ ya da $H^+ + CH_3C00^- = CH_3C00H$ gibi hız sabitleri 10^9-10^{11} litre. $mol^{-1} . s^{-1}$ büyüklük mertebesinde ve dinlenme süreleri $10^{-9}-1$ s arasında olan yayınma denetimli yeniden-birleşme tepkimelerinin hız sabitlerinin belirlenmesi).

6. Güç ölçülebilir büyüklükler

Fizikte, örneğin mutlak hız gibi *temelde* ölçülemeyen büyüklükler vardır. Bu tür büyüklükler, tarihsel gelişimin akışında ilkesel önemi olmadıklarından yokolmuşlardır.

Hâlâ sözü edilen belirli sınırlamalarla şu söylenebilir: Eğer bir büyüklüğü ölçmek aşırı derecede güç ise, betimlemede ve kuramsal işlemde güç ölçülebilen büyüklüğü, kolay ölçülebilir büyüklükler yararına yoketmek amaca uygun olabilir. «Güç ölçülebilir» deyişi bağıldır. Sürekli ilerleyen gelişme çerçevesinde bugün güç ölçülebilen bir büyüklük, gelecekte kolay ölçülebilir ve herşeyden önce de önemli olabilir.

Açıklamak üzere aşağıdaki örnekler verilebilir.

Yüksekçe bir sıcaklıkta helyum gazı kuvars cam ve öteki seramik maddeler boyunca yayınır[13,14]. Henry dağılma yasasına göre gaz evresi ile dengede olan katı evre içindeki c_{He} helyum derişimi, p_{He} kısmi basıncıyla orantılı yazılabilir:

$$c_{He} = K . p_{He} \qquad \text{(XI.4)}$$

Zamanın belirleyici olduğu yayınma durumunda, buradan p'_{He} ve p''_{He} kısmi basınçlı kaplar arasında zaman birimi başına içeri giren helyum niceliği n_{He} (g-atom/s olarak) için:

$$n_{He} = \frac{AD}{L}(c'_{He} - c''_{He}) = \frac{AKD}{L}(p'_{He} - p''_{He}) \quad (XI.5)$$

yazılır. Burada, A : katı maddenin enine kesiti, L : kalınlığı, D : helyum atomlarının katı madde içindeki yayınma katsayısıdır. (XI.5) denklemi yerine, geçirgenlik katsayısı olarak :

$$k = K \cdot D \quad (XI.6)$$

eşitliğinin yerine konmasıyla :

$$n_{He} = \frac{A}{L} k \ (p'_{He} - p''_{He}) \quad (XI.7)$$

da yazılabilir.

Helyumun kuvars camı ve öteki seramik maddeler içindeki çok küçük çözünürlüğü yüzünden, (XI.5) denkleminde ortaya çıkan ayrı büyüklüklerin belirlenmesi gerçekten güçtür. Bu nedenle teknik soruların yanıtlanması için (XI.7) denklemi kullanılır. Orada ortaya çıkan k geçirgenlik katsayısı, K ve D-ye göre oldukça daha kolay elde edilir. Bununla birlikte K ve D ayrı büyüklüklerinin belirlenmesi, göç işlergesinin ayrıntılarının tartışılması bağlamında ve durağan bir durumun zamansal kurulması bağlamında ilgi çekmektedir.

KAYNAKLAR

1. G. Tammann, *Z. anorg. Chem. 37*, 303 (1903).
2. G. Tammann, *Z. Elektrochem. 14*, 789 (1908).
3. R. Knietsch, *Ber. Dtsch. Chem. Ges. 34*, 4009 (1901).
4. J. Speer, *Naturwissenschaften, 60*, 322 (1973).

5. K. Hauffe, *Metallerin ve Metal Alaşımlarının Oksitlenmesi (Oxydation von Metallen und Metallegierungen)*, Springer-Verlag, Berlin, 1956.

6. R. Simmons ve R. W. Ballufi, *Phys. Rev. 117*, 52 (1960); *119*, 600 (1960); *125*, 862 (1962); *129*, 1533 (1963).

7. H. Gründig, *Z. Physik 158*, 577 (1960); H. Gründig ve E. Wassermann, Z. Physik *176*, 293 (1963); H. Gründig, *Z. Physik 182*, 477 (1965).

8. B. Vollmert, *Makromolekül Kimyasına Temel Bakış (Grundriss der makromolekularen Chemie)*, s. 196 (Springer-Verlag, Berlin, 1962).

9. M. Bodenstein ve W. Dux, *Z. phys. Chem. 85*, 297 (1913).

10. D. L. Chapman ve P. S. MacMahon, *J. Chem. Soc.* (London) *95*, 959 (1909).

11. W. Nernst, *Z. Elektrochem. 24*, 335 (1918).

12. M. Eigen, *Ber. Bunsenges. physik. Chem. 67*, 753 (1963).

13. R. M. Barrer, *Katıların İçine ve İçinden Yayınma (Diffusion in and through Solids)*, s. 117-143. At the University Press, Cambridge, 1941.

14. F. J. Norton, *J. Appl. Phys. 28*, 34 (1957).

15. P. B. Medawar, *Çözülebilirin Sanatı (Die Kunst des Lösbaren)*, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1972.

XII. ARAŞTIRMA RUHBİLİMİ

1. Genel

Bilgi kuramı, bilmenin olanaklarının ve sınırlarının öğretisidir. Bilgi ruhbilimi, yani yaratıcı düşünmenin çözümlemesi daha az önemli değildir. Bu kitapta özellikle şu soruyla ilgilenilmektedir: Yaratıcı düşünme ne denli öğretilebilir ve öğrenilebilir? Kuşkusuz yaratıcı düşünme toplama, çarpma vb. gibi aynı biçimde öğretilemez ve öğrenilemez. Yine de yaratıcı düşünme için var olan yetenekleri geliştirmede eğitimci, bir öğrenciye yardım edebilir. Bu bağlamda K. Duncker[1]'in «Üretken Düşünmenin Ruhbilimi Üzerine», M. Wertheimer[2]'in «Üretken Düşünme», G. Polya[3]'nın «Nasıl Çözmeli» ve de J. Hadamard[4]'ın «Matematiksel Alanda Buluş Ruhbilimi Üzerine Bir Deneme» adlı kitaplarından söz edilebilir. Bundan başka, Rus yazarlarının makaleleriyle toplu bir eser niteliğindeki «Bilimsel Yaratıcılık»[5] anılabilir.

Yaratıcı düşünmenin ayrı adımlarının kavranması için ruhbilimciler ayrı— ve dizi-incelemeler yapmışlar-

dır. Çoğu kez deneycilerin bir grubu, çözümü için özel bir ön - bilgiyi gerektirmeyen «düşünme ödevlerini» ön plana alırlar. Bunun için, yeğlenerek matematik ve uygulamalı matematik alanından ödevler seçilir. Tek yanlı ödev seçimiyle elde edilen bulgular, sınırlı tanıtıcıdır.

Genel önermelere gitmek için, dizi - inceleme sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi ön planda bulunmaktadır. Bununla birlikte adı geçen kitaplarda açıklıkla değinildiği üzere, tüm kişilik yapısı bağlamında ayrı deneycilerin düşünme yöntemlerindeki tipik farklılıkların kavranması (karşl. Kesim.2) daha az önemli değildir.

Daha başka çıkarımlar, her bir araştırıcının bilimsel yayınlarının çözümlemesinden elde edilir. Burada çalışma konularının çoğunlukla farklı olmalarından ve bu nedenle de yansız karşılaştırmalı bilgilerin elde edilemezliğinden kaçınılamaz. Buna ek olarak başka güçlükler de vardır. Örneğin, yayınlarda genellikle yalnızca çok basamaklı bir düşünme sürecinin sonuçları bildirilip, ayrı adımlar ve yordamlar bildirilmez. Oysa bir konuşmacı, çoğunlukla (konuya ilişkin olarak) kendi düşünce gelişimi üzerinde konuşur. Ana sorunu ilgili yayınlardan öğrenerek daha önceden bilen bir dinleyici için konuşmaların yöntemini kavramaya özel bir dikkat harcamak, kitaplardan ve basılmış ayrı çalışmalardan elde edilemeyen bu türden çıkarımlar edinmek çekici gelir.

Başka bilgi kaynakları olarak, ağırlık noktası iç-gelişim üzerinde uzanan, oysa dış sonuçların ele alınmadığı yaşam - öykülerinden, özellikle de öz-yaşam - öykülerinden söz edilebilir.

Bundan başka özellikle, eğer daha önceleri (gerçekte yalnızca görünür olabilen) belirli bir sonlanmaya eri-

şilmişse, bir araştırma alanının basamaklı gelişimi üzerine olan incelemelerden söz edilebilir. Çoğu kez bir düşünce gelişiminin 50 yıl sonra tam olarak anlaşılması kolay değildir. Dil sürekli değişim içindedir, öyle ki bugün pek çok sözcük 50 yıl öncesine göre daha değişik anlama sahiptir. Öte yandan daha önceki düşüncelerin sonradan değerlendirilmesinde bugün kamuca kazanılmış olan yeni bilgileri bir yana bırakmak güçtür. Bu nedenle tarihsel gelişimlerin öğreniminde, uygun yorumların kullanılması yararlıdır.

Düşünsel güçlüklerin giderek aşılması için iyi bir örnek, filojiston kuramından, bir metal oksitten oksijenin çekilmesiyle bir metalin ve tersine bir metal tarafından oksijen alınmasıyla bir metal oksitin oluştuğu biçimindeki bugünkü anlayışa geçiştir. Zengin çıkarımlı gösterimler, Conant[6]'ın «Bilimin Anlaşılması Üzerine» ve Ströker[7]'in «Kimyasının Düşünme Yolları» adlı kitaplarında bulunmaktadır.

Daha önceki «nicem - varsayımı» başlangıçlarından, nicem mekaniğine gelinmesindeki düşünce aşamalarının izlenmesi, daha az zengin çıkarımlı değildir. Bu bağlamda Heisenberg[8]'in «Parça ve Bütün» ve Hund[9]'un «Nicem Kuramının Tarihi» adlı kitaplarından ve Hund[10]'un «Nicem Kuramının Oluşumundaki Yanlış Yollar ve Ketlemeler» adlı makalesinden söz edilebilir.

Başka bir önemli katkı, eşit - içerikli ya da daha olgun kişilerle, ikili ya da küçük bir çevre içinde yürütülen kişisel konuşmalardır. Deneyimli bir yaşlı adamla yapılan konuşma, çıkış maddesi olarak gereksinen bir organik bileşiğin üretimi için amaca uygun yollar, tekdüze hızlı keskin odaklanmış bir iyon ışınının üretimi için bir boşluk aygıtının kurulması ya da bir diferansi-

yel denklemin çözümü üzerine yalnızca ayrı bilgiler elde etmeye değil, karşı konuşmacının yaratıcı düşünme yöntemlerinin tanınmasına da yardımcı olmalıdır. İdeal durum olarak konuşmaları, olabildiğince farklı kişilerle yürütmeye çaba harcanmalıdır. Her bir araştırıcı çoğu kez bir yanıyla yeteneklidir. Dahası, belirli bir tekyanlılık çoğu kez özellikle başarılı bir uygulama için temeldir. Yaşlı bir araştırıcının yeteneği genç bir karşı konuşmacının yeteneğinden farklı ise, karşı konuşmacı, sunulan uyarlamaları sınırlı olarak yalnızca kendisi için kullanabilir. Buna karşın, doğuştan başka yeteneklerdeki konuşmacılarla yürütülen bir konuşma, kendine özgü bir yeteneğin tekyanlılıklarını tanılamak ve bunları olabildiğince aşmak açısından değer taşır.

Ve yine, özel bir çalışmanın uygun zaman aralıklarındaki basamaklı gelişiminde geriye doğru bakmak, ve özellikle dolambaçlı ve çıkmaz yollardan kaçınma olanağı açısından bunlardan gelecek için bir şeyler öğrenmek önemlidir.

2. Kişilik yapıları

Wilhelm Ostwald [11]'ın «Büyük Adamlar» kitabında yalnızca önde gelen araştırıcıların (Humprey Davy, Robert Julius Mayer, Michael Faraday, Justus von Liebig, Charles Gerhardt, Hermann von Helmholtz) gelişiminin ve yaşam uğraşısının çok zengin çıkarımlı gösterimleri değil, karşıt yönelimli araştırıcı tiplerini işleyen «Klasikler ve Romantikler» başlıklı bir bölüm de bulunmaktadır. Birincil gösterge olarak Ostwald, «aklın tepkime hızını» kullanır. Klasikler yavaş, romantiklerse hızlıdır. Aklın tepkime hızı tam olarak göze çarpan, ama bir bakıma dışsal olan bir özelliktir. Biraz genelleme ile kla-

sikler J. P. Guilford [12]'a göre başat bir biçimde «yakınsak düşünen» araştırıcılar ya da C. G. Jung [13]'a göre içedönük kişiler olarak ve romantikler de başat bir biçimde «ıraksak düşünen» araştırıcılar ya da dışadönük kişiler olarak nitelenebilirler. Klasikler, olabildiğince temel bir inceleme amacıyla az sayıdaki sorunlar üzerine eğilirler. Romantikler ise ivedilik sırasında pek çok sorunlara yönelip az ya da çok özgün fikirlerin bolluğuyla kendilerini gösterirler, ve sorunun ayrıntılı işlenmesini çoğu kez öteki araştırıcılara bırakırlar. Daha başka bir anlatımla: Klasiklerdeki düşünce derinliğine karşı, romantiklerde düşünce genişliği vardır.

Hermann von Helmholtz, J. Willard Gibbs ve Max von Laue başat klasiklerdir. Humprey Davy, Justus von Liebig, Wilhelm Ostwald, Johannes Stark ve Fritz Haber ise başat romantiklerdir.

(Bir bakıma sınır durumları olarak) adı geçen tipler arasında sürekli bir geçiş vardır. Çoğu araştırıcılar hem bir klasiğin hem de bir romantiğin belirgin özelliklerine sahiptirler. Bununla birlikte Ostwald, özel başarılarıyla seçkinleşen insanların, çoğu durumlarda beklenmedik bir biçimde bu iki tipten birinin yanıbaşında yer aldığına değinir.

Yanlış anlamalardan kaçınmak üzere dışadönük kişilikler için «romantik» nitelemesinin seçiminin Ostwald tarafından tam başarılı görülmediğine dikkat edilmelidir. Çünkü Alman yazınının romantik döneminde hem başat içedönük hem de başat dışadönük kişiler bulunmaktadır.

Kişilik yapısındaki farklılıkların önemi daha sonra Kretschmer [14,15] tarafından enine boyuna incelenmiştir. Özellikle «Dâhi İnsanlar» [15] kitabından söz edilebilir.

Farklı yapılanmadaki yetenek türleri olarak birbiri karşısına içine kapanıklar ve açık düşünceliler konur. Birinciler genellikle klasikler ya da içedönük kişilikler, sonuncular ise genellikle romantikler ya da dışadönük kişiliklerdir.

Öğrenciler, uzmanlık bilgisinin kazanımı yanında yıllar geçtikçe özgün kişilik yapısına en uygun bir biçimde karşılık gelen özgün bir çalışma biçemini geliştirmek üzere, kişilik yapısının farklılıkları bağlamında yaratıcı düşünmenin çeşitli biçimleriyle tanışık kılınmalıdır.

3. Tek tek sorunlar

1. Ders kitaplarındaki alıştırma ödevlerinde genellikle ödevin çözümü için gereksinilen tüm koşullar açıkça formüllendirilir. Güçlükler durumunda Polya [3]'nın kitabındaki uyarı geçerlidir: Verilen tüm veriler ve ek bilgiler uygun olarak kullanıldı mı? Bilim ve teknikteki çoğu ödevlerde ise bir sorunun işlenmesi için çıkış verileri asla verilmeyip, işleyici tarafından uygun bir biçimde hazırlanmalıdır. Bu durumda şu sorulur: Sorunun açıklıkla çözümü ilkin hazırlanan veriler, sınır koşulları ve yan koşullar yeterli midir?

Örnek olarak aşağıdaki sorun incelenebilir: Bir kaşığın gümüşle galvanik kaplanmasındaki yerel akım yoğunluğu (verilen elektroliz süresine göre gümüş kaplamasının yerel kalınlığı ile belirlenir) ne denli büyüktür? Nitel olarak gümüş anottan oldukça uzakta ve kenarlardaki yerel akım yoğunluğunun kaşığın iç - orta kısmındakinden daha yüksek olduğu kestirilebilir. Veri olarak sorunu işleyene ilkin düzeneğin geometrisi, ortalama akım yoğunluğu, kaplama banyosunun bileşimi ve

çalışma sıcaklığı verilir. Aranan yanıt, ya deneysel ya da kuramsal olarak elde edilebilir. Kuramsal bir yanıtlama, değiştirilmiş koşullarda bile bir ölçüde az oranda çalışılarak yanıtın hazırlanması olanağını açar. Yerel akım yoğunluğu katot yüzeyine dikey olan ϕ elektriksel potansiyelinin yerel bayırgısıyla elektrolitin elektriksel iletkenliğinin çarpımından elde edilir. Elektrolit içinde dikkate değer bir derişim farklılığı ortaya çıkmadıkça, potansiyel dağılımı, Laplace diferansiyel denkleminin

$$\text{div grad } \phi = 0 \qquad \text{(XII.1)}$$

çözümüyle verilir. Bu denklemin çözümü için sınır koşulları formüllendirilmelidir. Ucaylanmanın göz önüne alınmasıyla (metal/çözelti arasındaki potansiyel atlaması yerel akım yoğunluğuna bağlıdır) sınır koşulları nasıl olur? Buna ek olarak şu soru akla gelir: Hangi yaklaşımlar sokulabilir? Son bilgiye önemli ölçüde zarar vermeden hesaplama işi uygun yaklaşımlarla azaltılabilir. Aynı zamanda oldukça belirleyici olan etmenlerin önemi, daha kesin bir biçimde enine boyuna incelenebilir. Şurası açıktır ki, —bir ders kitabındaki alıştırma ödevinin çözümündeki durumun tam tersine— bu durumda, hesaplamanın başlamasından daha önce bu işle uğraşan kimse, önemli ölçüde bir düşünce alıştırması yapmalıdır.

2. Çoğu durumlarda konan ödevin çözümü için başka bir alandaki benzer bir sorunun çözümünden yararlanılabilir. Aşağıdaki örnekler verilebilir.

a) Yayınmanın diferansiyel denklemi (konum ve zamanın izlevi olarak çözünmüş bir maddenin derişimi) ısı iletiminin diferansiyel denklemine (konum ve zamanın izlevi olarak sıcaklık) tam olarak benzer.

b) Yayınma ya da ısı iletimi durumunda, derişimden bağımsız yayınma katsayılarında ya da sıcaklıktan bağımsız ısı iletkenliğinde, durağan (yani zamandan bağımsız) koşullar altındaki diferansiyel denklem, sabit dielektrik sabitli yüksüz bir uzaydaki ϕ elektriksel potansiyeli için olan (XII.1) diferansiyel denklemine benzer.

c) İyonsal kristallerdeki örgü kusurları için termodinamiğin ve kinetiğin temel denklemleri (karşl. Bölüm VI), sulu çözelti içindeki elektrolitler için olan denklemlere oldukça benzer (karşl. Bölüm VIII. 2d).

Bir araştırıcı ilkin kendi genel bilgisi nedeniyle ve daha önceki deneyimleri yardımıyla benzer durumlar bulmayı dener. Bunun da ötesinde ders kitaplarında, ayrıntılı-yapıtlarda ve el kitaplarında uyarılar bulur.

3. Karmaşık bir soru yöneltimi durumunda ilkin yalın kısmi sorunların işlenmesi ve kaynaklardan, varlığı olası çözümlerin bir araya getirilmesi salık verilebilir. Kısmi sorunların çözümlerini düzenleyerek karmaşık bir sorunun çözümüne genellikle daha kolay girilebilir. Aşağıdaki örnekler anılabilir.

a) Üç boyutlu uzaydaki devinim denklemlerinin ya da ısı iletimi denkleminin çözümü, eğer ilkin tek boyutlu ve iki boyutlu sorunlar bütünüyle incelenirse oldukça kolaylaşır.

b) Sıkışmaz akışkan dizgelerin akışının incelenmesi, sıkışabilir akışkan sistemlerin (= gazlar) akışının incelemeleri için bir ön-basamaktır.

4. Kimi durumlarda var olan özel bir ödevin genelleştirilmesi yararlı olabilir. AgCl, AgBr, $PbCl_2$ ve KCl gibi katı tuzlardaki elektriksel iletkenlik gözlemlerinin

anlaşılması için, her bir durumdaki yorumların soruşturulması değil, bunun yerine, gözlemlerin olabildiğince genel kavramlı bir kusur kuramında çözümlenmesi çok verimli görülmüştür (karşl. Bölüm VI).

5. Bir kuramın yetkinleştirilmesinde açıkça var olan bakışımların gözler önüne serilmesi ve aynı zamanda gizli bakışımların bilinçli olarak aranması amaca uygun olabilir. Bakışım çoğu kez «güzelliğin» bir özelliğidir. Heisenberg [16], tam doğabilimlerinde güzelliğin geneldeki anlamını sormuştur. «Güzellik, parçaların birbirleriyle ve bütünle tıpatıp uyumudur» nitelemesi antik çağlardan kaynaklanır. Bu niteleme aynı zamanda bilimsel kuramlar için de, özellikle Newton mekaniği, görelilik kuramı ya da nicem mekaniği gibi «genel kuramlar» için de geçerlidir.

6. Duncker [1], Wertheimer [2] ve öteki yazarlar, bir sorunun «yeniden - yapılanmasının», çözümü çoğu kez oldukça kolaylaştırdığına üzerine basarak değinmişlerdir. Açıklamak üzere aşağıdaki örnekler verilebilir.

a) $$SO_3 = SO_2 + 1/2\ O_2 \qquad \text{(XII.2)}$$

denklemine göre SO_3'ün ayrışması için

$$\frac{\alpha^{3/2}\,(2+\alpha)^{1/2}}{2\,(1-\alpha)}\,P = K_P \qquad \text{(XII.3)}$$

denge koşulu geçerlidir. Burada, α: ayrışma derecesi, K_P : denge sabiti, P : toplam basınçtır (= SO_2, O_2 ve SO_3'ün kısmi basınçlarının toplamı). Verilen bir K_P değerinde P-nin izlevi olarak α için bir grafiğin çizilmesi ödevi verilmektedir. (XII.3) denkleminin yeniden biçimlenmesiyle bilinmeyen olarak α için 4. dereceden bir denklem elde edilir. Bu denklemin çözümü, aşırı oranda çok ça-

lışmayı gerektirir. Eğer α değerleri (örneğin $\alpha = 0{,}01$; 0,02; 0,05; 0,1 vb.) verilip ilgili P değerleri (XII.3) denkleminden hesaplanır ve daha sonra P-ye karşı α değerleri grafiğe geçirilirse amaca oldukça daha kolay gelinir.

Daha kullanışlı bir grafik, (XII.3) denkleminden, verilen α değerleri için boyutsuz P/K_P oranlarının değerlerini hesaplayıp daha sonra P/K_P-ye ya da log P/K_P-ye karşı α-yı grafiğe geçirerek daha başka bir yeniden - yapılanma yoluyla elde edilir. O zaman grafiği kullanan, P/K_P ya da log P/K_P-nin değerini hesaplamalıdır ve α değeri grafikten okunabilir. Böylelikle grafik, P ve K_P-nin her hangi bir değeri için istenen bilgiyi sunar.

b) 1000°C-da bakırın uçunma ısısının belirlenmesi ödevi verilirse, ilkin bir ısıölçümsel belirlemeyi göz önüne almak akla gelir. Seçenekli olarak uçunma ısısı, Clausius - Clapeyron denklemi yardımıyla çeşitli sıcaklıklardaki buhar basıncı ölçümlerinden elde edilebilir. Adı geçen son olanakta buhar basınçlarının yeterli bir kesinlikte belirlenmesi, çeşitli güçlükleri taşısa bile hedefe daha yalın bir biçimde götürür.

«Yeniden - yapılanmanın» başka bir türü de bir ödevi, daha önceden çözümleri var olabilen ayrı adımlar biçiminde parçalara ayırmaktır (karşl. Bölüm VII.7).

Bir çözümün ayrı adımlarının enikonu incelenmesine başlamadan önce olabildiğince büyük sayıda seçenekleri göz önüne almak (karşl. Bölüm XI.2) genellikle yararlıdır. Bir anlamda araştırıcı, henüz tırmanılmamış bir tepeye erişmek isteyen bir dağcıya benzer durumdadır. Her iki durumda da çok sayıda yolları göz önüne almak uygun olur. Bir dağın yüksekliğinin dörtte üçüne dek kolay görünen bir yol, gereğinde son çeyreğin aşılamaz güçlükleri yüzünden tırmanan dağcıyı başarısızlığa gö-

türebilir. Daha uzun, ama tırmanmanın ilk yarısında aşılabilir güçlüklere sahip olan başka bir yol ise başarıya götürebilir.

7. Çeşitli çözüm yolları kavramı, bu bölümün 2. kesimindeki ıraksak düşünmeyi gerektirir (kısmen Bölüm VI-daki bireşimsel düşünme ile eşdeğer), ve bununla çeşitli durumlar için bilincin belirli bir eşanlı sığasını birbirine bağlar. Buna karşın, seçilmiş bir programdaki ayrı adımların yürütülmesinde daha çok yakınsak düşünmeye gelinir (düşünceyi ayrı bir noktaya toplama). Çoğu insanlarda her iki tür düşünme olanağı en azından gizli olarak vardır ve düşünce-alıştırmasıyla geliştirilir. Iraksak düşünmeden yakınsak düşünmeye ve bunun tersine olan karar değiştirme, belirli çabaları gerektirir. Iraksak düşünmenin özel bir biçimi olarak hayalci bulgulama işlevi, çoğu kez çevre değiştirme yoluyla, örneğin bir yürüyüş ya da bir gezi yoluyla ilerletilir. Yakınsak düşünme için, yani düşünceyi belirli bir nokta üzerinde toplama için hemen hemen zorunlu bir koşul, tedirgin edici dış etkilerin maskelenmesi altında bir çalışma odasının yalnızlığıdır.

8. Çoğu araştırıcı bir sorunun çözümü için ilkin başarısız aramadan sonra anlık bir «esin'den» yararlanır. Kanıtlar, örneğin Hadamard [4]'da bulunmaktadır. Çoğunlukla burada söz konusu olan, daha önce yorucu ayrıntılı çalışmalar biçiminde hazırlanmış olan ayrı görüşlerin yeniden-yapılanması ya da gruplanmasıdır. Görünüşe göre öngörülerin bilinçli kullanımı olmadan ve önemli olmayan düşünce aşamalarının gözardı edilmesiyle anlık bir esinde uygun bir çözüm yolu bulunur. Ancak burada, daha önceki düşünce alıştırması, *mutlak zorunlu bir koşuldur* (conditio sine qua non). Başka

bir deyişle: Temel ön-çalışmalar olmadan anlık «esin» olmaz.

9. Bir araştırıcının, yaşamının belirli zamanlarında çevre karşısındaki görmezliği, önde gelen özel bir başarı için bir ön-koşul olabilir. Bu konudaPasteur[17] şöyle demiştir: «Deneycinin yanılsamaları kendi kuvvetinin bir kısmını söndürür. Onun kutup yıldızı, ön-kavramlı düşüncelerdir». «Aşırı ölçüde değerli bir düşüncenin» önemini ve bununla bağlantılı olan sakıncaları Robert Mayer, Rudolf Diesel ve Graf Zeppelin'e ilişkin kanıtlar altında Kretschmer[15] enine boyuna incelemiştir.

10. Genel olarak beden eğitiminin, özel alanlardaki spora değgin en yüksek başarılar için büyük önemi vardır. Benzer biçimde genel olarak düşünsel alıştırma (örneğin yabancı dil öğrenimi, satranç ya da müzik uğraşısı gibi), doğabilimsel ve teknik araştırmanın özel alanlarındaki yüksek başarıların eldesi için önemli bir etmen olabilir. Çoğu doğa araştırmacısı, *eski Latin ve Yunan kültürüne ağırlık veren (hümanistik)* bir lisedeki öğrenim çağı sırasındaki genel bir düşünsel alıştırmanın önemini vurgulamıştır.

KAYNAKLAR

1. K. Duncker, *Üretken Düşünmenin Ruhbilimi Üzerine (Zur Psychologie des produktiven Denkens)*, Springer-Verlag, Berlin, 1935, 1963.
2. M. Wertheimer, *Üretken Düşünme (Produktives Denken)*, Verlag Waldemar Kramer, Frankfurt/M., 1964.
3. G. Polya, *Nasıl Çözmeli? (How to Solve It?)*, Princeton University Press. Princeton, N. J., 1948.
4. J. Hadamard, *Matematiksel Alanda Buluş Ruhbilimi Üzerine Bir Deneme (An Essay on the Psychology of Invention in*

the Mathematical Field), Princeton University Press, Princeton, N. J., 1949.

5. Bilimsel Yaratıcılık (Alman dilinde G. Kröber ve M. Korf tarafından yayınlanmıştır). Akademie-Verlag; Berlin, 1972.
6. J. B. Conant, *Bilimin Anlaşılması Üzerine (On Understanding Science)*, (Yale University Press, New Haven, Conn., 1947).
7. E. Ströker, *Kimyanın Düşünme Yolları (Denkwege der Chemie)*, Verlag Karl Albert, Freiburg und München, 1967.
8. W. Heisenberg, *Parça ve Bütün (Der Teil und das Ganze)*, R. Piper & Co. Verlag, München, 1969.
9. F. Hund, *Nicem Kuramının Tarihi (Geschichte der Quantentheorie)*, Bibliographisches Institut, Mannheim, 1967.
10. F. Hund, *Nicem Kuramının Oluşumundaki Yanlış Yollar ve Ketlemeler (Irrwege und Hemmungen beim Werden der Quantentheorie)*, *"Nicemler ve Alanlar"* adlı kitaptan (in: *Quanten und Felder)*. H. P. Dürr tarafından yayınlanmıştır, s. 1. Friedr. Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1971.
11. W. Ostwald, *Büyük Adamlar (Grosse Männer)*, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1909.
12. J. P. Guilford, *Kişilik (Persönlichkeit)*, Beltz, Weinheim, 1964.
13. C. G. Jung, *Türbilimi (Typologie)*, Walter-Verlag, Olten und Freiburg im Breisgau, 1972.
14. E. Kretschmer, *Beden Yapısı ve Karakter (Körperbau und Charakter)*, 21/22. Baskı, Springer-Verlag, Berlin, 1955.
15. E. Kretschmer, *Dâhi İnsanlar (Geniale Menschen)*, 5. Baskı, Springer-Verlag, Berlin, 1958.
16. W. Heisenberg, *Tam Doğabilimlerinde Güzelliğin Anlamı (Die Bedeutung des Schönen in der exakten Naturwissenschaft); Sınırlar Üzerine Adımlar* adlı kitaptan (in: *Schritte über Grenzen)*, s. 288. R. Piper & Co. Verlag, München, 1971.
17. E. Kretschmer[15]'den alıntı, s. 171.

KİTAPTA GEÇEN KİMİ TERİMLERİN KARŞILIKLARI

(es. t.: eski terim) (Alm.: Almanca) (İng.: İngilizce)

A

açkı: (es. t.) perdah, (Alm.) Schliff, (İng.) polished section
ağdalı akış: (es. t.) viskoz akış, (Alm.) viskos Fluss, (İng.) viscose flow
akışbilimi: (es. t.) reoloji, (Alm.) Rheologie, (İng.) rheology
akmazlık: (es. t.) viskozite, (Alm.) Viskosität, (İng.) viscosity
akmazlıkölçer: (es. t.) viskozimetre, (Alm.) Viskosimeter, (İng.) visco(si)meter
aktarım: (es. t.) transfer, (Alm.) Übertragung, (İng.) transfer
alıcı: (es. t.) akseptör, (Alm.) Akzeptor, (İng.) acceptor
alınganlık: (es. t.) süsseptibilite, (Alm.) Suszeptibilität, (İng.) susceptibility
alkaliölçümsel: (es. t.) alkalimetrik, (Alm.) alkalimetrisch, (İng.) alkalimetric
alt-simge: (es. t.) indis, (Alm.) Indice, (İng.) subscript
anlambilim: (Alm.) Semantik, (İng.) semantics
aralama: (es. t.) enterpolasyon, (Alm.) Interpolation, (İng.) interpolation
ardıl: (es. t.) müteakıp, (Alm.) folgend, (İng.) consecutive, successive
ayarlama: (es. t.) kalibrasyon, (Alm.) Eichung, (İng.) calibration

ayrım : (es. t.) franksiyon, (Alm.) Fraktion, (İng.) fraction
ayrıntılı - yapıt : (es. t.) monografi, (Alm.) Monographie, (İng.) monograph
ayrışma : (es. t.) disosyasyon, (Alm.) Dissoziation, (İng.) dissociation

B

bağıl : (es. t.) nispî, izafî, (Alm.) relativ, (İng.) relative
bağlılaşım : (es. t.) korelasyon, (Alm.) Korrelation, (İng.) correlation
bakışım : (es. t.) simetri, (Alm.) Symmetrie, (İng.) symmetry
bakışımlı : (es. t.) simetrik, (Alm.) symmetrisch, (İng.) symmetric
bakışımsız : (es. t.) asimetrik, (Alm.) asymmetrisch, (İng.) asymmetric
başat : (es. t.) hâkim, (Alm.) ausgeprägt,
başkalaşım : (es. t.) mutasyon, (Alm.) Mutation, (İng.) mutation
bayırgı : (es. t.) gradiyent, (Alm.) Gradient, (İng.) gradient
betimleme : (es. t.) tasvir etme, (Alm.) Beschreibung, (İng.) description
biçem : (es. t.) üslûp, stil, (Alm.) Stil, (İng.) style
biçimbilim : (es. t.) morfoloji, (Alm.) Morphologie, (İng.) morphology
biraradalık : (es. t.) koekzistans, (Alm.) Koexistenz, (İng.) coexistence
bireşim : (es. t.) sentez, (Alm.) Synthese, (İng.) synthesis
birincil : (es. t.) primer, (Alm.) primär, (İng.) primary
birleşme ilkesi : (es. t.) kombinasyon prensibi, (Alm.) Kombinationsprinzip (İng.) combination principle
bolluk : (Alm.) Häufigkeit, (İng.) abundance
boşalım, boşalma : (es. t.) deşarj, (Alm.) Entladung, (İng.) discharge
boşluk : (es. t.) vakum, (Alm.) Vakuum, (İng.) vacuum
bölünme : 1° (es. t.) fisyon, (Alm.) Fission, (İng.) fission
2° (es. t.) bölünme, (Alm.) Aufspaltung, (İng.) splitting
bulgusal : (es. t.) hoyristik, (Alm.) heuristisch, (İng.) heuristic
buluş : (es. t.) icat, (Alm.) Erfindung, (İng.) invention

Ç

çarpan : (es. t.) faktör, (Alm.) Faktor, (İng.) factor
çekirdeklenme : (es. t.) nükleasyon, (Alm.) Keimbildung, (İng.) nucleation
çekirdeksel : (es. t.) nükleer, (Alm.) nuklear, (İng.) nuclear
çelişki : (es. t.) tenakuz, (Alm.) Kontradiktion, (İng.) contradiction
çevrebilimi : (es. t.) ekoloji, (Alm.) Ökologie, (İng.) ecology
çıkarım : (es. t.) istidlâl, (Alm.) Schluss, (İng.) inference
çıkık : (es. t.) dislokasyon, (Alm.) Versetzung, (İng.) dislocation
çiftucay : (es. t.) dipol, (Alm.) Dipol, (İng.) dipole
çizgisel : (es. t.) lineer, (Alm.) geradlinig, gerade, (İng.) linear
çokbazlı : (es. t.) polibazik, (Alm.) polybasisch, (İng.) polybasic
çok-evreli : (es. t.) heterojen, (Alm.) heterogen, (İng.) heterogeneous
çok-kristalsi : (es. t.) polikristalin, (Alm.) polykristallin, (İng.) polycrystalline
çok-türel : (es. t.) heterotipik, (Alm.) heterotypisch, (İng.) heterotypical
çözümleme : (es. t.) analiz, (Alm.) Analyse, (İng.) analysis

D

dağılım : (es. t.) distribüsyon, (Alm.) Verteilung, (İng.) distribution
dalgalanma : (es. t.) flüktüasyon, (Alm.) Schwankung, (İng.) fluctuation
damıtma : (es. t.) destilasyon, (Alm.) Destillation, (İng.) distillation
değiştirgen : (es. t.) parametre, (Alm.) Parameter, (İng.) parameter
deneme tesisi : (es. t.) pilot tesis, (Alm.) Pilotanlage, (İng.) pilot plant
denetim : (es. t.) kontrol, (Alm.) Kontrolle, (İng.) control
deneyim : (es. t.) tecrübe, (Alm.) Erfahrung, (İng.) experience
deneyimsel : (es. t.) ampirik, (Alm.) empirisch, (İng.) empiric(al)
denkle(ş)me : (es. t.) kompenzasyon, (Alm.) Ausgleichen, (İng.) compensation

derişim : (es. t.) konsantrasyon, (Alm.) Konzentration, (İng.) concentration

devingen : (es. t.) hareketli, mobil, (Alm.) beweglich, (İng.) mobile

devingenlik : (es. t.) hareketlilik, mobilite, (Alm.) Beweglichkeit, (İng.) mobility

devinim : (es. t.) hareket, (Alm.) Bewegung. (İng.) movement, motion

devinimsel : (es. t.) kinematik, (Alm.) kinematisch, (İng.) kinematic

dışatım : (es. t.) tard, (Alm.) Ausschluss, (İng.) purge

dışavurumculuk : (es. t.) ekspresyonizm, (Alm.) Expressionismus, (İng.) expressionism

dilbilim : (es. t.) lisaniyat, (Alm.) Linguistik, (İng.) linguistics

dinlenme : (es. t.) rölakzasyon, (Alm.) Relaxation, (İng.) relaxation

dirik : (es. t.) dinamik, (Alm.) dynamisch, (İng.) dynamic

dirimbilim : (es. t.) biyoloji, (Alm.) Biologie, (İng.) biology

doğabilim : (es. t.) tabiî ilim, fen, (Alm.) Naturwissenschaft, (İng.) (natural) science

doku-resmi : (es. t.) mikrograf, (Alm.) Schliffbild, (İng.) micrograph

dönme : (es. t.) rotasyon, (Alm.) Rotation, (İng.) rotation

dönü : (es. t.) spin, (Alm.) Spin, (İng.) spin

dönüşül : (es. t.) kritik, (Alm.) kritisch, (İng.) critical

dörtyüzlü : (es. t.) tetragonal, (Alm.) tetragonal, (İng.) tetragonal

durağan : (es. t.) stasyoner, (Alm.) stationär, (İng.) stationary

durağanımsı : (es. t.) kuasi-stasyoner, (Alm.) quasi-stationär, (İng.) quasi-stationary

düzenleme : (es. t.) modifikasyon, (Alm.) Modifikation, (İng.) modification

düzenleşim : (es. t.) koordinasyon, (Alm.) Koordination, (İng.) coordination

düzlük : (es. t.) plato, (Alm.) Plateau, (İng.) plateau

E

eğitsel : (es. t.) didaktik, (Alm.) didaktisch, (İng.) didactic
enerjiye-değgin : (es. t.) enerjetik, (Alm.) energetisch, (İng.) energetic
erim : (es. t.) menzil, (Alm.) Tragweite, (İng.) reach
esin : (es. t.) ilham, (Alm.) Inspiration, (İng.) inspiration
eşanlı : (es. t.) simültane, (Alm.) gleichzeitig, (İng.) simultaneous
eşbasınçlı : (es. t.) izobarik, (Alm.) isobarisch, (İng.) isobaric
eşgüdüm : (es. t.) koordinasyon, (Alm.) Koordination, (İng.) coordination
eşsıcaklıklı : (es. t.) izotermik, (Alm.) isotherm, (İng.) isothermal
etkin : (es. t.) aktif, (Alm.) aktiv, (İng.) active
etkin-kesit : (Alm.) Querschnitt, (İng.) cross-section
etkin kömür : (es. t.) aktif kömür, (Alm.) Aktivkohle, (İng.) activated coal
etkinleşme : (es. t.) aktivasyon, (Alm.) Aktivierung, (İng.) activation
etkinlik : (es. t.) aktivite, (Alm.) Aktivität, (İng.) activity
etmen : (es. t.) faktör, (Alm.) Faktor, (İng.) factor
evre : (es. t.) faz, (Alm.) Phase, (İng.) phase
eylemsiz : (es. t.) inert, (Alm.) inert, (İng.) inert
eytişim : (es. t.) diyalektik, (Alm.) Dialektik, (İng.) dialectic

F

fizikötesi : (es. t.) metafizik, (Alm.) metaphysisch, (İng.) metaphysic

G

girişim : (es. t.) interferans, (Alm.) Interferenz, (İng.) interference
gökbilim : (es. t.) astronomi, (Alm.) Astronomie, (İng.) astronomy
görelilik : (es. t.) rölativite, (Alm.) Relativität, (İng.) relativity
göresel : (es. t.) rölativistik, (Alm.) relativistisch, (İng.) relativistic

görüngü : (es. t.) fenomen, (Alm.) Erscheinung, (İng.) phenomenon
görünür : (es. t.) zahirî, (Alm.) scheinbar, (İng.) apparent
gösterim : (es. t.) temsil, (Alm.) Darstellung, (İng.) representation

H

havabilim : (es. t.) meteoroloji, (Alm.) Meteorologie, (İng.) meteorology

hayvanbilim : (es. t.) zooloji, (Alm.) Zoologie, (İng.) zoology

I

ısıalan : (es. t.) endotermik, (Alm.) endotherm, (İng.) endothermic
ısıgeçirmez : (es. t.) adyabatik, (Alm.) adiabatisch, (İng.) adiabatic
ısıl— : (es. t.) termik, termo—, (Alm.) thermo—, (İng.) thermal
ısıölçer : (es. t.) kalorimetre, (Alm.) Kalorimeter, (İng.) calorimeter
ısıveren : (es. t.) ekzotermik, (Alm.) exotherm, (İng.) exothermic
ışılkimya : (es :. t.) fotokimya, (Alm.) Fotochemie, (İng.) photochemistry
ışılyayım : (es . t.) foto (-elektriksel) emisyon, (Alm.) Fotoemission, (İng.) photoelectric emission
ışıma : (es. t.) radyasyon, (Alm.) Strahlung, (İng.) radiation
ışınetkin : (es. t.) radyoaktif, (Alm.) radioaktiv, (İng.) radioactive
ışıtılma : (es. t.) (Alm.) Belichtung, (İng.) lighting

İ

iç-örüntü : (Alm.) Verflechtung, (Ing.) interlace
ikibazlı : (es. t.) dibazik, (Alm.) dibasisch, (İng.) dibasic
ikili-söyleşi : (es. t.) diyalog, (Alm.) Dialog, (İng.) dialog(ue)
ikincil : (es. t.) sekonder, (Alm.) sekundär, (İng.) secondary
ilâçbilimi : (es. t.) farmakoloji, (Alm.) Pharmahologie, (İng.) pharmacology
iletişim : (es. t.) komünikasyon, (Alm.) Verständigung, (İng.) communication
ilgi : (es. t.) affinite, (Alm.) Affinität, (İng.) affinity

ilke : (es. t.) prensip, (Alm.) Prinzip, (İng.) principle
ince-yaprak : (es. t.) folye, (Alm.) Folie, (İng.) foil
irgitim, irgitme : (es. t.) endüksiyon, (Alm.) Induktion, (İng.) induction
işlemselcilik : (Alm.) Operationalismus, (İng.) operationalism
işlerge : (es. t.) mekanizma, (Alm.) Mechanismus, (İng.) mechanism
işlev : (es. t.) fonksiyon, (Alm.) Funktion, (İng.) function
itki : (es. t.) impuls, (Alm.) Impuls, (İng.) impulse
izlenimcilik : (es. t.) empresyonizm, (Alm.) Impressionismus, (İng.) impressionism
izlev : (es. t.) fonksiyon, (Alm.) Funktion, (İng.) function
izleyici : (Alm.) Tracer, (İng.) tracer

K

kargaşalı : (es. t.) türbülent, (Alm.) turbulent, (İng.) turbulent
kargaşma : (es. t.) türbülans, (Alm.) Turbulenz, (İng.) turbulence
karşıt-koşut : (es. t.) anti-paralel, (Alm.) antiparallel, (İng.) antiparallel
kaskatı : (es. t.) rijit. (Alm.) starr, (İng.) rigit
katı-asıltı : (es. t.) süspansiyon, (Alm.) Suspension, (İng.) suspension
katışkı : (Alm.) Beimengung, (İng.) admixture
katman : (es. t.) tabaka, (Alm.) Schicht, (İng.) layer
katmanlı : (es. t.) laminer, (Alm.) laminar, (İng.) laminar
kaynaşma : (es. t.) füzyon, (Alm.) Fusion, (İng.) fusion
kestirim : (es. t.) tahmin, (Alm.) Vermutung, Schätzung
ketleme : (es. t.) engelleme, (Alm.) Hemmung, (İng.) inhibition
kılcal : (es. t.) kapiler, (Alm.) Kapillare, (İng.) capillary
kırınım : (es. t.) difraksiyon, (Alm.) Diffraktion, (İng.) diffraction
kızılötesi : (es. t.) infrared, enfraruj, (Alm.) Infrarot, (İng.) infrared
konum : (es. t.) pozisyon, (Alm.) Position, (İng.) position
koşut : (es. t.) paralel, (Alm.) parallel, (İng.) parallel
kristalsi : (es. t.) kristalin, (Alm.) kristallin, (İng.) crystalline
kuram : (es. t.) teori, (Alm.) Theorie, (İng.) theory
kurgu : (es. t.) konstrüksiyon, (Alm.) Konstruktion, (İng.) construction

kurgulama (es. t.) spekülasyon, (Alm.) Spekulation, (İng.) speculation
kurgusal : (es. t.) spekülatif, (Alm.) spekulativ, (İng.) speculative

M

metalbilimi : (es. t.) metalurji, (Alm.) Metallurgie, (İng.) metallurgy
mıknatıssal : (es. t.) manyetik, (Alm.) magnetisch, (İng.) magnetic
mıknatıssal çekirdek yankılaşımı : (es. t.) nükleer manyetik rezonans, (Alm.) magnetische Kernresonanz, (İng.) nuclear magnetic resonance
mineralbilimi : (es. t.) mineraloji, (Alm.) Mineralogie, (İng.) mineralogy
morötesi : (es. t.) ültraviyole, (Alm.) ultraviolett, (İng.) ultraviolet

N

nicel : (es. t.) kantitatif, (Alm.) quantitativ, (İng.) quantitative
nicelik : (es. t.) miktar, (Alm.) Menge, (İng.) quantity, amount
nicem : (es. t.) kuantum, (Alm.) Quant, Quanten-, (İng.) quantum
nitel : (es. t.) kalitatif, (Alm.) qualitativ, (İng.) qualitative

O

olgu : (es. t.) vakıa, (Alm.) Tatsache, Wahrheit, (İng.) fact, event
olumlu : (es. t.) pozitif, (Alm.) positiv, (İng.) positive
olumluculuk : (es. t.) pozitivizm, (Alm.) Positivismus, (İng.) positivism
olumsuz : (es. t.) negatif, (Alm.) negativ, (İng.) negative
oluşum : (es. t.) teşekkül, (Alm.) Bildung, (İng.) formation
orandışı : (es. t.) irrasyonel, (Alm.) irrational, (İng.) irrational

Ö

öncül : (es. t.) mukaddem, (Alm.) Prämisse, (İng.) premiss
öndeyi : (es. t.) kehanet, (Alm.) Voraussage, (İng.) prediction
önerme : (es. t.) kaziye, (Alm.) Satz, (İng.) statement, proposition
öykünme : (es. t.) taklit etme, (Alm.) Nachmachen,

özdenetim : (es. t.) otomatik kontrol, (Alm.) automatische Kontrolle, (İng.) automatic control

özgül : (es. t.) spesifik, (Alm.) spezifisch, (İng.) specific

özgün : (es. t.) karakteristik, (Alm.) charakteristisch, (İng.) characteristic

öztezgen : (es. t.) otokatalizör, (Alm.) Autokatalysator, (İng.) autocatalyst

özyaşamöyküsü : (es. t.) otobiyografi, (Alm.) Autobiographie, (İng.) autobiography

P

parlatma : (es. t.) polisaj, (Alm.) Polieren, (İng.) polish

periyotlu dizge : (es. t.) periyodik sistem, (Alm.) periodische System, (İng.) periodic system

potansiyelölçer : (es. t.) potansiyometre, (Alm.) Potentiometer, (İng.) potentiometer

R

ruhbilim : (es. t.) psikoloji, (Alm.) Psychologie, (İng.) psychology

S

sağaltım : (es. t.) tedavi, (Alm.) Behandlung, Heilung,

salt-düşünsel : (es. t.) spekülatif, (Alm.) spekulativ, (İng.) speculative

sayıltı : (es. t.) fiksiyon, (Alm.) Fiktion, (İng.) fiction

seçenekli : (es. t.) alternatif, (Alm.) alternativ, (İng.) alternative

sekizyüzlü : (es. t.) oktaedral, (Alm.) oktaedral, (İng.) octahedral

sığa : (es. t.) kapasite, (Alm.) Kapazität, (İng.) capacity

sığaç : (es. t.) kapasitans, (Alm.) Kapazitanz, (İng.) capacitance

sıkışırlık : (es. t.) kompressibilite, (Alm.) Kompressibilität, (İng.) compressibility

sıklık : (es. t.) frekans, (Alm.) Frequenz, (İng.) frequency

sıvı-asıltı : (es. t.) emülsiyon, (Alm.) Emulsion, (İng.) emulsion

simge : (es. t.) sembol, (Alm.) Symbol, (İng.) symbol

soğurma : (es. t.) absorpsiyon, (Alm.) Absorption, (İng.) absorption

sonuşmaz : (es. t.) asimptotik, (Alm.) asymtotisch, (İng.) asymtotic

soyoluş : (es. t.) filojenez, (Alm.) Philogenesie, philogenetisch (İng.) Philogenesis.

sönümlenme : (es. t.) damping, (Alm.) Dämpfung, (İng.) damping

(sulu) : (es. t.) (aq), (Alm.) (aq), (İng.) (aq) aqueous

suyla-ayrışım : (es. t.) hidroliz, (Alm.) Hydrolyse, (İng.) hydrolysis

süreç : (es. t.) proses, (Alm.) Prozess, (İng.) process

sürekli : (es. t.) kontinü, (Alm.) kontinuierlich, (İng.) continuous

T

tam bilimler : (es. t.) ulum-i sahiha, (Alm.) exakten Wissenschaften, (İng.) exact sciences

tanı(-lama) : (es. t.) teşhis, (Alm.) Identifizierung, (İng.) identification

tasarı : (es. t.) proje, (Alm.) Projekt, (İng.) project

tasarım, tasarlama : (es. t.) planlama, dizayn, (Alm.) Planung, Plan, (İng.) planning, design

tasım : (es. t.) kıyas, dolaylı çıkarım, (Alm.) Syllogismus, (İng.) syllogism

taşı(n)ma, taşınım : (es. t.) transport, (Alm.) Transport, Förderung, (İng.) transport

tekbazlı : (es. t.) monobazik, (Alm.) monobasisch, (İng.) monobasic

tekdüze : (es. t.) homojen, (Alm.) homogen, (İng.) homogeneous

teknikbilim : (es. t.) teknoloji, (Alm.) Technologie, (İng.) technology

tepken : (es. t.) reaktan, (Alm.) Reaktant, (İng.) reactant

tepkime : (es. t.) reaksiyon, (Alm.) Reaktion, (İng.) reaction

tepkime-kabı : (es. t.) reaktör, (Alm.) Reaktor, (İng.) reactor

tezgeme : (es. t.) kataliz, (Alm.) Katalyse, (İng.) catalysis

tezgen : (es. t.) katalizör, (Alm.) Katalysator, (İng.) catalyst

tezgensel : (es. t.) katalitik, (Alm.) katalytisch, (İng.) catalytic

toplaşma : (es. t.) asosyasyon, (Alm.) Assoziation, (İng.) association

toplu-tartışma : (es. t.) seminer, (Alm.) Seminar, (İng.) seminar

tümdengelim : (es. t.) dedüksiyon, (Alm.) Deduktion, (İng.) deduction

tümevarım : (es. t.) endüksiyon, (Alm.) Induktion, (İng.) induction

türbilim : (es. t.) tipoloji, (Alm.) Typgologie, (İng.) typology

türdeş : (es. t.) homojen, (Alm.) homogen, (İng.) homogeneous

U

ucay : (es. t.) kutup, (Alm.) Pol, (İng.) pole

ucaylanma : (es. t.) polarizasyon, kutuplanma, (Alm.) Polarisation, (İng.) polarization

ucaylı, ucaysal : (es. t.) polar, kutupsal, (Alm.) polar, (İng.) polar

uçunma : (es. t.) süblimasyon, (Alm.) Sublimation, (İng.) sublimation

ulaşım : (es. t.) konveksiyon, (Alm.) Konvektion, (İng.) convection

uyartı : (es. t.) sinyal, (Alm.) Signal, (İng.) signal

uzandırma : (es. t.) ekstrapolasyon ,(Alm.) Extrapolation, (İng.) extrapolation

uzlaşım : (es. t.) konvansiyon, (Alm.) Konvention, (İng.) convention

Ü

ürkütme : (es. t.) anî soğutma, (Alm.) Abschrecken, (İng.) quenching

üs : (es. t.) eksponent, (Alm.) Exponent, (İng.) exponent

V

vargı : (es. t.) netice, (Alm.) Konklusion, Konsequenz, (İng.) conclusion, consequence

varsayım : (es. t.) hipotez, (Alm.) Hypothese, (İng.) hypothesis

verici : (es. t.) donör, (Alm.) Donator, (İng.) donor

X

x-ışını resimlemesi : (es. t.) röntgenografi, (Alm.) Röntgenografie, (İng.) roentgenography

yanılgı : (es. t.) hata, (Alm.) Fehler, Irrtum, (İng.) error
yanılsama : (es. t.) illüzyon, (Alm.) Illusion, (İng.) illusion
yankılaşım : (es. t.) rezonans, (Alm.) Resonanz, (İng.) resonance
yansız : (es. t.) nötr(-al), (Alm.) neutral, (İng.) neutral
yapı : (es. t.) strüktür, (Alm.) Struktur, (İng.) structure
yapılabilirlik : (es. t.) fizibilite, (İng.) feasibility
yapılanma : (es. t.) konstitüsyon, (Alm.) Konstitution, (İng.) constitution
yapı-taşı : (es. t.) konstitüent, (Alm.) Baustein, (İng.) constituent
yararcı : (es. t.) pragmatik, (Alm.) pragmatisch, (İng.) pragmatic
yaşamöyküsü : (es. t.) biyografi, (Alm.) Biographie, (İng.) biography
yayım : (es. t.) emisyon, (Alm.) Emission, (İng.) emission
yayınma : (es. t.) difüzyon, (Alm.) Diffusion, (İng.) diffusion
yeğinlik : (es. t.) şiddet, (Alm.) Intensität, (İng.) intensity
yeniden-birleşme : (es. t.) rekombinasyon, (Alm.) Rekombination, (İng.) recombination
yerbilim : (es. t.) jeoloji, (Alm.) Geologie, (İng.) geology
yerdeğiştirimli : (es. t.) sübstitüe, (Alm.) substituiert, (İng.) substituted
yerdeğiştirme : (es. t.) sübstitüsyon, (Alm.) Substitution, (İng.) substitution
yerel : (es. t.) mevzî, lokal, (Alm.) lokal, (İng.) local
yerölçümsel : (es. t.) jeodezik, (Alm.) geodätisch, (İng.) geodesic
yığışım : (es. t.) agregat, (Alm.) Aggregat, (İng.) aggregate
yozlaşma : (es. t.) dejenerasyon, (Alm.) Entartung, (İng.) degeneration
yönelim : (Alm.) Orientierung, (İng.) orientation
yöntembilim : (es. t.) metodoloji, (Alm.) Methodologie, (İng.) methodology
yörüngemsi : (es. t.) orbital, (Alm.) Orbital, (İng.) orbital
yüzergen : (es. t.) adsorban, (Alm.) Adsorbens, Adsorptionsmittel, (İng.) adsorbant
yüzerik : (es. t.) adsorbat, (Alm.) Adsorbat, adsorbierte Substanz, (İng.) adsorbate
yüzerme : (es. t.) adsorpsiyon, (Alm.) Adsorption, (İng.) adsorption

ADLAR DİZİNİ *

Arrhenius, S. **61**, **107**, 116
Bädecker, K. **62**
Balluffi, W. 155
Balmer, J. J. **45**, 56
Barrer, R. M. 155
Bavink, B. **100**, 116
Becquerel, A. E. **68**, 95
Berzelius, J. J. **25**
Bodenstein, M. 95, **112**, **114**, 116, 150, 155
Bohr, N. **44**, **46**, **47**, 53, 56, **99**, **118**, **135**, **137**, 138, 139, **148**
bonhoeffer, K. F. **135**, 139
Brandt, S. **86**, 96
Brickwedde, F. G. **137**, 140
Bridgman, P. W. 5, **17**, **25**, 26
Brock, F. 16
Brönsted, J. N. **84**, 96
Brüning, H. 96
Brunée, C. 139
Brunck, H. 95
Bunge, M. 5
Bunsen, R. W. **35**
Cauchy, A. L. 122
Chapman, P. L. 95, **150**, 155
Chiswell, B. 44
Christiansen, J. A. 95, **113**, 116
Clusius, K. 140
Conant, J. B. **156**, 169
Coster, D. **135**, 139
Curie, M. **68**
Curie, P. **68**
Darken, L. S. 96
Dalton, J. **31**
Darwin, Ch. **97**
Davy, H. **160**
Debye, P. **110**, 116, 128
Dehlinger, U. 65
Demokrit **31**
Diesel, R. **168**

* (Parçada adı geçen adlar için sayfa numaralarının altı çizilmiştir).

Dürr, P. 169
Duhem, P. 5, **98**, 116
Dulong, P.L. **134**
Duncker, R. **157**, **165**, 168
Dux, W. 95, **150**, **151**, 155
Eddington, A. 5
Eigen, M. **152**, 155
Einstein, A. **54**, **55**, **132**, **134**, **136**, 139, 140
Emde, H. 7
Engelhardt, W. von **1**, 5
Essler, K.W. 5
Eucken, A. **135**, 140
Faraday, M. **160**
Feodorow, E.S. von **59**
Fieser, L.F. 18
Fieser, M. **18**
Fischer, A. 6, 56
Franck, P. 6
Frege, G. **102**, 116
Friedrich, W. **59**
Galilei, G. **32**, **87**, 130
Galle, J.G. **105**
Galstaun, L.S. 96
Galvani, L. **68**, 95
Gerhardt, Ch. **160**
Gerlach, W. **138**
Gibbs, J.W. **20**, **71**, **161**
Gillespie, L.J. 96
Gmelin, L. 56
Goethe, J.W. 30
Gordon, J.P. **136**, 140
Grigg, E.C.M. 44
Grondahl, L.O. 140
Gründig, H. 155
Guggenheim, E.A. 128
Guilford, J.P. **161**, 169
Gurry, R.W. 96
Haber, F. **161**
Hadamard, J. **157**, **167**, 168
Hagen, G. **47**, 56
Hagenbach, E. **48**, **52**, 56
Hahn, O. **57**, 64
Hammett, L.P. **85**, 96
Harteck, P. **135**, 139
Hartmann, M. 6, **58**, 64
Hauffe, K. 155
Heisenberg, W. **44**, **119**, 128, 139, **159**, **165**, 168
Heitler, W. 163
Heller, K.D. 116
Helmholtz, H. von **32**, **33**, 44, **51**, **160**
Henry, W. 153
Herzfeld, K.F. **113**, 116, 128
Hevesy, G. von **135**, 139
Heyde, J.E. 16
Heydweiler, A. **61**
Heyrowsky, J. 95
Hiller, K. **135**, 140
Horn, H.G. 56
Houwink, R. 116
Hückel, E. **110**, 116
Hund, F. 27, **138**, **139**, **159**, 169
Jung, C.G. **161**, 169
Kamlah, W. **40**, 44
Kempki, J. von 16
Kirchhorf, R. **90**
Klüver, J. 6
Knapp, W. 16
Knietsch, R. **26**, **143**, 154
Knipping, P. 59
Koch, E. 64
Kohlrausch, F. **61**
Kopmin, P.W. 6
Korf, M. 169
Kraft. V. 6
Krebs, H. 128

Kretschmer, E. 160, **161, 168,** 169
Kröber, G. 169
Kröger, F. A. **62,** 65, 95, 139
Krüger, L. 6
Kulp, J. L. 139
Kuta, J. 95
Laue, M. von **59, 161**
Leinfellner, W. 6
Lennard-Jones, J. E. **124,** 128
Leverrier, U. J. J. **105**
Lewis, G. N. 140
Lewy, E. 16
Liebig, J. von **160**
Lind, S. C. **112, 114,** 116
Lorenzen, P. 6, **40,** 44
Mach, E. **98,** 115
MacDonald, R. J. 140
MacMahon, P. S. 95, **150,** 155
March, A. 6
Mayer, R. J. **160,** 169
Medawar, P. B. **145,** 155
Mendelejeff, D. J. **134**
Meyer, J. 96
Meyer, L. **134**
Mittelstaedt, P. 7
Moore, R. **44**
Münster, A. 116
Murphy, C. M. **137,** 140
Navier, L. M. H. **102**
Nernst, W. **101, 151, 134,** 155
Newton, I. **32, 97, 104**
Norton, F. J. 155
Onsager, L. **110,** 116
Orowan, E. 65
Ostwald, W. **2. 25, 61, 98, 108,** 116, **160, 161,** 169
Pasteur, L. **168**
Patzig, G. **40, 44**
Pauli, W. **138**
Pedersen, K. 96
Peskoff, N. von 96
Petit, A. T. **134**
Planck, M. **54,** 116, **134**
Plato, **32**
Plaut, H. 95
Poincaré, H. 7
Poiseuille, J. L. M. **48,** 56
Polanyi, M. 65, **113,** 116, 139
Polya, G. 157, **162,** 168
Popowitsch, M. W. 6
Popper, K. R. 7, **98,** 115
Porter, R. N. 116
Prandtl, L. **70, 94**
Raff, L. M. **111,** 116
Regersbach, W. 7
Reichenbach, W. 7
Remane, A. 16
Ritz, W. **54, 138**
Runge, C. **45**
Rutherford, E. **22, 53, 117**
Rydberg, I. R. **46, 148**
Sachsse, H. 7
Sapper, E. **68**
Schieder, Th. 16
Schiller, F. 1
Schmalzried, H. 65, 96
Schönflies, A. **59**
Schottky, W. **59,** 64, **149**
Seiffert, H. 7
Sieverts, A. **75,** 95
Simmons, R. 155
Sims, L. B. 116
Sohnke, L. B. **59**
Sokrates, **32**
Speer, J. **145,** 154
Spenke, E. 140
Stark, J. **161**
Stegmüller, W. **7**
Stern, O. **138**

Stokes, G. G. **104**
Strassmann, F. **57**, 64
Ströker, E. **159**, 169
Strombach, W. 7
Strunz, K. 16
Stherland, W. **124**, 128
Szabo, A. L. 139
Tammann, G. **142**, 154
Tarski, A. 7
Taylor, G. I. 65
Thompson, D. L. 116
Thomson, W. **20**
Townes, C. H. **136**, 140
Troll, W. 16
Urey, H. C. **137**, 140
Vaihinger, H. **118**, 128
van't Hoff, J. H. 116
Vetter, K. J. 95, 128
Vink, H. J. **62**, 65
Vollmert, B. 155
Volta, A. **68**, 95
Voshage, H. 140
Wagner, C. 64, 95
Warburg, E. **127**, 127, 128
Wartofsky, M. W. 7
Wassermann, E. 155
Weizsäcker, C. F. von 7
Wertheimer, M. **157**, **165**, 168
Westphal, W. H. 26, 55
Weyl, H. 7
Wiedemann, G. **48**, **52**, 56
Winkler, C. **135**, 139, **143**
Wolf, K. L. 16
Wolff, H. J. 16
Zeiger, H. J. **136**, 140
Zeppelin, Graf F. von **168**
Zsigmondy, R. **131**
Zwicky, F. **64**, 65

CARL WAGNER

Doğabilimsel ve Teknik Araştırma Yöntemleri



Ð DEĞİŞİM YAYINLARI