Laserin Hikâyesi

Bir Bilimcinin Maceraları

Charles H. Townes



BOĞAZİÇİ ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Elginkan Vakfı

LASERİN HİKÂYESİ

Bir Bilimcinin Maceraları

CHARLES H. TOWNES

Çeviren: Kuthan Yelen

BOĞAZİÇİ
ÜNİVERSİTESİ
YAYINEVİ

Charles H. Townes
How the Laser Happened
Adventures of a Scientist

Copyright © 1999 by Oxford University Press, Inc.

Laserin Hikâyesi
Bir Bilimcinin Maceraları

© BÜTEK A.Ş. 2009.

Çeviri © Kuthan Yelen, 2009.

Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi
Boğaziçi Üniversitesi Uçaksavar Kampüsü
Cengiz Topel Caddesi, Garanti Kültür Merkezi, Arka Giriş
Etiler/İstanbul

bupress@boun.edu.tr
www.bupress.org, www.bupress.net
Telefon ve faks: (90) 212 257 87 27
Sertifika No: 10821

Bu çevirinin yayın hakları Oxford University Press'ten
ONK Ajans aracılığıyla alınmıştır.

Yayıma Hazırlayan: Ergun Kocabıyık
Kapak tasarımı: Kerem Yeğin
Baskı: Mas Matbaacılık A.Ş. Hamidiye Mah.
Soğuksu Cad. No. 3 Kağıthane/İstanbul
Tel: 212 294 10 00 Fax: 212 294 90 80
Sertifika No: 12055

Birinci Basım: Nisan 2010

Boğaziçi University Library Cataloging in Publication Data

Townes, Charles H..
Laserin hikâyesi: bir bilimcinin maceraları / Charles H. Townes; çeviren Kuthan Yelen.
269 p. ; 21 cm.

ISBN 978-605-4238-23-1

1. Lasers – History. 2. Masers – History. 3. Science and state – United States – History. I. Title. II. Yelen, Kuthan.
QC687.2

İÇİNDEKİLER

Giriş ve Teşekkür, 7

1
Düz Giden Işık, 9

2
Fizik, Furman, Moleküller ve Ben, 27

3
Bell Laboratuvarları ve Radar, Fizikten (Talihli) Bir Sapma, 46

4
Columbia'dan Franklin Parkı'na ve Sonrası, 65

5
Maser Coşkusu ve Yansımalar Zamanı, 94

6
Maserden Lasere, 118

7
Patent Oyunu, 148

8
Ay Tozu ve Bilim Danışmanlığı Üzerine, 176

9
Orion'da Yağan Yağmurlar
Antik Maserler ve Laserler, 233

10
Hem Geçmişe Hem de Geleceğe Bir Bakış, 259

Dizin, 263

GİRİŞ VE TEŞEKKÜR

Alfred P. Sloan Vakfı benden laserin tarihçesini yazmamı isteyerek, bu kitaba önayak oldu. Bu kitapta laserin hikâyesine bir bilimci olarak kişisel hikâyem de eşlik ediyor. Bunun sebebi, çağımızda bilim ve teknolojinin gelişiminin, bilimsel sosyoloji olarak da adlandırılabilecek bir şekilde, insan ilişkilerine ve karşılıklı etkileşimlere sıkı sıkıya bağlı olmasıdır. Laserin gelişimi gibi şeyler yalıtılmış fikirlerden değil, bilimsel sosyal çevrelerden, meraktan, mücadeleden, bilmecelerden ve farklı pek çok kişinin etkileşiminden kaynaklanmaktadır.

Hükümet, askerler ve dışişleri ile olan ilişkiler de hikâyenin bir parçası; çünkü 20. yüzyılda bilimciler bu tür ilişkilerde giderek daha çok yer almaya başladı.

Bilim ve kimi zaman da kamu alanında yürüttüğüm fazlasıyla yoğun çalışmaları, yaptığım pek çok iş ve yer değişikliğini eşim Frances bencillikten uzak ve düşünceli bir şekilde destekledi. Ben ve burada sunulan hikâye, kendisine çok şey borçluyuz. Benzer şekilde bu kitap, bana düzenlemelerde ve gözden geçirmede büyük yardımda bulunup tavsiyeler veren bilim yazarı Charles Petit'e çok şey borçludur. Kendisi olmasaydı bu kitap tamamlanamazdı. Maharetli sekreterim Marnie McElhiney'e de kitabın hazırlanmasında yaptığı katkılardan ötürü teşekkür ediyorum.

Umuyorum burada anlatılanlar, fikirlerin ve bilimin gerçekte nasıl ortaya çıktığına ve günümüzde bilimsel bir kariyerin nasıl olabileceğine dair ilgi çekici ve gerçekçi fikirler verir.

Charles H. Townes
Berkeley, California

1

DÜZ GİDEN IŞIK

21 Temmuz 1969'da astronotlar Neil Armstrong ve Edwin Aldrin, Ay yüzeyine bir dizi küçük yansıtıcı yerleştirip, bunu Dünya'ya çevirdiler. Aynı sıralarda Dünya'da (390.000 kilometre uzakta) birisi California Üniversitesi Lick Gözlemevi'nde, diğeri ise, Texas Üniversitesi McDonald Gözlemevi'nde olmak üzere iki astrofizik takımı, iki büyük teleskop üzerindeki küçük aletleri ayarladılar. İnsanoğlunun Ay'a ayak bastığı ilk yerin konumunu dikkatli bir şekilde not ettiler. Yaklaşık on gün sonra Lick'teki ekip, teleskoplarını, konumu çok hassas olarak belirlenmiş olan bu noktaya çevirip, sistemlerine yeni ekledikleri küçük bir alete düşük miktarda güç verdiler. Birkaç gün sonra Texas'ta hava açtığında, McDonald ekibi de aynı işlemleri tekrarladı. Yapay yakut kristallerinden gelen incecik ve olağanüstü saf kırmızı bir ışık, her iki teleskopun da kalbinden çıkarak gökyüzünü deldi ve neredeyse tamamen boşluktan ibaret olan uzaya çıktı. Astronotların yerleştirdiği yansıtıcıları aydınlatmak için 390.000 kilometre yol kat ettikten sonra bile ışınlar sadece 1.000 metre kadar bir genişlikteydi. Işınlar, yansıtıcılara ulaştıktan yaklaşık bir saniye kadar sonra California ve Texas ekipleri, bunların çok silik olan yansımalarını tespit ettiler. Işının gönderilmesi ve geri dönmesi arasında geçen süre, Dünya'dan Ay'a olan mesafenin sadece birkaç santimetre hata payı gibi görülmemiş bir hassaslıkla ölçülmesini sağladı.

Bu ışık kaynaklarının kalbinde, bu olaydan sadece dokuz yıl önce, 1960'ta icat edilmiş olan yakutlu bir cihaz vardı. Hatta Ocak 1968'de, Los Angeles California Teknoloji Enstitüsü Jet İtki Laboratuvarları'ndan gönderilecek bir laser ışınını

tespit edebilen bir kamera taşıyan insansız bir uzay aracı, insanoğlundan önce Ay'a inmişti. Bu test ışını sadece 1 vat gücündeydi. Halbuki test sırasında Los Angeles yöresindeki tüm ışıkların toplamı milyonlarca vat (megavat) gücünde olmasına rağmen bunlar Ay yüzeyinden görülemeyecek kadar sönük kalıyordu. Bunun sebebi sıradan ışıkların dağılması ve tespit edilemeyecek seviyelere kadar seyrelmesiydi. Ne var ki, sadece bir cep feneri kadar güce sahip olan tek bir test ışını, yanıp sönen bir sinyali Ay yüzeyine taşımayı başarmıştı.

Ay'ın yüzeyinden yansıyarak mesafe ölçümüne olanak vermesi, laser ışığının birtakım harika özelliklere sahip olduğunu gösteren işaretlerden yalnızca biridir. Artık günlük hayatımızda uygulama bulan bunun gibi daha pek çokları mevcuttur. Ancak laserin keşfini takip eden ilk yıllarda meslektaşlarım bana "bu harika bir fikir, ama bu kendisine problem arayan bir çözüm" diyerek takılırlardı. Doğrusunu söylemek gerekirse laserlerle çalışan biz ilkler, sonunda ne kadar çok uygulama alanı çıkabileceğini tahmin edememiştik. Bu durum, önemi asla abartılamayacak kadar büyük olan bir konu için güzel bir örnektir: Bugünkü pek çok teknolojik çözüm yıllarca hatta onlarca yıl önce yürütülen temel bilimsel araştırmalardan kaynaklanmaktadır. Motivasyonlarının sebebi büyük ölçüde merak olan araştırmacılar, genellikle çalışmalarının nerelere ulaşacağı konusunda pek fazla fikre sahip değildirler. Doğayla ilgili temel araştırmalarımızdan hangilerinin faydalı olacağını (benzer şekilde bugünkü çalışmalarının hangilerinin çıkmaz sokak olduğunu) öngörebilme becerimiz oldukça zayıftır. Bu durum çok basit bir gerçekten kaynaklanmaktadır. Araştırmalar sırasında keşfedilen yeni fikirler, gerçekten *yeni*dir.

Maser ve laser ortaya çıkar çıkmaz bu ikisinin, bilim ve teknolojinin sık kullanılan ve çok önemli iki konusu olan, optik ve elektronik arasında sıkı bir bağlantı kurduğuna işaret etmiştim. Bu cihazların bize hangi ufukları açacaklarını tahmin edemesek de, artık o noktadan sonra önümüze, çok geniş bir uygulama yelpazesi çıkmasını bekleyebilirdik. Gerçekten de böyle oldu.

Laser muazzam sayıda uygulama alanı buldu: Ay'a olan

mesafeyi ölçen laser orta büyüklükte bir cihazdı ve işini tamamladığı dönemde, kadastrocular laserleri arazi sınırlarını belirlemek veya karayollarını sınıflandırmak gibi çok daha sıradan ama belki daha yararlı işler için kullanmaya başlamışlardı bile. Bugün San Francisco körfezi altından geçen Körfez Bölgesi Hızlı Treni (BART), laser yardımıyla yerleştirilmiş bir tüpün içerisinden geçmektedir. New Hampshire'daki çiftliğimin sınırlarının nerede olduğunu büyük bir kesinlikle biliyorum, çünkü gelen kadastrocu bir laser kullanmıştı.

Laserlerin en küçükleri o kadar miniktirler ki onları mikroskop kullanmadan göremezsiniz. Bilgisayarların kalbini oluşturan devrelere benzer bir şekilde, bunlardan binlercesini bir yarıiletken çip üzerine yerleştirebilirsiniz. En büyük boy laserler ise küçük bir kasaba kadar elektrik tüketirler. California Üniversitesi Berkeley Kampüsü'ndeki ofisime 70 kilometre mesafede, dünyanın şu en güçlü laserlerinin olduğu Livermore Ulusal Laboratuvarları bulunmaktadır. NOVA adı verilen bir laser grubu öyle bir şekilde ayarlanmıştır ki on ayrı laserden gelen ışınlar toplu iğne başı büyüklüğünde bir noktada birleşmektedirler. Bu laserlerin her biri, ışın patlamalarını yaratan güçlü elektrik bobinleri olan, optik aksamlar ve 50 santimetre çapında kalın eflatun camlardan oluşan 350 metre uzunluğunda devasa şeylerdir. Odaklanarak birleşen ışınlar bir anda (kelimenin tam anlamıyla bir anda, saniyenin birkaç milyarda birinde) birkaç milyon dereceye varan bir sıcaklık yaratırlar. Bu tür yoğunlaşmış enerjiler, fizikçilerin, Güneş'in parlamasını sağlayan füzyonu oluşturan şartların nasıl yaratılabileceğini inceleyebilmeleri açısından gereklidir. Livermore ekibi bu sayede çok az kirliliğe veya nükleer atığa sebep olarak verimli bir şekilde elektrik üretebilmenin bir yolunu bulmayı ummaktadır. Bu ekip bir yandan daha da güçlü bir lasere doğru gelişme kaydetmektedir. Ekip, Ulusal Ateşleme Tesisleri'ndeki laserleriyle dünya rekorunu 10 katına çıkararak bir pırıltı taneciğine odaklanmış milyon kere milyar vat büyüklüğünde bir güce eriştiler. Bu parlama saniyenin trilyonda biri kadar sürmekle beraber gücü, o onda tüm dünyada tüketilen toplam güçten daha fazladır.

Livermore'daki füzyon programı, laserler ile maddelerin etkileşimi konusunda çok özel bir örnek olabilir. Bununla beraber laserlerle malzeme işlemenin çok daha sıradan uygulamaları bulunmaktadır. Örneğin arabanızdaki rulman yüzeyleri laserle işlenmiş olabilir. Laser ışını metal yüzeyde gezdirildiğinde yalnızca yüzeyi ısıtıp sertleştirirken iç kısımlarda önemli bir sıcaklık artışına, dolayısıyla da kırılganlığa sebep olmamaktadır. İnanılmaz derecede kısa süren enerji parlamalarıyla laserler, çevre bölgeleri etkilemeden sadece istenen yerden malzemeleri süratle buharlaştırıp uzaklaştırabilirler. Odaklanmış bir laser ışını en sert malzememiz olan elmastan bile kolaylıkla geçebilmektedir. Bunlara ek olarak laserler, kaliteli bir İsviçre saatindeki yakut rulmanlarda küçücük delikler açabilecek ya da bilgisayar mikroçiplerindeki karmaşık devre desenlerini işleyebilecek derecede hassastırlar.

Laserlerin bu güçlerine ve yoğunluklarına tezat bir biçimde, bilimciler mikroskopla odaklanmış çok zayıf laser ışınları aracılığıyla küçücük parçacıkları hatta canlı bir hücre içerisindeki organelleri bile nazikçe hareket ettirebileceklerini keşfettiler. Bu tür "optik cımbızlar" biyoloji alanındaki araştırmalar için çok faydalı birer alet olabilirler. Başka bir uygulamada ise laserler, normalde çok yüksek hızlarda hareket eden atomları yavaşlatarak tuzaklar içerisine almak ve böylece mutlak sıfır dereceden, derecenin yalnızca birkaç milyarda biri daha fazla sıcaklıklarda gaz kümeleri oluşturmak için kullanılabiliyor.

Hava kirliliğini denetleyen kurumlar, farklı renklerdeki laser ışınlarından hangilerinin nasıl soğurulduğunu kıyaslayarak bir şehrin üzerindeki havanın kalitesini kısa bir sürede belirleyebilirler. Fabrika bacalarından çıkan havayı inceleyerek bunlardan kaynaklanan kirliliği tespit edebilirler. Hatta dümdüz yukarıya bakarak stratosferdeki bazı kimyasalları ölçebilirler.

Laserler benzersiz bir iletişim imkânı da sağlamaktadırlar. Tek bir laser ışını, prensipte, dünyadaki tüm bilgisayarlar ve insanlar arasında gidip gelen veriyi taşıyabilir. Tüm telefon hatlarından, televizyon kanallarından ve radyo istasyonlarından gelen sinyaller, sesler, müzikler ve sayısal veriler paket-

lenip tek bir laser ışını üzerinde taşınabilir. Bu olasılık henüz gerçekleşmedi, ama daha şimdiden laser ışınının sağladığı iletişimin baş döndürücü hızından yoğun şekilde faydalanıyoruz. Ayrıca laser ışını, kalem ucundan daha ince, esnek bir fiber optik cam tüp boyunca gönderilebilir. Geniş veri kapasitesi bir yana, fiber optik kabloların bu küçük hacmi, onların artık New York sokaklarının altındaki telefon hatlarının bel kemiği haline gelmesinin en önemli sebebidir. Şehir şebeke sistemleri; kanalizasyon boruları, enerji kabloları, telefon ve kablolu televizyon hatları ve diğer sistemlerle o kadar doludur ki, istesek bile yeni bir bakır iletişim hattı çekecek yer yoktur. Dahası laserle iletişim, standart radyo veya telefon iletişimine göre çok daha fazla gizlilik sağlamaktadır. Yayılan ve kolaylıkla dinlenebilen radyo sinyallerinin tersine laser ışını düz bir çizgi üzerinde gitmektedir. Fiberin içerisine bir algılayıcı takılmadığı sürece fiber kablodaki laser ışını dinlenemez.

Milyonlarca Amerikalının evinde ve birçoğunun da arabasında müzik üreten laserler vardır. Bir CD üzerine bilgiler laser aracılığıyla kaydedilir. CD çalar içerisindeki bir başka laser ise sayısal olarak kaydedilmiş olan bu bilgileri okur. Böylece çok kaliteli bir müzik kayıt ortamı elde edilmiş olur. Gökyüzünde şekiller çizen rengârenk ışık gösterileri gibi laser sanatçılığı da giderek gelişmektedir. Cisimlerden yansıyan laser ışınları fotoğraf filmi üzerine düşürülerek üç boyutlu hologramlar kaydedilebilir. Laser ışınları bu hologramlardan yansıtılarak cisimlerin üç boyutlu görüntüleri tekrar elde edilebilir. Kimi zaman laserler, çok sıradan işler için de kullanılabilmektedir. Bu durum laser teknolojisinin uygulama alanının ne kadar geniş olduğunu göstermektedir. Örneğin yakın bir geçmişte Columbus Ohio'daki Battelle Memorial Enstitüsü, laserlerin patates soyucu olarak çok iyi iş gördüklerini duyurmuştur.

İcat edildiği günden beri pek çok kimse, ordunun laseri bir ölüm ışınına çevirebileceğini hayal etti. Gerçekten de füzeleri laserle düşürebilmek için ciddi miktarda para harcandı. Böyle bir sistemin pratikte nasıl olabileceği hâlâ net değil, ancak gerçekleştirilebilirse, bundan sonra bir füze saldırısından korkmamıza gerek kalmaz. Ölüm ışınları fikrinin insanların

ilgisini çeken gizemli bir tarafı var. Bu durum en azından Alexei Tolstoy'un 1926'daki *The Garin Death Ray* [*Garin'in Ölüm Işını*] adlı bilim kurgu kitabına kadar uzanıyor:

> Garin makineyi kapıya yöneltti. Cihazdan gelen ışın, yolu üzerindeki elektrik kablolarını kesti ve tavandaki ışık söndü. Göz kamaştırıcı, dümdüz ve bir iğne kadar ince olan ışın, kapının üzerinde gezinirken tahta parçalar yere dökülüyordu. Işın yavaşça aşağıya indi. Kısa bir bağırtı duyuldu. Sanki bir kedinin üstüne basılmış gibiydi. Karanlıkta birisi tökezledi ve bir beden yavaşça yere yığıldı. Işın kapıdan bir metre kadar ileride gezindi. Yanık et kokusu geliyordu. Garin güldü ve boğuk bir sesle şöyle dedi: "Hepsinin işi tamam."

Bu tür güçlü ışınların, gerçek olsalar da olmasalar da, insanların ilgisini çektiği açık. Modern laser ışınları, her ne kadar bu gizemli ışınları anımsatsalar da, gerçekte ölüm ışınlarını pek başarılı şekilde üretemiyorlar. Pek çok durumda bir şeyi ya da birisini standart bir silahla (ya da bir taşla) vurmak çok daha etkili ve kolay oluyor.

Günün birinde gerçek olsalar bile, ölüm ışınlarının askerî amaçlı kullanımları oldukça seyrek olacak gibi görünüyor. Bununla beraber laserin gerçekten çok önemli askerî kullanım alanları bulunuyor. Yalnızca ordulara has olmamakla beraber, iletişim elbette bunlardan biri. Modern tankların, bombaların ve füzelerin hedeflerini birkaç metre hassasiyetle vurabilmesi çok önemlidir ve bu becerilerini de genellikle bir lasere borçludurlar. Bir hedef üzerine düşürülen laser ışını bu noktadan yansıyarak savaş başlığının takip edebileceği çok belirgin bir işaret oluşturur. Laserlerin askerî kullanımında beni memnun eden şey şudur: Eğer savaş olmak zorundaysa ve köprü gibi bir hedefin imha edilmesi gerekiyorsa, laserler bombaların tam bu köprüyü vurmasına yardım ediyor. Böylece çevredeki komşu binaların yanlışlıkla vurulma ihtimali büyük ölçüde azalıyor. 1991 Körfez Savaşı'nda, etraftaki sivil bölgelerde hasara veya can kaybına sebep olmadan imha edilen askerî hedefleri gösteren video görüntüleri bu hassasiyetin birer belgesi oldu.

Hastaneler ve bazı doktor odaları laserlerle doludur. Cer-

rahlar hastaların gözbebeklerinden içeriye laser ışını göndererek gözlerinin arkasında bulunan kopmuş retina üzerinde operasyon yapabilmektedirler. Laser ışını retinadaki pigmentler tarafından emilmediği sürece hemen hemen hiçbir etki yaratmaz. Bu nedenle sadece çok küçük bir yarayla kopmuş dokuları birbirine tutturabilir. Laserlerin diğer teknolojik başarılarından çok farklı olarak, bir dostum gözünün bir laser ameliyatıyla kurtarıldığını söylediğinde, bambaşka manevi bir tatmin duyuyorum. Cerrahinin her alanında laserlerin dokuları bir yandan keserken aynı anda da damarları dağlayarak kan akışını durdurması hem cerrahların işini kolaylaştırdı hem de hastaların hayatını daha güvenli kıldı.

Laserler, sadece kullanışlı birer alet edevat değil ama aynı zamanda çok önemli bilimsel araştırma cihazlarıdır. Laserlerin bu alandaki en büyük faydası çok yüksek hassasiyetlerinden kaynaklanmaktadır. Laserler çok saf, neredeyse sabit olan bir dalga boyunda ve doğrultusu çok net olan ışık dalgaları üretirler. Bu dalgalar eş-fazlıdırlar. Bu teknik terim; dalgaların yalnızca aynı boyda olmayıp aynı zamanda birbirleriyle örtüştükleri anlamına da gelir. Bu özellik, laser ve maserin keşfinden önce bilimcilerin akıllarına bile gelmeyen seviyelerde ölçüm hassasiyetine olanak verir.

Mikrodalgalar (boyu en kısa olan radyo dalgaları) üreten maser, laserin anafikrini oluşturdu. Bir laser, mikrodalga yerine daha kısa dalga boylarında (görünür ışık veya kızılaltı [*infrared*] dalga boylarında) elektromanyetik dalgalar üretir. Bu nedenden ötürü laserler, zamanla öncüsü olan maserleri gölgede bıraktı. Bununla beraber maserler halen elimizdeki en hassas mikrodalga yükselticileri ve atom saatlerinde kullanılan en hassas zaman ölçü aletleridir.

Işık dalgaları elektromanyetik dalgalardır. İsminden de anlaşılacağı üzere bu dalgalar, beraber hareket eden ve birbirine bağlı elektrik ve manyetik alanlardan oluşur. Küçük bir noktaya odaklandığında laserler, Güneş'in yüzeyindekinden milyarlarca kat daha şiddetli ışık yoğunluğu ve buna paralel olarak çok güçlü elektrik ve manyetik alanlar oluşturabilirler. Laserin bu özelliği "doğrusal olmayan optik" adı verilen tamamen yeni bir fizik ve mühendislik alanının doğmasını sağladı.

Çok yoğun laser ışınlarının etkisiyle maddelerin geçirgenlik ve optik özellikleri değişmektedir. Bu nedenle çok güçlü laser ışınları doğrusal olmayan optik etkiler sonucunda, daha zayıf ışınların aksine, atmosferden ve diğer optik ortamlardan açılmadan geçebilmektedir. Çünkü bu yoğun ışınlar içinden geçtikleri ortamın optik özelliklerini öyle değiştirmektedirler ki, açılmalarına engel olan hatta bazı durumlarda çok daha odaklanmalarını sağlayan bir kanal yaratmaktadırlar. Laser ışık dalgaları malzemelerle öyle etkileşebilir ki, malzemedeki elektronlar büyük salınım hareketleri yaparak, gelen ışığın dalga boyunun farklı katlarında ışık yayınlayabilirler. Örneğin yakut bir laserden gelen kırmızı ışın, atomları uyararak kırmızı dalga boyunun bir tam katsayısı olan morötesi bir ışın üretmelerini sağlayabilir.

Öteden beri laserlerin en yaygın kullanım alanlarından biri, uzunlukların çok hassas ölçümüdür. Yanlızca Ay'a olan mesafe değil, ama bir laboratuvarda veya atölyede iki nokta arasındaki mesafenin ölçümü de buna bir örnektir. Hatta artık temel uzunluk birimi, standardı belirlenmiş laserlerin dalga boyları olarak tanımlanmaktadır. Napoleon'un ağırlık ve ölçülerin standartlaştırılması planı çerçevesinde platin-iridyum alaşımından yapılmış ve Paris'te bulunan "standart metre", artık dünyanın uzunluk ölçü standardı değildir. Laboratuvarlardaki laserler, artık uzunlukları atom büyüklükleri mertebesinde ve hatta daha da ötesinde, ışık dalga boyunun binde biri hassasiyetiyle ölçebilmektedir. Taramalı mikroskop adı verilen yeni nesil mikroskoplar, yüzeyler üzerinde çok ince iğneler gezdirerek atomların yerlerini ve büyüklüklerini ölçebilmektedir. Bu mikroskoplar iğnenin ucundan verilen bir laser ışınının aydınlatmasıyla, önceki türlerine kıyasla on kat daha fazla ayrıntılı gösterebilmektedir. Şu sıralar "kütle çekimi dalgalarının" tespitini sağlamak amacıyla laser düzeneklerinin kurulmasına çalışılmaktadır. Bu "kütle çekimi dalgaları"; bizim galaksimizde veya diğerlerinde meydana gelen supernova patlamaları sırasında, yıldız çekirdeklerinin içine çökmesi gibi devasa kütlelerin hareketiyle oluşan, uzay zaman dokusundaki ufak dalgalanmalardır. Yerçekimi dalgalarının tespiti için gerekli olan, kilometrelerce uzunluktaki

mesafelerde yalnızca bir atom çapının milyarda biri kadar hassasiyeti ancak ve ancak bir laser sağlayabilir.

Laserler astronomlara, aynalarını ve diğer optik düzeneklerini mükemmel bir ayarda tutmada büyük kolaylık sağlar. Ancak laserin astronomiye en görkemli katkısı, dünyanın en büyük teleskoplarında uygulanan ve "uyum sağlayan optik" adı verilen yöntemle, atmosferden uzaya şimdiye kadar hiç olmadığı kadar net bir şekilde bakılmasına olanak vermesidir. Yıldızlara bakmış olan herkesin bildiği gibi yıldızlar "göz kırpar". Her ne kadar romantik görünse de astronomlar bu etkiden hiç hoşlanmazlar. Yıldızların "göz kırpmasının" sebebi; Dünya atmosferinin her yerde aynı özellikte olmaması ve atmosferin sürekli hareket ederek yıldızlardan gelen ışının yolunu saniyede pek çok kez değiştirmesi, bunun sonucunda da görüntünün bulanıklaşmasıdır. Astronomlar yıldızların berrak ve sabit görünmesini tercih ederler.

"Uyum sağlayan optik" uygulamalarında teleskopun baktığı doğrultuda bir laser ışını gökyüzüne gönderilebilir. Atmosferdeki parçacıklardan veya atomlardan saçılan ışın geri geldiğinde ya da laser ışınının etkisiyle kimi atomlar ışıma yaptığında, teleskopun baktığı doğrultuda atmosferin yol açtığı bozulmalar hakkında bilgi edinilebilir. Ölçülen bu bozulma, elektrik sinyallerine çevrilerek özel tasarlanmış, şekil değiştirebilen esnek aynalara aktarılır ve atmosferde anlık olarak değişen optik değerler telafi edilebilir. Şimdiden bu tür teleskoplar, diğerlerine kıyasla yirmi ila otuz kat daha net görüntüler veriyor. Eskiden astronomların yalnızca Hubble gibi atmosferin dışında, uzayda bulunan teleskoplarla mümkün olabileceğini düşündükleri netlikteki görüntüleri, artık yeryüzünden alabiliyoruz. Yeryüzünde Hubble'dan daha büyük teleskoplar uyum sağlama becerileri sayesinde yakın bir zamanda görünür ve kızılaltı dalga boylarında Hubble'dan çok daha kaliteli görüntü sağlayacaklardır.

Laserin bu uygulamalarına ek olarak kısa bir süre önce, yıldırım düşmelerini laserle denetlemeyi amaçlayan ve gerçekçi gibi duran projeler olduğunu duydum.

Bir gelişmenin ne zaman başladığını söylemek genellikle zordur. Ama galiba fizikçilerin lasere giden yolda 1945'te

yürümeye başladıklarını söyleyebiliriz. Bugünkü laser uygulamalarının bir listesini versek, 1945'te hiç kimse, o günkü araştırma programlarından hangisinin bunları sağlayabileceğini tahmin edemezdi. Bununla beraber geriye dönüp bakınca laserin keşfinin bu kadar uzun sürmesini hayret verici buluyorum. Bunun sebebi hikâyemiz ilerledikçe anlaşılacaktır. Ancak laser olduğundan 30 yıl önce ortaya çıkabilirdi. Ayrıca istenirse herhangi bir şeyden bir laser yapılabilir. Dostum ve kayınbiraderim, aynı zamanda bu hikâyede büyük bir rol oynayan Arthur Schawlow bunu, yenilebilir bir laser yaparak göstermek istedi. Önce jelibonları denedi ama bu işe yaramadı. Bunun üzerine normal jöleyi ışıma yapabilen bir boyayla karıştırarak amacına ulaştı. Bu gösterinin bir benzerini Eastman Kodak Şirketi araştırmacıları, tonik kullanarak içilebilir bir laserle yaptılar. Harika bir fizikçi olan merhum Richard Feynman, laserler hakkında sohbet ettiğimiz birgün bana şöyle demişti: "Bir fikrin, harika bir fikir olduğunu şu şekilde anlayabilirsin: İnsanlar bu fikri duyduklarında *Hadi ya! Bunu ben de düşünebilirdim!* derler." Hepimiz, laseri çok daha önce akıl edebilmeliydik.

Bugüne kadar maserlerin ve laserlerin kullanımını içeren çalışmalara, bir tanesi keşifleri için olmak üzere 6 fizik Nobeli verildi (1964'te Nikolai Basov, Alexander Prokhorov, Charles Townes, 1971'de Dennis Gabor, 1978'de Arno Penzias, Robert Wilson, 1981'de Nicolaas Bloembergen, Arthur Schawlow, 1989'da Norman Ramsey, 1997'de Steven Chu, Claude Cohen-Tannoudji, William Phillips).* Özellikle kimya ve biyoloji alanlarında yenilerinin de olacağını tahmin ediyorum. Pek çok deneyde kullanıldığına göre elbette benzer şeyi basit bir tornavida için de söylemek mümkündür. Ancak asıl nokta şudur: maserler ve laserler yeni keşfedildiler ve artık çok önemli birer bilimsel araçtırlar. Bilimsel becerilerimizi değiştirdiler ve bilimcilere, göz alıcı başarılara ulaşmada yardımcı oldular.

---

* Laser kullanılarak yaptıkları çalışmalar nedeniyle 1999'da Zewail, 2002'de Tanaka kimya alanında, 2000'de Alferov ve Kroemer, 2001'de Cornell, Ketterle ve Wieman, 2005'te Glauber, Hall ve Hansch fizik alanında Nobel'e layık görüldüler. [*—çev. notu.*]

Laserlerin uygulamalar listesi uzayıp gitmektedir. Farklı malzemelerden değişik şekillerde laserler yapılabilmekle beraber, hepsi için ortak olan bazı fiziksel prensipler vardır. İlerideki bölümler laserin ve öncülü maserin ortaya çıkışını anlatacak ama, bu cihazların nasıl şeyler olduklarını şimdi basitçe anlatmak belki de en iyisi.

LASERLER NASIL ÇALIŞIR?

LASER, İngilizce "ışımanın uyarılmış salımıyla ışığın güçlendirilmesi"* anlamına gelen kelimelerin baş harflerinden oluşan bir kısaltmadır. Laserler ışımanın, moleküller, atomlar ve elektronlarla olan etkileşimiyle çalışırlar. Aynı şey maserler, "ışımanın uyarılmış salımıyla mikrodalganın güçlendirilmesi"** için de geçerlidir.

Işık bir yüzeye düştüğünde neler olduğunu genelde hepimiz biliriz: Işığın bir kısmı soğurulur. Eğer bir parça siyah kağıdı parlak bir ışıkla aydınlatırsak, kağıt molekülleri ışığı soğurur, enerjisini alır ve böylece kağıt ısınır. Laserde ise bunun tam tersi olur. Bu kez siyah kağıt parçası, ışıktan enerji alacağı yerde kendi enerjisini ışığa verir. Eğer kağıt parçası bir laser olsaydı bir yüzeyine düşen ışık diğer taraftan daha parlak olarak çıkardı.

20. yüzyılın başlarından itibaren Niels Bohr, Louis V. De Broglie ve Albert Einstein gibi fizikçiler, o dönemde yeni keşfedilmiş olan ve kuantum mekaniği adı verilen matematiksel fiziğin yeni yasalarını kullanarak moleküllerin ve atomların, ışığı ya da diğer elektromanyetik ışımaları nasıl soğurduklarını veya yaydıklarını anlamaya başladılar. Şöyle bir tarif verilebilir: Işığı soğuran atomların veya moleküllerin bazı bölümleri, daha yüksek bir enerjiyle ileri-geri sallanmaya veya dönmeye başlar. Atom ve moleküllerdeki elektronlar, bu enerjiyi basamak basamak artan özel enerji seviyelerinde depolarlar.***

---

* "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" [—*çev. notu.*]

** "Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation" [—*çev. notu.*]

*** Bu enerji seviyelerinden her birine "kuantum" enerji seviyesi adı veri-

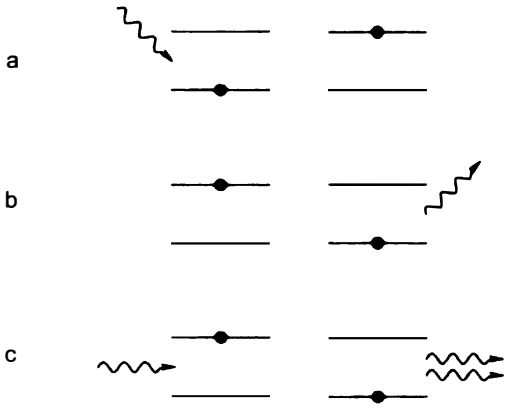
Bir atom veya molekül ya temel (en düşük) ya da herhangi bir yüksek enerji seviyesinde (yüksek bir kuantum enerji seviyesinde) bulunabilir, ama ara bir değerde bulunamaz. Bu da şu demektir: Atom veya moleküller, yalnızca bazı dalga boylarındaki ışığı soğurabilirler; çünkü ışığın dalga boyu bu ışığı oluşturan fotonların enerjisini belirler. (Bazı maddeler, hiçbir moleküle bağlı olmayan serbest elektronları olduğu için veya çok farklı malzemelerin bir karışımı oldukları için, bir aralık içerisindeki tüm dalga boylarını soğurabilir, ama bu durumlar konumuz dışındadır). Şekil 1a bir fotonun (dalgalı çizgiyle gösterilmiştir) bir atom (noktayla gösterilmiştir) tarafından emilmesini tasvir etmektedir. Fotonu emen atom, alttaki enerji seviyesinden (düz yatay çizgi) üstteki enerji seviyesine çıkar. Benzer şekilde üst enerji seviyesindeki bir atom, alt enerji seviyesine dönerken, dışarıya, soğurduğu fotonla aynı dalga boyuna sahip ikinci bir foton salar. Bu alt seviyeye dönüş, genellikle kendiliğinden olan bir olaydır. Bunun örneklerini floresan veya neon lambalardaki atomlar veya moleküller ışıma yaptığında görmekteyiz. Bir fotonun kendiliğinden salımı Şekil 1b'de gösterilmiştir.

Bir atom bir fotonu soğurup enerji seviyesini artırdığına göre, temel termodinamik yasalarından hareketle, yüksek enerji seviyesindeki bir atomun da bir foton tarafından uyarılarak enerji vermeye ve temel enerji seviyesine dönmeye zorlanabileceğini ilk fark eden kişi Albert Einstein'dı. Atoma bir foton çarptığında dışarıya iki foton çıkmaktadır. Bu durumda salınan foton, salımı uyaran fotonla tamamen aynı yöndedir ve uygun adım giden askerler gibi eş-fazdadır. Bu olay, uyarılmış salım [*stimulated emission*] adıyla bilinir ve eş-fazlı bir güçlendirme [*amplification*] sağlar. Yani bir dalga tamamen aynı frekansta ve fazda olacak şekilde güçlendirilir. Bu durum, Şekil 1c'de gösterilmiştir.

Soğurulmalar ve uyarılmış salımlar aynı anda meydana geliyor olabilir. Işık ilerledikçe alt enerji seviyelerindeki atom-

---

lir. Fiziğin bu enerji seviyelerini temel alan dallarına ise kuantum fiziği, kuantum mekaniği, kuantum elektromanyetiği, kuantum elektroniği adı verilir. [—*çev. notu.*]

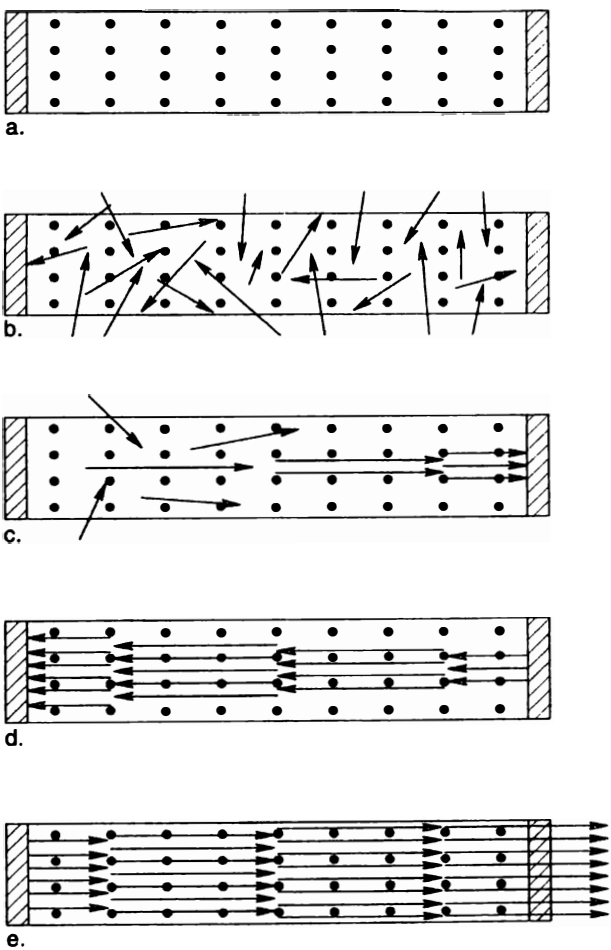


Şekil 1a, b, c: Laserin temel çalışma prensibi uyarılmış salım (c) ile doğada daha sık karşılaşılan emilim (a) ve kendiliğinden salım (b) ile şematik olarak karşılaştırılmıştır. Temel enerji seviyesindeki bir atom (a'da soldaki siyah nokta) bir fotonu (dalgalı çizgi) emdiğinde tahrik edilmiş ya da daha üst bir enerji seviyesine yükseltilmiş olur (a'da sağdaki siyah nokta). Bu tahrik edilmiş olan atom (b'deki sol) kendiliğinden enerji ışıması ile bir foton salarak tekrar temel enerji seviyesine dönebilir (b'deki sağ). Ayrıca, tahrik edilmiş bir atom (c'deki sol) kendisine bir fotonun çarpması sonucu başka bir foton salacak şekilde uyarılabilir. Bunun sonucunda, gelip çarpan ilk fotona ek olarak bu fotonla aynı dalga boyunda ikinci bir foton daha (c'deki sağ) oluşur ve atom temel enerji seviyesine döner.

lar tarafından soğurulup bunları üst enerji seviyelerine taşırken, bir yandan da üst enerji seviyesinde bulunan atomları alt seviyelere döndürecek şekilde uyarabilir. Eğer üst enerji seviyesindeki atomların sayısı alt seviyedekilerden fazla ise, salınan ışık soğurulan ışıktan fazla olacaktır. Kısaca ışık daha güçlü hale gelecektir. İçeriye girenden daha parlak bir ışık, dışarı çıkacaktır.

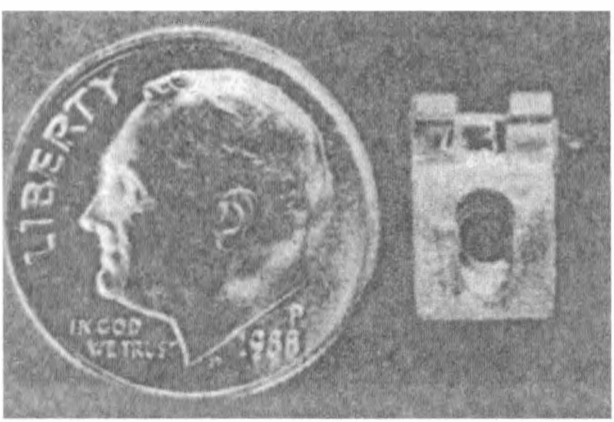
Işığın cisimler tarafından genellikle soğurulmasının sebebi basittir: Hemen her zaman, alt enerji seviyesinde, üst enerji seviyesine kıyasla daha fazla atom veya molekül bulunur, yani salınandan daha fazla ışık soğurulur. Bu nedenle camın bir yüzüne ışık tutup diğer taraftan daha parlak bir ışığın çıkmasını beklemezsiniz. Ama laserde olan tam da budur.

Bir laser yapabilmek için, uygun bir malzeme içinde



Şekil 2: Optik kalitede bir kristalle oluşturulmuş olan laser, uyarılmış salımlar sonucunda ışığı güçlendirmekte ve bir foton şelalesi oluşturmaktadır. Şelale oluşmadan önce (a) laser kristalinin atomları temel enerji seviyesindedirler (siyah noktalar). Pompa ışığının (b deki siyah oklar) soğurulmasıyla bu atomların (siyah noktalar) çoğu üst enerji seviyesine çıkar. Fotonların bir kısmı kristalin dışına kaçsa da tahrik edilmiş atomlardan biri kendiliğinden bir foton saldığında (kristal eksenine paralel ok) şelale başlar (c). Bu foton diğer atomları daha fazla foton salmaları için uyarır. Bu işlem, fotonlar kristalin iki ucu arasında ileri-geri yansıtıldıkça sürmeye devam eder (d ve e). Sağ tarafta kısmi bir yansıtma varsa ve güçlendirme yeterince büyükse bu kısmen yansıtan ve kısmen geçiren uçtan dışarıya çıkan ışın çok güçlü olabilir.

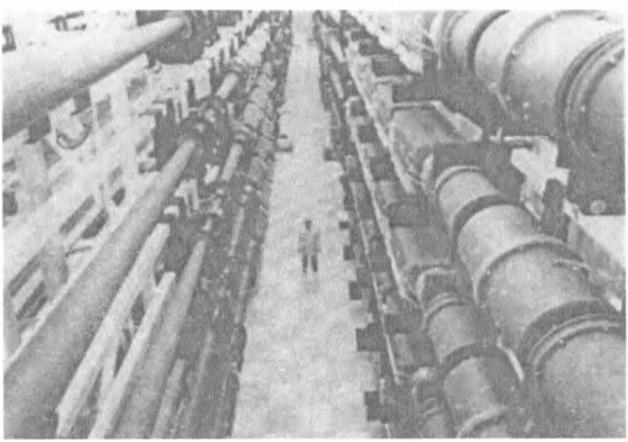
atom ve moleküllerin enerjilerini anormal bir duruma getirecek bir oyuna başvururuz. Böylece üst enerji seviyesindekilerin sayısını alt seviyedekilerden daha fazla yaparız. Bu durumdaki malzemeden geçen elektromanyetik ışıma, enerji kaybetmek yerine enerji kazanır. Foton sayısındaki bu artış, "güçlendirme" olarak, daha doğrusu "ışımanın uyarılmış salımıyla ışığın güçlendirilmesi" olarak bilinir. Eğer ışımanın, malzemeden bir defa geçişindeki güçlendirme yeterli değilse, bunu artırmanın bir yolunu bulabiliriz. Örneğin, yüksek enerjili moleküller (veya atomlar) iki ayna arasına konularak, ışımanın bunlar arasında defalarca gidip gelmesi böylece ışımanın giderek güçlenmesi sağlanabilir. Bir laserin, yönelimi çok yüksek olan bir ışın üretebilmesi için birbirine paralel iki ayna yeterlidir. Aynalar arasında yansıyan ışın yeterince güçlendiğinde kısmen geçirgen olan aynanın bulunduğu uçtan, güçlü bir ışın dışarıya çıkar. Dışarıdan bir flaş ışığıyla yüksek enerji seviyelerine çıkarılmış atomlardan oluşan böyle bir laserin bu basamakları Şekil 2'de gösterilmiştir. Flaş ışığı laserin saydam olan yan duvarlarından içeri girer, kendi enerjisini atomlara verir ve onları uyarılmış salıma hazır hale



Resim 1: Yarıiletken malzemeyle yapılmış küçük boyutlu bir erken dönem laseri (sağda, bir madeni parayla kıyaslanmakta). Böyle bir laser normal şartlarda bir vatın 100'de 1'i seviyelerinde güç üretir.

getirir. Cihazın bir ucunda bulunan kısmen geçirgen aynadan dışarıya eş-fazlı bir ışın çıkar. Böylece ışımanın uyarılmış salımı sonucu ışığın güçlendirilmesiyle bir ışın, yani laser ışını elde edilmiş olur.

Yukarıda anlatılan fiziksel olayların keşfi, seçilen pek çok yanlış başlangıç noktası ve uygulamaya giden yolda sapılan pek çok çıkmaz sokak, burada anlatacağımız hikâyenin konusu. Hikâye, aynı zamanda benim bir bilimci olarak kişisel serüvenimi, serüvenimin tahmin edilemez bir şekilde, ama belki de doğal olarak maser ve laserle sonlanışını anlatıyor. Anlatılanlar, bu alanın pek çok çalışma arkadaşı ve rakibin, bilimsel sosyoloji olarak da adlandırılabilecek bir ilişki içerisinde bulunmasıyla yaşadığı, hızlı ve çarpıcı gelişimiyle iç içe geçmiş durumdadır. Bütünlük sağlaması açısından hikâye çocukluk dönemimle başlıyor.



Resim 2. Lawrence Livermore National Laboratuvarı, Califoria'da bulunan ve dünyanın en büyük ve en güçlü laseri olan NOVA sistemi. 10 adet laserden gelen ışın, saniyenin 3 milyarda biri kadar bir sürede 15 trilyon vat gücünde (45 bin joule) bir ışık oluşturur. Özel uyarlanmış tek bir ışınıyla saniyenin trilyonda birinin yarısı kadar bir süre için 1250 trilyon vat (1,25 petavat) güç üretebilmiştir.

2

FİZİK, FURMAN, MOLEKÜLLER VE BEN

Çocukluk anılarımın önemli bir kısmı, babam Henry Keith Townes'un Güney Carolina'nın kuzeybatı köşesinde, Blue Ridge dağlarının yakınlarındaki Greenville'in sınırında satın aldığı 80 dönüm çiftlikle ilgili. Babamın ailesi bu bölgede nesillerden beri çiftçilik yapıp, özellikle pamuk ve mısır, başka tahıllar, elma, şeftali ve patates yetiştiriyordu. Babamın asıl işi hukuktu, ama ailemiz yöredeki pek çokları gibi Güneyli çiftçi geleneğine uyarak küçük bir tarla edinmiş ve bununla ya kendisi ilgileniyor ya da çiftçilere kiralıyordu. Kendi ihtiyacımız için bir iki ineğimiz vardı ve babam biz çocukların bahçede çalışmasından ya da tarlada pamuk toplamasından, bunun hem sağlığımızı hem de kişiliğimizi geliştirdiğini düşünerek memnunluk duyuyordu. Greenville kendine has bir tutarlılığın ve ritmin olduğu bir yöreydi. Güney'deki çoğu bölge gibi burası da büyük bir refah içerisinde değildi, ama güven veren bir oturmuşluğu vardı. Dört erkek ve kız kardeşe, sonradan katılan iki ufaklıktan oluşan ailemiz kendi kendine yeterliydi. Büyük bir bahçemiz, meyve ağaçlarımız ve çalılarımız, kendi sağdığımız ineklerimiz, tavuklarımız, ördeklerimiz ve sülünlerimiz vardı. Bir deremiz ve oyun oynayabileceğimiz alanlarımız, ve bir de babamın yaptığı bir tenis sahamız vardı.

Bu şartlarda sürdürülen bir yaşam, insana doğaya dikkat etme, makinelerle çalışma, uygulamadaki sorunları nasıl çözeceğini bilme, yaratıcılıkla ve kendi elleriyle tamirat yapma konularında kendini geliştirebileceği imkânlar sunuyor. Çiftlikler ve küçük kasabalar deneysel fizik için oldukça iyi eğitim sahalarıdır. Bilimci olmaya ne zaman karar verdiğimi



Resim 3: 1920'lerde ağabeyim Henry (solda) ve kız kardeşlerim Mary ve Ellen'le beraber bir Japon şemsiyesini inceliyorum. Teyzem Clara, YWCA'nın ilk temsilcilerinden biri olarak bulunduğu Japonya'dan dönerken, bu şemsiyeyi ve başka ilginç şeyleri yanında getirmişti. Üniversiteye gidene kadar yaşadığım Güney Carolina Greenville'deki evimizin veranda duvarı üzerinde oturuyoruz.

hatırlamıyorum ama küçük yaştan beri ya bir bilimci ya da fen öğretmeni olacağımı biliyordum.

Doğada geçirdiğim zamanlar sırasında heveslendiğim bilimi, evreni anlama uğraşı olarak değerlendiriyorum. Arkadaşlarım temel olarak ağabeyim Henry, kuzenim ve evimizin etrafında bulunan kertenkeleler, kuşlar, kayalar ve böcekler-di. Henry'nin biyolojiye doğal bir yeteneği vardı ve ben onun heyecanından büyük ölçüde etkilendim. Anne ve babamız en sonunda, evin etrafında kafeste yılanlar olmasına ve yatak odamızda, başkalaşım geçirip kozaya ve sonra kelebeğe dönüşmelerini izlemek istediğimiz tırtıllara yiyecek olsun diye ortaya saçtığımız dallar ve yapraklar bulunmasına alıştılar. Dışarıda balıklar, kurbağa larvaları ve kaplumbağalar için büyük bir akvaryumumuz bulunuyordu. Sorumluluklardan, ama aynı zamanda macera ve hayal gücünden oluşan bir dünyamız vardı. Evdeki gözde kitaplarımın bir kısmı, kendi ayaklarının üzerinde durabilme, kişisel beceri ve öz kaynaklarla yaşayabilme üzerineydi. Bunların arasında Johann Wyss'ın *The Swiss Family Robinson* [İsviçreli Robinson Ailesi]

adlı, kazazede bir ailenin, bir adada yeni bir hayat kurmayı öğrenmeleri üzerine bir kitabı ile Ernest Thomson Seton'un ekmeğini topraktan çıkarmayı yaşlı bir adamdan öğrenen iki gencin hikâyesini anlatan *Two Little Savages* [İki Küçük Vahşi] adlı kitabı vardı.

Oyunlarımızın çoğu kurmak ve kurcalamak üzerine pratik şeyler içeriyordu. Geçenlerde, on yaşındayken kardeşim Mary'e yazdığım bir mektubuma rastladım. Aralık ortasında şöyle demişim: "Noel için ne istediğimi sormuştun. Çoğunlukla alet edevat istiyorum. O yüzden bir alet edevat mağazası alsan iyi olur. Metal makası, demir ve tahta parçaları almak için (özel bir boyutta isteğim için kendim alsam daha iyi olur) biraz para, düz bir eğe, bir çift cam kesici, biraz fişek ve biraz da çivi istiyorum."

Ağabeyim ve ben yaptığımız şeylerde epeyce rekabet ederdik, ama bu mektubu görünce hatırladığım bir olay var. Bir paragrafta Mary'e şöyle demişim: "Babam patten [*sic*] diye bir şey çıkardı. Herhangi bir şeyi pattenlemek, çeyrek dolara mal oluyor. Böyle yapıyor, çünkü Henry her şeyi kendinden kopya çektiğimi söyleyip yaygara koparıyor." Anlaşılan o ki ağabeyime epey özenmişim ve o kadar çok yarışmışız ki, babam sonunda bir şeyi ilk yapanı patentle korumayı denemiş.

Zaman zaman sahildeki Charleston'a gidip müzedeki doğa tarihi koleksiyonlarını gezerdim. Kıyı şeridi ve gelgit bölgeleriyle, kendi yaşadığım yer olan Piedmont bölgesindeki bitki ve hayvanlar arasındaki farklar beni büyülerdi. Aradaki jeolojik tezatlar da beni etkilerdi. Kendi yöremizde ağabeyim ve ben kuşları, balıkları ve diğer yaratıkları gözleyerek bolca yürüyüş ve keşif yapardık. Taşların altında yaşayıp normalde gözden kaçan hayvanları görmek için taşları çevirirdim. Evin içerisinde de hobilerimiz vardı. Bir amcamız yaklaşık 30 km uzaklıktaki Clemson Koleji'nin mühendislik dekanıydı. 1920'de birgün, yenisini aldığı için artık ihtiyaç duymadığı, ilk kristalli modellerden olan radyosunu bize verdi. Bunu kurcalayıp ilk ulusal ticari radyo olan KDKA Pittsburgh'u dinledik. Zaman zaman babam, bir saat tüccarına kiraya verdiği dükkânımızdan, tamir etmemiz ya da parçalarını başka bir şeyde kullanabilmemiz için bozuk saatler getirirdi.

Bir yaz dedemin dağlardaki yazlığını ziyaretimiz sırasında, unutulmaz bir anı yaşadık. Saluda ırmağının bir kolu üzerinde ağ kullanarak küçük, renkli bir balık yakaladım. Bir çeşit golyan balığına benziyordu, ama standart balık katalogları bu türü göstermiyordu. Onu formaldehit içine koyup mumyaladım ve Smithsonian Enstitüsü'ne gönderdim. Beraberinde gönderdiğim mektupta bu türü tanıyıp tanımadıklarını sordum. Aldığım cevap mektubunda, bunun ya yeni bir tür ya da daha önce bilinmeyen bir melez olduğu söyleniyordu. Aynı zamanda mektupta bunlardan daha fazla yakalamam da rica ediliyordu. Ne yazık ki o vakit dedemin evinde değildim ve bir daha da oraya gidip avlanma şansım olmadı. Ama yeni bir tür balık keşfetmeye yaklaşmış olmam ve Smithsonian Enstitüsü'ndeki bilimcilerin bununla ilgilenmiş olması son derece heyecan vericiydi!

Babam amatör bir doğa araştırmacısıydı ve kendisi de iyi bir bilimci olabilirdi. Ama onun gençliğinde bilim faydalı bir seçenek değildi ve bu nedenle hukuk okumuştu. Anne ve babamız kilise, edepli davranış ve okul konusunda oldukça katıydılar. Okulla ilgili yaşanacak bir sıkıntı, canımıza okuyacakları anlamına gelirdi. İkisi de ödevlerimizi kontrol eder, babam da kendi hatırladığı kadarıyla Latince ödevlerini benimle beraber tekrar ederek, dersi eğlenceli bir hale getirirdi. Evimiz basit ama genişti. Bu evi babam, aynı yerde yanan ilk evinin ardından, sedir ağacından iki katlı olarak kendisi inşa etmişti. Evimiz ansiklopedilerle dolu gibi görünürdü. Babam referans niteliğindeki kitapların el altında bulunmasını istiyordu. Mark Twain ve Shakespeare'i severdi. Annem Ellen Sumter Hard, Charleston'luydu ve o da oldukça entelektüel bir insandı. Yörenin kızlar kolejinin verdiği tüm dersleri almış ve ardından bir grup arkadaşıyla beraber, dersleri dışardan tamamlamıştı.

Anne tarafından soyağacımız, Vali Bradford'a ve Massachusetts'deki Mayflower kolonicilerine kadar uzanıyor. Baba tarafından pek çok akrabamız, 1700'lerin başında Virginia'daki İngiliz kolonisine yerleşmiş. Kızılderililerin sürüldüğü 18. yüzyıl sonlarında, babamın dedesi, Güney Carolina'nın Piedmont kesimine taşınmış. Bu ilk Townes grubundaki bir kız, Kuzey

Carolina'da, memleketi Bern'e ithafen 1717'de Yeni Bern adını verdiği idealist ve komünal bir şehir kurmuş olan Christopher von Graffenried isminde bir İsviçreliyle evlenmiş. Biz, Amerika'ya gelmiş olan hemen hemen tüm Protestan mezheplerin bir karışımıydık. Baptist idik, ama Luteryan, Metodist, Episkopalyan ve Congregationalist olarak da biliniyorduk (o zamanlar Protestanlar ile Katolikler arasında kız alıp verme yoktu!). Etnik olarak da İngiliz, Alman, İskoç, Galli, Fransız ve İrlandalı karışımıydık.

Fazla paramız yoktu ama ailem, kökleri ve gelenekleriyle gurur duyuyordu. Güney'in İç Savaş'taki yenilgisi, 20. yüzyılın başında hâlâ yankılanmaya devam ediyordu. Savaşın, ülkenin bu kesiminde hissedilen artçı etkilerinin arasında, mal varlığının toplumsal statü kaynağı olması özelliğini yitirdiği, kültürel bir dönüm noktası da bulunuyordu. Çünkü zaten ortada sahip olunacak pek fazla bir mal varlığı kalmamıştı. Üretim ve ticaret pek çok Güneyli aile için pek makbul uğraşlar değildi. Bu nedenle insanlar aile, kişisel karakter, gelenek, kilise, toprak ve eğitim gibi başka değerlere yöneldiler. Belki de pek fazla bulunmadığı için olsa gerek toplum, paranın önemli olmadığını söylemekten gurur duyuyor gibiydi. Yine de Güney'in bir zamanlar daha önemli bir yer olduğu ve büyük bir kayba uğradığımız şeklinde bir hisse sahiptik. Tarih, bizim için yaşayan bir şeydi. Ailemizin değerli bir anısı vardı: Baba tarafından dedem, amcasının dizlerinde otururken, Yorktown Devrim Savaşı'ndan sonra General Cornwallis'in kılıcını vererek teslim oluşuna şahit olmuştu. Anne tarafımda ise, ailesinin Charleston yakınlarında kazazede olarak kıyıya çıkışları ve İç Savaş döneminde tüm varlıklarını kaybedişi hatırlanıyordu. Sherman'ın denize varmak için izleyeceği rotayı yanlış tahmin etmişlerdi. Bunun sonucu olarak en kıymetli şeylerini Columbia S.C.'ye taşımışlardı ve bunların hepsi Birlik Ordusu buradan geçerken yok olmuştu. Geçmişte yaşamıyorduk, ama geçmişin gücünü hissediyor ve bunun sayesinde kendimize güveniyorduk.

Tüm bunlara bakarak ailemizin, eğitimi doğal bir zorunluluk olarak gördüğünü söylemek sürpriz olmamalı. Oldukça hevesli bir öğrenciydim. Okul benim için sıkıcı olmaya başladığında annem ve babam 7. sınıfı atlamama izin verdi.

Lisemizde sadece 11. sınıfa kadar program vardı. Bu nedenle 16 yaşına girdiğim yaz, kasaba kolejine yazıldım.

500 öğrencisiyle Baptist bir kurum olan Furman Üniversitesi, pek de gelecek vaat eden bir yer olarak görülmüyordu, ama ben buranın iyi bir yer olduğunu hissediyordum. Anne ve babamdan uzaklaşmak için hiç de acele etmiyordum. Babam ve ağabeyim Furman'a gitmişti, ben de Furman'a gittim. İki kız kardeşim yakınlardaki Winthrop Kız Koleji'ne gitti, çünkü o zamanlar Furman yalnızca erkekleri kabul ediyordu. Küçük erkek ve kız kardeşlerim gelenekten koparak Swarthmore'a gittiler, ama biz Furman'ın, Güney'in küçük kolejleri arasında üst sıralarda bir yeri hak ettiğini ve küçük sınıflarıyla herkesle tek tek ilgilenildiğini düşünüyoruz. Bir yandan, nihayetinde lisans eğitimi için başka bir yere gidebileceğimizi, muhtemelen bir burs ya da faturaları ödemek için bir destek bulabileceğimizi biliyorduk. Furman'da okurken ders vererek, Furman Müzesi'yle ilgilenerek ve çiftliğimizden elmalar satarak biraz para biriktirdim.

Furman, o zamanlar profesörlerin fazlaca araştırma yaptıkları bir yer değildi, ama standartları yüksek olan, entelektüel akademisyenleri vardı ve babama iyi bir klasik eğitim vermişti. Sarmaşık kaplı duvarları ve sessiz patikalarıyla tam da bir kolejin olması gerektiği gibi görünüyordu. Üstelik bize sadece 3 kilometre mesafedeydi ve evde kalarak tasarruf edebilirdim.

Furman, profesörleri yakından tanıyabileceğim kadar küçük ve herhangi bir bölümden istediğim herhangi bir dersi alabileceğim kadar esnekti. Verilen derslerden en iyi olanların neredeyse hepsini alabiliyordum. Tıpkı ağabeyim Henry'nin biyoloji diplomasına ek olarak aldığı gibi, sonunda bir fizik diplomasıyla beraber modern diller diploması almamın bir sebebi de buydu. Bunun bir diğer sebebi de ilk diploma için gerekli çalışmaları üç yılda tamamlamam, ama anne ve babamın başka yere gitmek için henüz çok küçük olduğumu düşünmeleri üzerine bir de dördüncü yılı okumamdı. Her ne kadar yeni yerleri görmek için kendimi hazır hissediyorduysam da, evde bir yıl daha kalmaktan üzüntü duymamıştım. Özetle, her zaman Furman'ın bana mükemmel ve geniş bir deneyim kazandırdığını düşünmüşümdür.

Kariyer hedeflerim başlangıçta pek kesin değildi. Ağabeyim Henry ile paylaştığımız doğa tarihi hobisi, biyolojiyi çekici kılıyordu. Ama ağabeyim, bu konuda benden çok daha iyiydi. Belki de biraz, bu tür bilinçaltı etkilerle biyolojiyi listeden çıkardım. Sonunda ağabeyim bir entomolog oldu. Avukat olan erkek kardeşimiz George, Henry'nin uzmanlık alanı haline gelmiş olan, "ichneumon sinekleri" olarak bilinen parazit arıları toplamada sık sık kendisine yardım ederdi. Kariyerimin önemli bir bölümü boyunca ben de ne zaman dünyanın sıra dışı bir bölgesine yolculuk yapsam, bunları Henry için toplardım. Doğa tarihi, doğa yürüyüşleri, tüplü dalışlar ve doğanın güzelliklerini gözlemlemek, hobilerim arasında olagelmiştir.

Biyolojiden sonra tercihlerimin başında matematik geliyordu. Matematik dersi, uzaktan akrabamız olan Marshall Earle isminde iyi bir öğretmen tarafından veriliyordu. Ama ikinci sınıfta, Furman'ın fizik profesörü Hyden Toy Cox tarafından verilen ilk fizik dersini aldığımda, benim için her şey netleşti. Fizik, kendi matematiksel mantık zenginliğiyle oldukça çekici gelmişti. Üstelik matematiğe kıyasla gerçek dünyayla daha fazla bağlantılı görünüyordu. Birkaç temel yasayla başlayıp bütün bir kuram yapısı kurmak ve doğru olduğundan emin olunan bir açıklamada bulunmak, böylece gerçek şeylerin nasıl olduğunu ya da çok yakın olarak nasıl olabileceğini bilmek mümkündü. Biyoloji büyük ölçüde betimleme içeriyordu, ama fizik kesin, mantıklı ve nicelikseldi. Doğanın nasıl işlediğini gerçekten anlamaya olanak verebilir gibi görünüyordu. Derslerimi çok ciddiye aldım, hatta birgün kendimi rezil edecek kadar çok ciddiye aldım: Ders kitabındaki bir problem üzerinde çok sıkı çalıştım ve sonunda kitabın verdiği sonuca ulaşacak bir yol buldum. Ertesi gün Cox, soruyu çözüp çözemediğimi sordu. Ben de çözdüm dedim. "Bunu nasıl başardın bakalım?" diye sordu. Elbette kitapta bir hata bulunduğunu ve verilen cevabın yanlış olduğunu biliyordu.

II. Dünya Savaşı'ndan önceki o günlerde fizik pek de şaşalı bir alan değildi. Pek çok kimsenin, fiziğin ne olduğuna dair en ufak bir fikri bile yoktu. Arkadaşlarım sorduğunda, biraz kimya biraz da elektrik mühendisliği gibi olduğunu, ama ikisi arasında bir yerde bulunduğunu söylüyordum.

Lisansüstü derecesi olan, ama doktorası bulunmayan Profesör Cox, kendini öğrencilerine adamıştı. Ne zaman yardım etmesi ve ne zaman bizi kendi halimize bırakması gerektiğini biliyordu. Pek çok şeyi de sadece ders kitaplarını kullanarak öğrendim.

3. sınıfta, dönem içerisinde bir konuyu tamamen bitiremedik. Bu nedenle geri kalan kısmı, yazın kendi başıma çalışmaya karar verdim. Dedemin Blue Ridge dağlarındaki yazlığının yakınındaki bir dereyi gören, yosun kaplı bir kaya üzerinde oturmuş bir halde, kucağımda kitabın özel görecelik teoremiyle ilgili bölümü açık dururken, Einstein'ın bir mantık hatası yaptığı yargısına varışımı, bugünmüş gibi hatırlıyorum. Öğle yemeğine gittim ve heyecan içerisinde geçirdiğim birkaç saatten sonra tekrar geldim, kitabı yeniden açtım ve hayır, hatayı ben yapmıştım ve sonuç olarak Einstein haklıydı. O an, yanlış alarma rağmen yine de ilham verici bir andı. Basit birkaç denklemden hareketle, dünya hakkında bu kadar temel ve sıra dışı yargılara varılabiliyor oluşu beni tamamen büyülemişti. Önümdeki sayfada duran fikir, çok yüksek hızlarda zamanın neden yavaşlaması ve cisimlerin boyutlarının neden küçülmesi gerektiğini, bununla beraber neden kütlelerin artması gerektiği hakkındaydı ve bununla yüzleşmek muazzam bir heyecandı.

Son sınıftaki fizik dersim, temel olarak G.E.M. Jauncey'nin *Modern Physics* [Modern Fizik] kitabını açıp okumak ve her problemle tek tek uğraşmaktan ibaretti. İlk başlarda fizik eğitimimin önemli bir kısmı bu şekilde, sınıfın dışında sürdü. Elektromanyetik kuramla ilk karşılaşmam, Furman kütüphanesinde bulunan *Britannica Ansiklopedisi*'ndeki, ünlü fizikçi James Clerk Maxwell tarafından yazılmış bir makaleyle oldu. Şehirdeki halk kütüphanesinde Bell Telefon Laboratuvarları'nın yayımlayıp halk kütüphanelerine ücretsiz olarak dağıttığı mavi ciltli teknik dergiler bulunuyordu. Bunlar oldukça faydalıydı. Bell Telefon Laboratuvarları'ndan Karl Darrow (yıllar sonra onunla, Bell Laboratuvarları'nda tanışacağımı ve sonra Amerikan Fizik Cemiyeti'nde o sekreter ve ben başkanken iyi birer arkadaş olacağımızı aklımın ucundan bile geçiremezdim) tarafından yazılmış ve o dönemin gündemde-

ki konusu olan nükleer fizik hakkındaki etkileyici inceleme yazılarını çok net hatırlıyorum. 1932'de uzaydan gelen radyo dalgalarının Karl Jansky tarafından keşfini anlatan ve derhal ilgimi çeken kısa yazıya da denk gelmiştim. Bu, kariyerimde önemli rol oynayan, maser ve laser fiziğiyle pek çok ortak noktası bulunan, radyo astronomiyle ilk temasımdı. Beni şaşırtan şey; ortada baş döndürücü bir gözlemin bulunmasına rağmen, bu radyo dalgalarının kaynağı hakkında hiç kimsenin herhangi bir fikrinin bulunmamasıydı. Halbuki o zamana kadar fizikte karşılaştığım her şeyin ya bir kuramı vardı ya da en azından hakkında bir hipotez ileri sürülmüştü.

Yalnızca fizik ve dil eğitimiyle ilgilendiğim düşünülmesin. Fizik derecesi için sadece dört ders gerekiyordu ve bunların büyük kısmı da ders kitaplarından çalışarak öğreniliyordu. Derslerin dışında biyoloji koleksiyonunu derleyip toparlayarak, kampüsteki müzeyi tekrar aktif hale getirdim. Yüzme takımında çeyrek mil yüzdüm ve futbol takımı bandosunda trampet çaldım. Bir ara, Rodos Bursu'na başvurmayı kafama koymuştum. Babam bunu onaylamış ama bursu alamazsam üzülmemem konusunda beni uyarmıştı. Sonuçta bursu alamamıştım.

Furman'ın 1935'teki iki fizik mezunundan biriydim ve bu sayı normal sayının neredeyse iki katıydı. Araştırma görevlisi pozisyonu ve sonunda da doktora derecesi alabileceğim bir yer aramaya başladım. Bir seçenek, Kuzey Carolina Üniversitesi'ydi. Kuzenlerimden biri, Earle Plyler, orada fizik profesörüydü. Babama şöyle dedim "Orada bir kuzenim olduğuna göre, belki de bir şansım olabilir", ama şu cevabı aldım: "Hayır, hayır, hayır. Kuzenin olduğu için herhangi bir ayrıcalık gösterilmiş olabileceği şüphesini engellemek için tam tersi bir tutum içerisine girecektir." Babam büyük olasılıkla haklıydı. Sonuç olarak ne oradan, ne de başvurduğum diğer meşhur üniversitelerden bir burs ya da araştırma görevlisi kadrosu alabildim. Ama Duke Üniversitesi'nden bir teklif geldi ve 1935 sonbaharında oraya gittim. Kısa bir süre sonra da bölüme yeni katılmış olan Profesör Woodbridge Constant'ın asistanı olarak araştırma yapmaya karar verdim. Duke, o zamanlar fizik alanında Amerika Birleşik Devletleri'nde en ön

sıralarda değildi, ama oldukça iyi spektroskopi ve kozmik-ışın fiziği çalışmaları vardı. Bunlar da bana, fizik araştırmalarının gerçek tadını vermek için yeterliydi. Constant, son bir yılını İngiltere'de Cambridge Üniversitesi Cavendish Laboratuvarları'nda geçirmişti ve Paul Dirac, Ernest Rutherford gibi dev isimlerle ilgili pek çok hikâyesi vardı.

Constant, Duke Üniversitesi için proton ışınlarına statik elektrik kullanarak enerji veren, eski model hızlandırıcılardan, iki küçük Van de Graaff jeneratörünün parçalarını satın almıştı. Okul, bunları kullanarak bir nükleer fizik programı başlatmasını bekliyordu. Büyük tip Van de Graafflar ışınları ancak birkaç milyon elektron-volta kadar çıkarabiliyordu. Bu değer, modern cihazlara kıyasla küçük bir değerdir. Constant'ın aldıkları ise, yalnızca yarım milyon elektron-volt için tasarlanmıştı. Ama bu, o zamanlar için yüksek enerji demekti.

Constant'ın alet edevatla uğraşıp elini kirletmeye pek de hevesli olmadığı ortaya çıktı. Sonuç olarak, Van de Graaffları çalışır duruma getirememişti. Benim yaptığım çalışma da bunu başarmak olmuştu. İlgili fizik alanını ve bu alanda gözden kaçmış olan bir kuramı inceleyip, bir tez yazdım. Çiftlikten gelen alet kullanma ve tamir etme deneyimim bu çalışmalarda faydalı olmuş olabilir. Bu uğraş aynı zamanda, benimle benzer bir geçmişe sahip olan diğer fizikçilerle doğrudan veya dolaylı olarak tanışma imkânı vermişti. Van der Graaffların kullanımıyla ilgili daha iyi bir fikir sahibi olabilmek için, Washington D.C. Carnegie Enstitüsü'nde, harika bir Van de Graff nükleer fizik programı yürüten ve kapı komşusu yine büyük bir fizikçi, Ernest O. Lawrance olan, Güney Dakota çiftliklerinde büyümüş Merle Tuve'yi ziyaret ettim. Ben belki, ama bu iki adam kesinlikle, bir şeyin nasıl çalıştığını hissetme yetisine, bunu keşfetme merakına ve eğer çalışmıyorsa tamir edebilme becerisine sahipti. Bir makineyi kullanmaktaki asıl amaç, bir hedefe ulaşmaktır. Pratik hayatta olduğu gibi fizikte de bir kimsenin hedefe ulaşmayı sağlayan doğru yolu bulmada gösterdiği zekâ, oyunun önemli bir parçasıdır. Elbette, sadece kuram üzerine yoğunlaşan muhteşem fizikçiler de var. Bu işte, pek çok farklı zevk tercihi bulunur. Ama kuram ve deneye duyulan ilgilinin iyi bir bileşimi, fizik yaklaşımlarının

içerisinde belki de en verimli olanıdır.

Van de Graaff çalışmalarını 1936 baharında bitirdim. Bu çalışma bana lisanüstü derecesi kazandırdı. Beni bugün bile hayrete düşüren bir şekilde, Constant şöyle dedi: "Peki tamam, tezini tamamladın. Ama doğrusunu söylemek gerekirse, bugüne kadar bir yılda lisansüstü çalışmasını bitiren kimse olmadı. Senin yaptığın pek iyi durmayacak. Bence bir süre daha beklesen iyi olur." Belki de kendisine güvenmiyordu. Ama ben, kendime güveniyordum ve bitirip ayrılmak için izin istedim. Diplomamı da bana postayla sonradan gönderebilirlerdi. Bu nedenle lisansüstü derecem bir yıl sonrasının, 1937'nin tarihini taşır. Sonuç olarak, Duke'e gitmek benim için iyi olmuştu. Fizik, matematik ve kimya dersleri almıştım. Bulgaristan'da bir misyonerin oğlu olarak büyümüş ve Rusçayı burada öğrenmiş olan oda arkadaşım Cy Black'ten biraz Rusça öğrenmiştim. İleriki yıllarda Cy, Princeton Üniversitesi'nde Rus tarihi profesörü olacak ve düğünümde sağdıçlık yapacaktı.

CALTECH – DİPTEN ZİRVEYE

Duke'ten bu denli kesin bir şekilde ayrılışımın bir sebebi de fizik bölümünde araştırma görevlisi pozisyonu için yaptığım başvurunun olumsuz şekilde sonuçlanmasıydı. Bu kadroya, California Teknoloji Enstitüsü Caltech'ten gelen bir lisansüstü öğrencisini almışlardı. Mantıklıydı: Caltech fizik alanında şöhret sahibiydi ama Furman değildi. Önceki iki yıl boyunca, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'ne (MIT), Cornell, Chicago ve Princeton üniversitelerine maddi destek başvurusu yapmış ancak reddedilmiştim. Sonunda, araştırma görevlisi veya asistanlık pozisyonlarını unutarak beni kabul edecek en iyi yeri bulup, yola oradan devam etmeye karar vermiştim. 500 dolar biriktirmiştim ve bu parayla gözümü Caltech'e diktim.

Bir bakıma Caltech'e gitmeme sebep olan şey bir başarısızlıktı. İlk tercihim olan kurumlarının herhangi birinden maddi destek almayı başaramamıştım. Bu durum, her zaman şükredeceğim bir başarısızlık olacaktı. Talihli bir başarısızlıktı, çünkü gerçekten istediğim şeyin peşinden gitmemi sağladı.

Caltech bana göre fizik dünyasının zirvesindeydi. Ne de olsa, Duke'teki araştırma görevlisi pozisyonunda beni geçen adam (sonunda doktorasını bitirememişti) Caltech'tendi. Çok daha önemlisi, Robert Millikan, Caltech'i seçmişti ve Millikan açık ara, ülkenin en meşhur fizikçisiydi. Hatta elektronun yükünü ölçerek kazandığı Nobel nedeniyle kamuoyu tarafından bile iyi biliniyordu. Buna ek olarak, J. Robert Oppenheimer ve ardı sıra sürüklenen öğrencileri, yılın yarısı birinde yarısı diğerinde olmak üzere Caltech ve Berkeley arasında gidip geliyordu. Einstein bir süre orada bulunmuştu. Akademik kadro içinde Richard Chace Tolman, Fritz Zwicky, 1936'da pozitronun keşfiyle Nobel almış olan Carl Anderson ve iki Nobel kazanacak olan Linus Pauling bulunuyordu. Palmiye ağaçları, kuru yazları, Pasifik Okyanusu, yüksek dağları ve ülkenin doğusundan çok farklı bitki örtüsüyle, California oldukça egzotik görünüyordu.

Parklarda ve otobüste uyuyarak Pasadena'ya yaptığım yolculuk epey uzun sürmüştü. Alabama'da bir teyzemi ziyaret etmek için mola verdim. Texas'ta biraz çevreyi gezdim. Çöl sıcağı ve susuzlukla ciddi anlamda tanışmama sebep olacak bir şekilde Grand Kanyon'un tabanına bir yürüyüş yaptım. Sırt çantama iki tane çukulata koymuştum, ama tüm avanaklığımla yanıma su almamıştım. Yaz mevsimiydi ve kanyonun tepesine vardığımda birazcık nem için kaktüs hamurlarını emiyordum.

Caltech'teki ilan panolarında, kalınabilecek yerlerin reklamları vardı. Uyumaya müsait bir verandasıyla adam başı aylık 6 dolara iki öğrenci için yeri olan bir ev buldum. Daha fazla parası olanlar içerideki odaları tutuyorlardı, ama veranda benim için uygundu. Sahip olduğum her şey küçük bir sandığa sığıyordu. Veranda arkadaşım, iyi bir dostum olacak olan, Howland Bailey adında bir başka fizik öğrencisiydi.

Buraya gelene kadar fiziği başarabileceğim konusunda kendimden oldukça emindim, ancak yetişmem gereken bazı şeyler olduğu da açıktı. İlk zorunlu derslerden biri, W. R. Smythe tarafından verilen elektrik ve manyetizmaydı. Hem kendisi hem de ders oldukça zorluydu. Ders kitabının sadece üç sayfasını doğru bir şekilde anlayabilmek için on bir

saat harcadığımı hatırlıyorum. Pek fazla eğitimim olmadığını biliyordum. Ama çalıştığım zaman yapabildiğimi anladım ve sonunda sınıfta, daha sonra kuramsal fizikçi olup Caltech'te profesör ve iyi bir dostum olacak olan Leverett Davis dışında kimsenin çözemediği problemleri çözebiliyordum. Smythe, beni asistanı olarak seçti. Yeni bir ders kitabı hazırlıyordu ve kendisi kitabı geliştirirken, ben de tüm problemlerin üzerinden gitme ve cevapların sağlamasını yapma işini üstlendim. Sonunda tüm problemleri çözmüştüm. Bu da, o yıl elektrik ve manyetizma hakkında oldukça fazla şey öğrendiğim anlamına geliyordu. Daha sonra radar ve mikrodalga fiziğine geçtiğimde bunun büyük faydasını görecektim.

O günlerde fizik öğrencileri arasında her çeşit insan vardı, çünkü iyi bir doktora programına kabul edilmek bugünlerde olduğu kadar zor değildi. Asıl problem masraflardı. (Sonunda ilk dönemin ardından Caltech'te bir ders asistanlığı almıştım ve doktora çalışmalarımın geri kalanı için maddi açıdan bir kaygım kalmamıştı.)

Hemen her öğrenci ilginçti. Hoş hikâyeleri, hayata dair ilginç ve farklı görüşleri vardı, ama bazıları fizik konusunda pek de iyi değildi. Ancak içlerinden bazıları ve akademik kadronun hemen hepsi, olağanüstü derecede başarılıydı. Willie Fowler doktorasını yakın zamanda bitirmişti ve kadroda yeniydi. Çok parlak olduğu açıktı. Genç sayılabilecek kadro arasında beğendiğim ve çok yaratıcı olduğu bilinen Linus Pauling vardı. Oppenheimer (aramızda "Oppie" olarak bilinirdi) ilham vericiydi. Onunla beraber gidip gelen ve aralarında Leonard Schiff, Willis Lamb, Phil Morrison ve Bob Christy'nin de bulunduğu öğrencileri etkileyiciydiler. Oppenheimer'la birlikte nötron yıldızlarının kuramını ortaya koyan George Volkoff özellikle iyi bir arkadaşımdı. Beraber takılır, yürüyüşlere ve gezilere çıkardık.

Oppie, ciddiyetsizliği kabullenemezdi. Eğer birisinin aptalca hareket ettiğini hissederse acımasızca müdahale ederdi. Öğrencileri ona tapardı. Belki de kendisine çok kolay geldiği ve ilgisi bir problem üzerinde yeterince uzun kalmadığı için olsa gerek, fiziğe sıra dışı zekâsından umulacak sayıda büyük ve yeni fikirler katmadığı muhtemelen doğrudur. Ancak

verdiği dersler, her zaman en yeni şeyler hakkında olurdu. Kuantum fiziğini, belki de o dönem Birleşik Devletler'deki herkesten daha iyi biliyordu. Bir de karşılıklı konuşmalarda inanılmaz şekilde hızlıydı.

Astrofizikçi Fritz Zwicky diğer bir ilginç kişilikti ve Oppenheimer'den oldukça farklıydı. Oppie bazı şeyleri aklında tutamazdı: Çalışırken aklından uçup gittiği için, randevulaştığı genç kadınları ağaç etmesiyle ilgili pek çok hikâye anlatılırdı. Ancak Oppie, kendisini öğrencilerine vakfetmişti. İsviçreli olan Zwick ise kayaktan ve derin karda yürüyüşlerden hoşlanırdı ve öncelikleri farklıydı. Tepelere doğru yola koyulurken bize "biraz kitabı okuyun ve birkaç problemle uğraşın" der ve dersi dert etmezdi. Yine de genel düşünme, problemlere çok genel prensiplerden hareketle yaklaşma konusunda kendisinden pek çok şey öğrendim. Bu taktiklerin arasında boyutsal analiz de vardı. Bu yöntemde niteliksel çıkarıma ve problemdeki birimlere ve niceliklere odaklanılır, kuramın ayrıntılarıyla boğuşulmaz. Bu bazen yalın bir cevaba ulaşmada daha hızlı bir yöntemdir.

Caltech, öğrenci sayısı ve kampüs genişliği bakımından büyük değildi ve resmiyetten oldukça uzaktı. Bu nedenle disiplinler arası ilginç ve sağlıklı bir etkileşim vardı. Örneğin o zamanlar kimya bölümü başkanı olan Linus Pauling, Richard Tolman'ın, benim de aldığım, istatistiksel mekanik dersini takip ediyordu. Toldman'a şöyle demişti: "Senin derslerinden herhangi birini almayalı epey uzun zaman oldu ve istatistiksel mekanik konusunda bilgilerimi güncellemek istiyorum." Aslında fizik öğrencisi olan bir arkadaşım, tezini Caltech havacılık mühendisliği başkanı, meşhur Theodore van Karman danışmanlığında roketler üzerine yapmıştı.

O günlerde fizik araştırmaları için devlet desteği oldukça azdı. Maddi katkıların büyük kısmı Araştırma Kurumu gibi özel kaynaklardan ya da Caltech'teki nükleer fiziğe destek veren yöredeki Mudd Ailesi gibi şahıslardan geliyordu. Çok fazla fizikçi de yoktu ve bu durum kimsenin umurunda değil gibiydi. Aslına bakılırsa tarihi gerçekler gösteriyor ki; kuantum mekaniğinin yetkinlik kazandığı, atom fiziğinin ve nükleer fiziğin gelişiminin hızla sürdüğü bu dönem, bilimsel

açıdan oldukça zengin bir dönemdi. Yeni fikirler ve unutulmaz karakterlerle dinamizm kazanmış olan fizik, hızla değişiyordu. Kimse daha fazla öğrencinin fizik okuması için ilham verecek politikalar üretmeyi dert etmiyordu. Eskiden, kaç tane öğrencinin fizik okumak istediğinin pek bir öneminin olmadığını, bunların arasında yalnızca iyi olanların bir fark yaratabileceğini ve fiziği seven, bununla uğraşmak isteyen bir kişinin sosyal politikalar ne olursa olsun sonunda fizikçi olacağını düşünürdük. Böyle bir yaklaşımın bugüne uygun olup olmayacağını bilmiyorum, ama o dönemin şartlarına uyuyor gibiydi.

Fiziği seçme konusunda hiçbir şüphem yoktu. Bir dönem, doktorumun fizikle uğraşmaktan vazgeçmemi tavsiye etmesine rağmen, bu seçim benim için kesindi. Gözlerimden rahatsızdım ve bir uzmana göründüm. Bana çok fazla okuduğumu ve farklı bir kariyer planlamam gerektiğini söyledi. Ben de kuramsal çalışmadan ziyade aletlerle ve cihazlarla uğraşmanın gözlerime daha iyi geleceğini düşünerek deneysel fiziğe odaklanmakla yetinmeye karar verdim. Bu kararımın gözlerime bir faydası olup olmadığını bilmiyorum, ama gözlerim bugün bile hâlâ iyi iş görüyor.

O günlerde Caltech'te hiç kadın yoktu. Ben gitmeden birkaç yıl önce bir kadın yanlışlıkla kabul edilmişti ama hepsi buydu. Bu nedenle bir miktar manastırvari bir hali vardı. Yine de oldukça hoş bir yerdi. Pasadena Bach Topluluğu adında bir koroya katıldım. Koroda kadınlar vardı. Kasabadan memnundum. O zamanlar hava kirli değildi ve yöre halkı Caltech öğrencilerine karşı sıcakkanlıydılar.

Öğrenciliğim boyunca çoğunluğu veranda arkadaşım Howland Bailey ile beraber 37,50 dolara satın aldığımız eski Dodge marka arabayla olmak üzere, bir miktar da yolculuk yaptım. Çok güzel bir yer olan Berkeley'ye defalarca gittim ve oradaki spektroskopist "Pan" Jenkins'le tanıştım. (On yıl sonra, dekan olarak bana akademik bir kadro teklif edecek, bense 1967'de California Üniversitesi akademik kadrosuna katıldığım zamana kadar buna evet demeyecektim.) Amerikan Fizik Cemiyeti'nin bir toplantısı için "How" Bailey ile beraber Stanford'a da gittim. Geceyi Stanford Ailesi'yle birlikte



Resim 4: 1938'de Caltech'teki laboratuvarım ve ofisim. Sol tarafta, duvara dayalı duran cam malzemeler cıva kaynatmada kullanılan vakum pompaları, onların önündeki ince uzun kutu bir prizma spektrometresi ve tüp içerisinde de pompaları yapmak ve tamir etmek için gerekli olan camı üflemede kullanılan sıkıştırılmış oksijen bulunmaktadır.

geçirmiştik, daha doğrusu uyku tulumlarımızla kampüsteki Stanford mezarlığında yatmıştık. Kampüs güvenliği sabahın erken saatlerinde bizi uyandırıp bunu yapamayacağımızı söylediyse de bizimle fazla uğraşmamıştı. Körfez bölgesi kampüsleri ile Caltech arasında çok sayıda karşılıklı ziyaret olurdu. Daha sonra Nobel alacak olan ama o zamanlar Berkeley'de bir doktora sonrası araştırmacı olan Luis Alvarez gelip neler yaptığımı görmek istemişti; çünkü çekirdek çalışmaları için izotop ayrıştırmasıyla ilgileniyordu ve izotop ayrıştırması tezimin önemli bir bölümüydü.

Elbette dünyada olup bitenlerle de ilgileniyorduk. Savaşın Avrupa'ya yaklaştığı ve bizi de içine çekebileceği yönünde bir his vardı. Birkaç öğrenci, kendi söylemlerine göre, "barış için yürüyorlardı" ve kampüs etrafında, savaş çığırtkanları adını verdikleri kişileri ve savaştan para kazanacak olan şirketleri protesto ediyorlardı. Tüm bunlar, bilim ve mühendislikle uğraşmaya odaklanmış Caltech'te oluyor ve savaşın gerçekten çıkabileceği yönündeki hissin, Amerika'da ne kadar güçlü olduğunu gösteriyordu. Ama Caltech, aynı zamanda Avrupa'da neler olup bittiğini birinci ağızdan öğrenebiliyordu.

Hepimiz Naziler'den kaçıp Amerikan üniversitelerine gelen mültecilerden, özellikle Yahudi fizikçi ve diğer bilimcilerden birkaçını tanıyorduk.

Millikan'ın Chicago'dan gelişinden sonra, Caltech ana avlusunun bir bölümü olarak inşa edilmiş, alçı kaplamalı birleşik ofis ve laboratuvarım, fizik binasının bodrum katında geniş bir odaydı. Symthe'nin ofisine komşu ve atölyeye yakındı. Oda, ben daha oraya gelmeden önce, içinde cıva bulunan 30 kadar vakum pompası da dahil olmak üzere oldukça hassas ekipmanlarla dolup taşmıştı.

Tezim oksijen, azot ve karbonun kararlı izotoplarının ayrıştırılması ve bunların nadir bulunan bazı izotoplarının nükleer spinlerinin tespiti üzerineydi. Laboratuvar-ofisimdeki karmaşık düzenek, ilk olarak Dean Wooldrige tarafından bir araya getirilmişti. O ise, ben oraya varmazdan biraz önce ayrılmıştı. Smythe'nin öğrencisi olarak, bazı izotopları ayrıştırmak için bunları kullanmıştı, fakat nükleer spinleri ölçmeyi başaramamıştı. Duke'deki Van de Graafflarla olduğu gibi, bir şekilde bunlara da tekrar işlerlik kazandırmış, bazı değişiklikler yapmış ve bunlardan başarılı fiziksel çıkarımlarda bulunmayı becermiştim. Düzenek, zamanına göre oldukça karmaşıktı. Pek çok cam borusu, 30 kadar, içinde gaz aleviyle cıvanın kaynadığı ve çıkan gazı gözenekli borularda yayılmaya zorlayan pompası vardı. Hafif izotoplar ağır olanlara kıyasla biraz daha hızlı hareket ediyordu. Bu daha sonra Tennessee Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı'nda uranyum izotoplarını zenginleştirmekte kullanılacak yöntemin aynısıydı.

Sistemin iş görebilmesi için gece gündüz aralıksız olarak yaklaşık üç hafta boyunca, hiçbir şey kırılmadan kaynaması gerekiyordu. Bu nedenle geceleri sık sık kalkıp ilgilenmem gerekiyordu. Arada sırada cam pompalardan biri çatlar, hatta kırılıp açılır ve yerlere cıva saçılırdı. Ben de cıvayı olabildiğince temizler, pompayı yamamak için cam üfler ve her şeye baştan başlardım.

Wooldridge, Bell Laboratuvarları'na gitmişti ve sonunda Thompson-Ramo-Wooldridge (TRW) Şirketi'nin kurucularından olacaktı. Elimdeki acayip zımbırtıyla uğraşırken bu olaydan haberdar olmama imkân yoktu, ama daha sonra uzun

yıllar yakın bir şekilde çalıştık.

Düzenekten spektroskopide kullanılabilecek bir miktar izotopik örnek elde ettim. Moleküller üzerinde ilk spektroskopik incelemelerimi, kimya bölümünden molekül spektroskopisi hakkında aldığım kısa bir kurs programından edindiğim sınırlı bilgimle yaptım. Bu örneklerle izotopik olarak zenginleştirilmiş oksijen elde ettim. Oksijen-18'in sıfır spinli olduğunu göstermek kolay olmuştu, ama bu zaten kuramsal nedenlerle beklenen bir sonuçtu. Çalışmanın asıl konusu karbon-13'tü. Amerikan Fizik Cemiyeti'nin bir toplantısındaki sunumumda bazı sonuçları vererek nükleer spinini 1/2 olarak duyurdum. Ne var ki bu sonuç beni, ilk bilimsel açmazıma düşürdü: Ben Caltech'ten ayrıldıktan sonra, Smythe verileri incelemiş ve beni de yazarların arasına aldığı bir makale hazırlayarak karbon-13'ün spinini, benim öne sürdüğüm 1/2'ye ters düşecek şekilde, 3/2 olarak duyurmak istiyordu. Spektrumdaki bir çizginin gücü üzerinde hemfikir olamamıştık: O, çizgilerin bağıl gücünü, yükseklikleriyle genişliklerini çarparak değerlendiriyordu ve kritik olduğunu düşündüğü çizgi, diğer tüm çizgilerden genişti. Bense yalnızca yüksekliklere göre değerlendiriyor, alışılmışın dışında geniş olan çizgilerin ise üst üste binmiş iki veya daha fazla sayıda zayıf çizgiden oluştuğundan şüpheleniyordum. Ama o dönemde ben, Doğu Sahili'ndeydim ve profesörüme nasıl karşı çıkacağımı bilemiyordum. Sonuç olarak makalenin onun yazdığı gibi yayımlanmasına ses çıkarmadım. Daha sonra spinin 1/2 olduğu ortaya çıktı ve sonuç olarak tezimden hareketle yayımlanan makale, pek de hayranlık uyandırıcı değildi. Ama bu olay bana, kendi yargılarıma sadık kalma konusunda gösterdiğim doğal inatçılığımdan daha fazlasını göstermeyi öğretti. Spektroskopi konusunda öğrendiklerim, lasere doğru atılan küçük bir adımdı.

Çok sayıda arkadaş edindiğim bir dönemdi. Rastlantısal sohbetlerin ve karşılaşmaların, bir kimsenin kariyerine beklenmedik şekillerde yön veren olaylara nasıl sebep olabileceklerini gerçekten idrak etmeye başladım.

Geçmişe dönüp baktığımda görüyorum ki, benimki gibi bir ailede yetişme şansı, beraberce ormana ve dere kıyıla-

rına gidip koleksiyon yapabilecek bir ağabeye sahip olma, kaliteli ve yüreklendirici profesörlere denk gelme ve rekabet içerisinde olunan genç meslektaşlarla olan etkileşim, bilim dünyasında bir kariyerin rayına nasıl oturduğunu anlamada önemli birer derstir. Bunları vurguluyorum çünkü kamuoyunun, bilimcilerin bu işe nasıl başladıkları ve nasıl çalıştıkları hakkında net bir fikir sahibi olduğunu düşünmüyorum. Fikirleriyle yalnız başına boğuşmakta olan ayrıksı bilimciler ya da kendi iç görülerinin peşinden giden ve günlük kaygılardan uzak, zeki sosyal-ikonkırıcılar heyecan yaratsalar da, genel durum bu değildir. Gerçekte bilim hayatının, insanlarla ilgili hemen her şeyde olduğu gibi, gelişigüzel yanları vardır ve tahmin edilmesi güç yönlere dönebilir. Bu dönüşler, bir kimsenin sahip olduğu arkadaşlara ve meslektaşlara bağlı olabildiği gibi, herhangi bir şeyden de kaynaklanabilir. Elbette bu, bir kimsenin ilerlemek için yalnızca bağlantılar kurmasının yeteceği anlamına gelmiyor. İyi bir bilimci, maharet sahibi ve özenli olmalı, prensip olarak ve sık sık inatla kendi yargılarına güvenmelidir. Ayrıca bir bilimci, tıpkı benim Furman ve Caltech'te ders kitaplarındaki problemlerle yaşadığım gibi, uzun süreler boyunca problemlerle tek başına boğuşmak zorunda kalabilir. Bununla beraber fikirler, ilhamlar ve fırsatlar, bir tür içsel görüşten geldiği kadar, bir kimsenin rastladığı insanlardan da gelir. Bilimsel bir kariyer için gösterilecek olan çabada ya da yeni bir kavramın veya yeni bir teknolojinin evrimi sırasında, mutlaka rastlantılara ve bilimin meslektaşlar arası bu etkileşimli yönüne son derece önem verilmelidir.

3

BELL LABORATUVARLARI VE RADAR, FİZİKTEN (TALİHLİ) BİR SAPMA

1939 yılında, yeni aldığım doktora derecemle benim için ideal şeyin, hem ders verebileceğim hem de araştırmalarımı sürdürebileceğim iyi bir üniversitede bir akademik pozisyona geçmek olduğu açıktı.

Ne yazık ki etrafta bu şekilde pek fazla iş yoktu. 1930'ların Büyük Buhran'ı sırasında araştırma odaklı üniversiteler hemen hemen hiç yeni fizikçi işe almıyordu. Caltech doktora mezunlarından bazıları saha çalışmaları yapmak için petrol endüstrisine giriyordu. Bu işte pek bir fazla araştırma yoktu, ama en azından bir gelir kapısıydı. İşin özü, petrol alanlarının sismolojik çalışması için çukur kazmaktı. Aramızda Ph. D.'nin "petrol çukuru delicisi" anlamına geldiği şeklinde şaka yapıyorduk. Akademik iş bulanların büyük çoğunluğu, Caltech mezunlarını işe almaktan memnun olan yerel kolejler gibi, önceliği araştırma olmayan kurumlara yerleşmeye razı olanlardı.

AT&T'nin New York'taki Bell Laboratuvarları, izinden gittiğim Dean Wooldridge'i üç yıl önce işe almıştı; 1929'daki borsa krizinden bu yana işe alınan ilk fizikçi grubu içerisinde olduğu söylenmişti. Danışman hocam Profesör Smythe, Bell Laboratuvarları temsilcileri, kariyer günleri sırasında Caltech'i ziyaret ederken onlara benim hakkımda güzel şeyler söylemiş ve en az Wooldridge kadar iyi olduğumu belirtmişti. Hali hazırda Wooldridge, Bell Laboratuvarları'nda zaten oldukça iyi bir izlenim bırakmıştı. Bana bir başvuru formu doldurmamı söylediler. Ben de çok içimden gelmeyerek doldurdum.

Çok geçmeden Smythe'ye bir telefon geldi. Özetle şöyle deniyordu: "Şu Townes denen elemanın olayı nedir yahu? Bu gördüğüm en özensiz, en düzensiz başvuru. Pek de hevesli gibi görünmüyor." Smythe acilen beni çağırdı ve aklımı başıma devşirmemi söyledi. Belki de onun, benim düzgün bir insan olduğuma dair ısrarı sayesinde bir iş teklifi aldım.

Sanayide bir laboratuvar için çalışmak mı? Bir şirkete bir şeyler üretmesi veya para kazanması için yardım etme konusunda hiç de can atmıyordum. Tereddütteydim. Ulusal Araştırma Kurulu bursu için hâlâ bir şansım olduğunu ve bununla Princeton'da en azından geçici bir kadro alabileceğimi düşünüyordum. Smythe ve Caltech astrofizikçilerinden Ira S. (Ike) Bowen beni karşılarına alıp şöyle dediler: "Bak, bu iyi bir iş. Bu günlerde ekmek aslanın ağzında. Kabul etsen iyi olur." Ama hedefim akademik bir ortamda, kendisini bir şeyleri yalnızca öğrenmenin verdiği haz nedeniyle öğrenmeye vakfetmiş bir çevrede olmaktı.

Sanayi araştırma kuruluşları içerisinde Bell Laboratuvarları, fizik konusunda aynı kulvardaki diğer yerler içerinde en azından daha iyi bir şöhrete sahipti. Bell Laboratuvarları'nda C. J. Davisson, Lester Germer, Herbert Ives ve Harvey Fletcher gibi önemli fizikçilerin olduğunu ve harika işler çıkardıklarını biliyordum. Sonuçta biraz şüpheyle, ama mantıklı bir seçim yaptığımı hissederek işi kabul ettim.

Maaş oldukça iyiydi. Yılda 3.016 dolar. Özel sektörde işe giren arkadaşlarım veya Batı Sahili'nde öğretim elemanı olan arkadaşlarım 1.800 dolar civarında alıyorlardı. Benim maaşımın, Caltech mezunu yeni bir fizikçinin aldığı, en azından son yıllarda, en yüksek maaş olduğunu söylüyorlardı. O zamanlar bilmiyordum, ama fizik problemleri çözerek ve yoğun savaş teknolojileriyle boğuşarak yeteneklerimi geliştireceğim, kariyerimin benzersiz ve paha biçilmez bir şekilde belirleneceği bir maceraya başlamak üzereydim.

Birinci sınıf bir üniversitede kadro bulamamak, sonunda başarıya dönüşecek olan bir başarısızlıktı. Tıpkı Duke'den bir burs alamayışımın, bana katkısı pek çok olan Caltech yıllarıyla sonuçlanması gibi. Elbette önceden hangi başarısızlıkların aslında kılık değiştirmiş birer başarı olduğunu bil-

mek imkânsızdır. Bu yüzden yapılacak en iyi şey, o sırada en doğru görünen şeyin peşi sıra gitmektir. Kasten başarısızlığa düşmek delilik olur! Bununla beraber başarısızlıkla yüzleşildiği dönemlerde, bunun sonunda oldukça hayırlı olabileceğini bilmek son derece önemlidir.

İşe başlama konusunda acelem yoktu bu nedenle, Bell Laboratuvarları'nın o dönem bulunduğu New York'a hemen gitmedim. Bell Laboratuvarları ulaşımım ve eşyalarımı taşıtmam için bana yüz dolar harcirah vermişti. O dönem de yüz dolarla epey seyahat edilebilirdi, özellikle de otobüs tercih edilirse. Bu kaçırılmayacak bir fırsattı. Önümde farklı bölgelerin coğrafyasını, bitki örtüsünü ve hayvan türlerini görmem için bir fırsat vardı. Biraz da İspanyolca öğrenmek istiyordum. Meksika yakındı ve Mexico City'de, Caltech'ten bir arkadaşım vardı. Greyhound otobüsüyle Tucson'a kadar gittim. Buradan da hemen hemen bedavaya ta Mexico City'e kadar bir üçüncü sınıf tren bileti aldım.

Oldukça ateşli bir Nazi taraftarı olan ve bize sürekli Hitler'in ne kadar hayati bir iş yaptığını anlatıp duran Alman bir öğrenciden satın aldığım akordeonu yanımda taşıyordum. Trenin üçüncü sınıf vagonunda, pek de konforlu olmayan sunta sıralarda oturmuş ve Nazi'nin akordeonunu çalar bir şekilde, Birleşik Devletler'deki tarlalarda mevsimlik işçilik yapıp, artık evlerine dönen Meksikalılarla beraber şarkı söyleyerek yolculuk yapıyordum. Oldukça neşeli bir gruptuk. Ancak yemek saatlerinde üçüncü sınıf yolcularının yemekli vagona alınmadığını öğrendim. Her istasyonda, pencereden içeri uzatılanları alan Meksikalıların yiyecekleri boldu ama ben mikroplardan ve de meşhur "Montezuma'nın İntikamı"ndan korkuyordum. Bu nedenle iki gün boyunca, taze ve soyulabilir meyvelerin bulunduğu bölgelere varana kadar, yalnızca şişelenmiş bira içerek idare ettim. Birayı evlerine bile sokmayan Greenville'deki akrabalarım tahmin ediyorum anlayış gösterirlerdi.

Mexico City'den sonra Guatemala sınırına kadar devam ettim. Burada durmamın tek sebebi Meksika ve Guatemala arasındaki köprünün kullanım dışı olmasıydı. Mexico City'e dönüş yolculuğu, Acapulco'da geçirdiğim iki ilginç günü de

içeriyordu. O zamanlar Acapulco talan edilmemiş küçük bir sahil kasabasıydı. Geceliği elli sente bir kulübe kiralayıp ılık suda yüzdüm. O zamanlar deniz maskesi üretilmiyordu ve etrafta tüplü dalış malzemesi bulmak kesinlikle imkânsızdı. Yine de bir miktar dalış yaptım ve görebildiğim deniz yaşamı, bende ömür boyu sürecek olan bir merakı ateşlemeye yetti. Bir Meksika treniyle Texas'a ulaştım. Oradan bir otobüsle ailemi görmek için Greenville'e geçtim, sonrasında da New York'a gittim. Bell Laboratuvarları'nın verdiği 100 dolar yol masraflarına tam yetmişti.

Bugün Bell Laboratuvarları, New Jersey'de bulunuyor ama o zamanlar Manhattan Greenwich kasabasında West ve Bethune sokaklarının kesiştiği yerdeydi. Yakınlarda bir ev tuttum. Fakat sırf şehri öğrenebilmek için her üç ayda bir taşınmaya karar verdim. Taşınmayı ve yeni şeyler denemeyi severim. New York, aslında bir dizi kasabadan oluşuyordu ve ben de her birini öğrenmek istiyordum. Greenwich kasabasına ek olarak yaşadığım yerler arasında Columbia Üniversitesi, Morningside tepeleri ve Amerikan Doğa Tarihi Müzesi yakınlarında kiraladığım yerler vardı. Yaptığım tek şey eşyalarımı bir sandığa doldurmak, bir taksi çevirmek ve yola koyulmaktan ibaretti. Ev eşyası olarak yanımda Metropolitan Sanat Müzesi'nden aldığım, bazılarını çerçevelettiğim ve düzenli olarak değiştirdiğim posterler vardı. Önce Juilliard Müzik Okulu'nda, sonra Columbia'da şan dersleri aldım ve Riverside Kilisesi ile Brooklyn'deki kilisenin korolarına katıldım.

İşe başladığım Eylül 1939'da Bell Laboratuvarları, aşağı Manhattan'ın batı yakasında, oldukça eski ve herhangi bir özelliği olmayan kutu benzeri bir binada bulunuyordu. Yolun karşısındaki eski bir fabrika binası, laboratuvar çalışmaları için satın alınmıştı. Ayrıca, aşağı Manhattan'ın orta kesimlerinden nispeten daha gösterişli Graybar Binası'ndaki kiralık katlara doğru da bir yayılma vardı.

İşteki ilk günümde, akustik alanında isim yapmış, Bell Laboratuvarları'nın fizik araştırmalarının başı olan Harvey Fletcher'la tanıştırıldım. Kendisi kibar ve babacan bir insandı. Bana, doğrudan Dean Wooldridge'a bağlı olarak temel fizik araştırmaları yapacağımı anlattı. Ancak laboratuvara

alışabilmem ve kendime en uygun işi seçebilmem için bana görülmemiş bir ayrıcalık tanımışlardı. Bu amaçla dört farklı araştırma grubunda, üçer ay çalışmam planlanmıştı.

Temel fizik çalışmaları için işe alınmıştım ve aşağı yukarı bir yıldan fazla bir süre bu konuda çalıştım. Fletcher beni önce manyetik işine verdi. Sonra mikrodalga üretimine ve sonra da yüzeylerden elektron salımı işlerine verdi. Bunların hepsi çok iyi fizik çalışmalarıydı. Zannediyorum ilk kez, alışma amacıyla gruplar arasında dolaşılmasına izin veriliyordu. Planlanan on iki ay yerine dokuzuncu ayın sonunda, Dean Wooldridge'le beraber ikincil salım olayının anlaşılması işine verildim. Bu olay, yüzeylerin iyonlarla bombardımanı sonucunda ortaya çıkan elektron salımıdır ve gaz deşarj tüplerinde kullanılır.

Laboratuvar, on kadar fizikçi ve iki kimyasal fizikçi arasında haftalık bir buluşma düzenlemeye başlamıştı. Bu, o dönem için olağanüstü bir şeydi. Bell Laboratuvarları çay ve kurabiye hazırlayıp, bize sadece güncel, ilginç araştırma konuları ve kavramlar hakkında tartışmamızı söylemişti. Bu protokolsüz, meslektaşlar arası toplantı, tahmin ediyorum o dönem sanayinde pek görülen bir şey değildi. Küçük grubumuz içerisinde, sonraları transistörü keşfeden üç kişiden ikisi, Bill Shockley ve Walter Brattain ile Dean Wooldridge, sonradan Bell Telefon Laboratuvarları'nın başkanı olacak olan Jim Fisk, ve II. Dünya Savaşı'ndan sonra benimle beraber mikrodalga spektroskopisinde çalışacak olan Alan Holden vardı. Yeni işim, beni beklediğimden çok daha ilginç ve heyecan verici bir çevreye taşımıştı.

Haberleri dinleyen herkes, Bell Laboratuvarları çalışanları da dahil olmak üzere, Birleşik Devletler'in Avrupa'daki savaşa katılma ihtimalinin giderek arttığını düşünüyordu. II. Dünya Savaşı'ndan sonraki döneme kıyasla o dönemde ordu ile bilimciler henüz yakın bir şekilde çalışmıyordu ancak savaşa yönelik faaliyetler yürütülüyordu. Bir grup bilimci ve mühendis, tamamen yeni bir fikir olan uçaksavar toplarının elektronik olarak güdümlenmesi işi üzerinde çalışıyordu. Sonradan öğrendiğime göre bir başka grup da donanmaya gidip, "Bizler akustik alanında çalışan uzmanlarız. Size yar-

dım etmekten mutluluk duyarız. Denizaltıların tespiti ve su altı sinyalleriyle ilgili sıkıntılarınız olmalı" demişlerdi. Dediklerine göre donanma şu cevabı vermişti: "Hayır teşekkürler. Her şey kontrol altında. Ne yaptığımızı biliyoruz ve daha fazla uzmanlığa ihtiyacımız yok." Tabii bu tutum, söylemeye gerek yok, Alman torpidoları gemilerimizi batırmaya başlayınca büyük ölçüde değişti.

1940'ların ortasında savaşla ilgili çalışmalar giderek artıyordu. İşe girdikten bir buçuk yıl sonra bir cuma günü, araştırma laboratuvarları müdürü Mervin Kelly'den bir telefon geldi. Dean Wooldridge'le beraber ofisine gidip kendisi ve Harvey Fletcher'la görüştük. Laboratuvarın elektronik güdümlü uçaksavar toplarıyla ilgili kaydettiği başarıyı anlatıp doğrudan konuya girerek: "Pazartesi gününden itibaren, laboratuvarın radar ekibiyle beraber çalışıp, uçaksavar toplarında kullanılan teknolojiyi uyarlayarak, bir radarlı bombardıman sistemi tasarlamanı istiyorum" dedi.

İçimden buna tamamen itiraz ediyordum. Durup dururken fiziği bırakıp mühendisliğe başlamamın söylenmesi, bir sanayi laboratuvarında tam da olmasından korktuğum şeydi. Ama şartların sıra dışı olduğunu biliyordum. Savaş kapıya dayanmıştı. Herkesin katkıda bulunması gerekirdi. Fizikten savaş işlerine daha yumuşak bir geçiş umduysam da, katkıda bulunmaya hemen başlamam hiç de tutarsız olmazdı. Askerî işler yapmaktan çok da memnunluk duymuyordum. Bu, etik olarak ordunun yanlış davrandığını düşündüğümden değil, bu tür işlerin daha ziyade sıkıcı ve çekicilikten uzak olduğunu düşündüğümdendi. Bir şeyleri imha etmek ve insanları öldürmek için yollar bulmaya çalışmak hiç de ilham verici değildi. Ne var ki 1941'in başlarıydı ve dünyadaki gidişatın ne kadar ciddi olduğunu idrak etmiştim. Wooldridge, matematik eğilimli mühendis Sir Darlington, ben ve bize bağlanmış olan küçük bir teknisyen grubu ertesi pazartesi işe koyulduk.

İş ilerledikçe karşımıza çıkan engelleri çözmeye kendimi epey kaptırmıştım. Sonunda geliştirdiğimiz çeşitli radarlı bombardıman ve seyrüsefer sistemlerinin hiçbiri savaşta kullanılmayınca, kendimi hayal kırıklığına uğramış bir halde

bulmuştum. Daha basit sistemler mevcuttu. Bizimkiler ise oldukça ileri teknolojiydi ve bunlardan bazıları, yeni uçakların tasarımına katkıda bulundu. Bu uçakların arasında 1950'lerde üretilen B-52'lerin ilk modelleri de vardı. Bunların sonraki modelleri, yıllarca ABD Hava Kuvvetleri tarafından kullanılacaktı.

Yürüttüğümüz ekip çalışması ve test süreçleri, karmaşık projelerin nasıl yürütülmesi gerektiği konusunda benim için çok değerli bir ders olmuştu. Ayrıca yaptığımız iş, temel fizik kavramlarını da içeriyordu. Böylece proje, maserlerin ve laserlerin geliştirilmesinde kullandığım, kariyerim boyunca hayati önem taşıyan bir düşünce yapısı geliştirmem için bana ilham verdi.

Bir yandan özel hayatım da yeni bir yol çiziyordu. New York'u keşfederken, Greenwich kasabasında kiraladığım daireden sonra ikinci durağım, Columbia Üniversitesi ve Juilliard Müzik Okulu yakınındaydı. Beş veya altı odanın müzisyenlere kiralanmış olduğu bir dairede yaşıyordum. Odamda piyano olmasına rağmen asıl işi müzisyenlik olmayan tek kişi bendim. Burada, New Hampshire'dan gelen Frances Brown isimde, uzun boylu, narin, genç bir hanımla tanıştım. New York'a geliş sebeplerinden biri, tıpkı benim gibi yeni yerler görmekten zevk almasıydı. Bundan önce Paris'te ve Floransa'da birer yıl kalmıştı. Oldukça sosyal ve cana yakın birisiydi. Önceleri havalı bir hukuk bürosunda danışma görevlisi olarak çalışmış, sonra da Columbia Üniversitesi yakınlarındaki Uluslararası Öğrenci Konukevi'nde etkinlikler direktörü olmuştu. 1940 kışında bir kayak turu düzenlemişti ve turda bir kişilik boş yer vardı. Pasadena'dan tanıdığım dansçı bir arkadaşım bu tura erkek arkadaşıyla beraber katılıyordu ve beni de tura dahil etti. İşte tanışmamız böyle olmuştu. Gezi boyunca iyi vakit geçirmiştik. Neden bilinmez ama Konukevi'ndeki Filipinlilerden pek çoğu, o hafta kayak öğrenmeye karar vermişti. Biz de onlara, düştükten sonra nasıl kalkılacağını gösterip durmuştuk. Bir buçuk yıl sonra, 1941'in Mayıs ayında evlendik.

Frances'in ailesi, kuzey New Hampshire'da ve Quebec'de, ormancılık ve kağıt alanında çalışan Brown Şirketi'ni işleti-

yordu. Evlenmeden önce ailesiyle tanışmak için Quebec ormanlarına seyahat ettik. O da tıpkı benim gibi, doğayı çok seviyordu.

Evlendiğimiz dönemde, radarlı bombardıman projesi üzerinde yoğun bir şekilde çalışıyordum. Bazı sistemler geliştirmiş ve bunları denemek için Florida'ya götürmüştük. Önce Tampa'ya uçtuk. Oradan Boca Raton'daki hava üssüne ve bir süreliğine de Pensacola'daki hava üssüne geçtik. Frances zaman zaman benimle seyahat ederdi. Tampa'da, havanın alışılmadık şekilde iç karartıcı ve soğuk geçtiği bir kış sezonu boyunca kaldığımız yazlık dışında, hep Delray Sahili'nde kaldık. İlk çocuğumuz Linda, Delray'a geçişimizden önce dünyaya gelmiş ve o dönemde artık kumsalın tadını çıkaracak yaşa gelmişti. Bu seyahatler sırasında, Silahlı Kuvvetlerle işlerin nasıl yürütülmesi gerektiğini öğrendim.

Hava Kuvvetlerinin savaş dönemi sırları arasında önemli bir tanesi Norden Bomba Nişangâhı'ydı. Basın, buna sanki sihirliymiş gibi bakıyordu. Bir yazıda, bu sistem sayesinde pilotlarımızın bir fıçının içine bile bomba atabileceği söyleniyordu. Bell Laboratuvarları'nın radar güdümlü bombardıman sistemi için yeni bir fikri vardı ve Hava Kuvvetleri de bunun hayata geçirilmesini istemişti. Biz de onlara, "ne seviyede bir hassasiyet derecesine ihtiyacınız var?" diye sormuştuk. Cevapları ise sadece "Yapabildiğiniz kadar hassas yapın" olmuştu. Fikrimiz olsun diye, o sıradaki hassasiyet seviyelerini sorduk. Anlaşılan bu bilgi bir sırdı. Bunun üzerine bize söyleneni yapıp, olabildiğince hassas ve pratik olabilecek kadar kısa bir sürede tamamlanacak şekilde, bir yıl içinde bir sistem ortaya çıkardık.

Yaşlı bir bombardıman pilotu albayla çıktığımız ilk test uçuşumuzu çok iyi hatırlıyorum. Kum dolu bombalarımızla maket hedefleri, o günkü testte demirlemiş bir gemiyi vurmaya çalışacaktık. İlk denememizde, B-24'ün arka tarafında yeni düzeneği kullanarak, bombanın bırakılacağı kritik ana kadar radar sinyallerini takip etmiştim. Bomba bırakılır bırakılmaz sonucun ne olacağını görmek için uçağın şeffaf burnuna koştum. Bomba hedefi 30 metre farkla ıskalamıştı. Pilot "harika bir atış oldu!" diye haykırdı. Neyin gerçekten iyi

olduğuna dair ilk ipucumuz bu olmuştu ve iyi değerler, bir fıçıyı vurmaktan uzaktı.

Savaşın ilerleyen safhalarında nihayet Norden nişangâhını görme sanşımız oldu. Ordu, radarlı ve görsel nişangâhları birleştirmemizi, böylece herhangi birinin kullanılabileceği bir sistem yapmamızı istemişti. Norden güzel bir şekilde tasarlanmış opto-mekanik bir sistemdi, ancak o dönem için bile biraz ilkel kalıyordu. Asla yaygın olarak inanıldığı kadar iyi değildi. Zannediyorum bu da sırrın bir parçasıydı.

Ordu sırlarını oldukça iyi gizliyordu, ama biz teknik konularda çalışanlar, ülkenin ne gibi şeylerle uğraştığı hakkında iyi bir fikre sahiptik. New Mexico'daki Los Alamos Ulusal Laboratuvarları'nda çalışan arkadaşlarım vardı. Gelişmelerin genel durumunu anlamamı sağlayacak kadar ipucu vermişlerdi. 1939'da fizyonun keşfi duyurulunca, Caltech'teki fizikçilerin çoğu bir atom bombasının mümkün olabileceğini anlamıştı. Bu alandaki her şey birden bire susturulunca, bunun sebebinin hükümetin ciddi bir atom bombası projesine başlaması olduğunu anlamıştık. Bilinen ölçümler, her ne kadar zincirleme bir tepkimenin kontrol edilebileceğini garanti etmese de, böylesi bir bombanın ne kadar güçlü olacağını hesap etmek kolaydı. Bir yeri, örneğin Manhattan Adası'nın çoğunu yok etmek için gerekli olan uranyum miktarını hesap edenlerin arasında Enrico Fermi de vardı. Atom bombalarının bu bariz gücüne rağmen, dünyanın bu tür silahlarla yok olabileceği kaygısı gündemde değildi. Genel duygu, savaşı Müttefiklerin kazanması gerektiği yönündeydi. Ancak en büyük korku böyle bir bombayı önce Almanya'nın yapmasıydı.

O zamanlar, benim yaşlarımdaki erkeklerin silah altında olmaması, sıra dışı bir durumdu. Hem Dean Wooldridge'in hem de benim patronum olan Walter McNair'le Times Meydanı'ndan geçtiğimiz bir günü, bugünmüş gibi hatırlıyorum. Hiç tanımadığım birisi yaklaşıp öfkeli bir şekilde "Üniforma giymemişsin! Utanmalısın! Senin yaşında birisinin, kamuflajları çekip yardıma gitmesi gerekir" demişti. McNair üzüleceğim kaygısıyla beni teselli etmeye çalışarak, yaptığım işin önem taşıdığını ve savaş mücadelesine faydası olduğunu söylemişti. Gerçek şu ki, ordu ve radar programının işleyişi,

zaman zaman asabımı bozsa da, neden üniforma giymediğimi çok iyi biliyordum ve ben üstüme düşeni yapıyordum. Bu olay, savaşın Amerika'da günlük hayata ne kadar derinden etki ettiğini gösteriyordu.

Sonuç olarak radar işine gömüldüm. Bu, benim için iki yönden kazançlı bir dönem oldu. Birisi doğrudan, diğeri dolaylıydı. Bell Laboratuvarları ve aynı zamanda MIT'nin Işıma Laboratuvarı, İngilizlerin atımlı sinyallerle [*pulsed signal*] radarı mümkün kılan güçlü magnetron buluşunun izinden gitmişti. Amerikalılar bundan sonra daha fazla güç, daha kısa dalga boyları, daha fazla kesinlik ve daha fazla hassasiyet için çalışmaya başlamışlardı. İlk seyrüsefer-bombardıman sistemimiz 10 santimetre dalga boyunda bir magnetron kullanıyordu. Ama Bell Laboratuvarları ve ordu, çok daha kısa dalga boyları üzerinde yoğun bir şekilde çalışıyordu. Amaç, sistemin yönelme yeteneğini ve hassasiyetini artırmak, aynı zamanda daha küçük antenler kullanabilme imkânı kazanmaktı. Bu, radarları uçaklara takmak gerektiğinde göz önünde bulundurulması gereken önemli bir konuydu. Ordunun, geliştirdiğimiz radar güdümlü bombardıman sistemini üretime geçirememiş oluşu, sürüp giden bir sıkıntı konusuydu. İlk sistemimiz, 10 santimetrede gayet güzel çalışmıştı ve iyi bir iş çıkardığımızı söylemişlerdi. Şimdi de 3 santimetrede çalışan bir şey istiyorlardı. Bunu başardığımızda, 1,25 santimetrede bir sistem geliştirmemizi söylediler. Bu sürekli hedef değiştirme öylesine asab bozucuydu ki, bir ara istifayı basıp General Joseph Stilwell'e teknik danışmanlık yapmanın ya da Çin'e göreve gitmenin veya doğrudan bir katkı sağlayabileceğim herhangi bir yere gitmenin daha iyi olacağını düşünmeye başladım.

Ama ayrılmadım. Sonuçta 1,25 santimetre radarı projesi, bir fizikçi olarak ilerlediğim yolda önemli bir bölüm oldu. Projeden on yıl kadar önce, mikrodalgaların molekül gazları tarafından soğurulmasıyla ilgili, benzeri olmayan bir çalışma yapılmıştı. Michigan Üniversite'sinden David Dennison, amonyak molekülleriyle ilgili kızılaltı araştırmalardan hareketle, bu moleküllerin 1 santimetre civarındaki mikrodalgaları da kuvvetli bir şekilde soğuracağını tahmin etmişti. Michigan Üniversitesi'nde Claud Cleeton ve Neil Williams, İngilizlerin-

kine kıyasla son derece ilkel olan bir magnetron kullanarak, bu konudaki öncü deneylere soyunmuşlardı. Özetle, bir torba dolusu amonyak alıp üzerine geniş bir bant aralığında mikrodalga göndermişler ve en çok 1,25 santimetrelik dalga boyu etrafındaki dalgaların soğurulduğunu bulmuşlardı. Yani kuramsal olarak ne olması gerektiğini hesaplamak ve deneysel olarak çarpıcı bir biçimde bunu göstermek olasıydı. Amonyak molekülü, dinamik özelliklerini anlayabileceğiniz güzel, basit bir sistemdir. İçerisinde bir azot atomu, üç tane hidrojen atomu tarafından oluşturulmuş üçgen bir trapezde askıya alınmış gibidir. Azot, hidrojenlerin belirlediği düzlem içerisinde ileri-geri sallanır. Geometrik olarak bu molekül, tıpkı bir şemsiyenin ters dönmesi gibi, kendisini tersyüz eder durur. Bu olayın fiziği, o dönemde, oldukça iyi bir şekilde anlaşılmıştı. Kızılaltı ölçümler bu yapının saniyede 24 milyar kez titreşmesi gerektiğini, başka bir deyişle rezonansa girmesi gerektiğini göstermişti. Bu frekans ise, dalga boyu 1,25 santimetre olan mikrodalgaya karşılık geliyordu.

Hava Kuvvetleri bu dalga boyunda çalışan bir radar istemişti ve havada, dalgayla etkileşmeye yetecek miktarda amonyak bulunmuyordu. Yine de bu durum, moleküller tarafından soğurulmanın, prensip olarak bir problem yaratabileceğini açıkça ortaya koyuyordu. Harvard Üniversitesi'nden John Van Vleck'in yazdığı ve radarlar konusunda çalışanlar arasında elden ele dolaşan bir yazıyı görünce, gerçekten uyandım. Yazıda, dönüşsel rezonansa bağlı olarak, su moleküllerinin de bu dalga boyu civarında soğurma yapması gerektiği vurgulanıyordu. Vleck, Victor Weisskopf'la beraber o dönemde soğurma çizgi-genişlikleri kuramı üzerinde çalışıyordu. Onların çalışmalarından ve Cleeton ile Williams'ın deneylerinden haberdardım. 1,25 santimetre radarının üzerinde biraz daha fazla düşünülmesi gerektiğini hissettim.

Bu konuya oldukça dikkatli bir şekilde odaklandım. Columbia'da I. I. Rabi'yi ziyaret ettim, İngiliz radar uzmanlarına danıştım ve diğer fizikçilerle epey sohbet ettim. Durum, bende karmaşık duygular uyandırdı. Bir yandan mikrodalgaların molekülsel soğurulması ve spektroskopi çalışmalarını giderek daha fazla heyecan verici buluyor, diğer yandan

radar projesinin başarısızlığa mahkûm olduğu konusunda giderek daha fazla kaygı duyuyordum. Belki bir yandan da, ordunun daha önce geliştirdiğimiz uzun dalga boyundaki radarları kullanmaması nedeniyle, sonucun gerçekten olumsuz olmasını istiyordum.

Kuramsal olarak, bir gazın basıncı düştükçe ve moleküller arası çarpışmalar azaldıkça soğurma çizgilerinin giderek incelmesi gerektiğini göstermek mümkündür. Biz de bu aralıkta sinyaller üreten radar osilatörleri üzerinde çalışıyorduk ve tam bu noktada, seyreltilmiş gazları kullanarak çok hassas spektroskopik ölçümler yapılabileceğini fark ettim. Bu konunun, savaş biter bitmez üzerinde çalışmak isteyeceğim bir şey olduğunu düşündüm. Radarlar üzerine yürütülen uygulamaya dönük çalışmalar, yepyeni bir fizik dalını başlatabilirdi!

Bu arada, havanın çok nemli olduğu Pasifik'te işe yaramayacak bir radar için paranın ve zamanın boş yere harcandığı konusunda giderek daha çok ikna olmuştum. Üstelik yalnızca Pasifik tarafında düşmanımız kalmış olacaktı, çünkü bu dönemde Avrupa'da savaş bizim için iyi gidiyordu. Bell Laboratuvarları'nda, orduda ve Washington'da çalışanlara, su buharı tarafından soğurulma konusundaki kaygılarımı anlattım. Washington'da birisinin bana sonunda şöyle dediğini hatırlıyorum: "Biliyorsun, haklı olabilirsin ama artık kararımızı verdik ve şu aşamada duramayız. Bu nedenle artık rahatlayabilirsin." Sonunda radarı tamamladılar ama çalışmadı. Işın birkaç kilometre gidip sönüyordu, çünkü su buharı tarafından soğuruluyordu. Üzerinde çalıştığım radar sistemi çöpe gitmişti. Bir başka başarısızlık, yine bana büyük fayda sağlamıştı. Radar ve mikrodalga üzerinde sürdürdüğüm yoğun çalışma, molekül spektroskopisini kariyerimin odak noktası yapacaktı.

Radar güdümlü uçan bombardıman sistemleri üzerine Florida'da yürüttüğüm çalışmalar bilimsel kariyerime dolaylı bir şekilde katkı sağlamıştı. Bu, bir tür boş vakit uğraşı şeklinde ortaya çıktı. Florida'da hava kötü olduğunda veya bir nedenden ötürü test uçakları uçamadığında, fizik üzerine düşünmek için vaktim oluyordu. Bell Laboratuvarları'ndan Karl Jansky'nin, uzayın her yönünden geldiğini tespit etti-

ği radyo dalgaları, öğrencilik yıllarımdan beri beni büyüler dururdu. Garip bir şekilde, astronomlar bu dalgalara pek önem vermemişlerdi. Ancak benim için bu oldukça ilginç bir problemdi ve bizzat radyo dalgalarıyla uğraşıyordum. Bir şey, kimsenin henüz anlamadığı bir olay, bu dalgaları Dünya'dan çok uzak bir yerlerde üretiyor ve bildiğimiz tüm uzayı dolduruyordu. Radar projem askıya aldığında bu ilginç ve göz ardı edilmiş problem üzerine kafa yormak, bana zamanımı fizik için kullanmanın ideal bir yolu olarak görünmüştü.

Bu dalgaların sebebi olabilecek bir mekanizma buldum: Galaksiler arası uzayda, iyonize olmuş gazlardaki termal enerji nedeniyle, elektronların birbirleriyle ve protonlarla çarpışmaları bunun sebebi olabilirdi. Bu tür çarpışmalardan ortaya çıkan ışımaya yönelik kuramsal çalışmayı tamamlayıp arkadaşlarımla paylaşmaya başlayınca, içlerinden biri, Hollandalı fizikçi Hendrik Kramers'in yüksek enerjili elektronların çekirdekle çarpışması sonucu X ışınları oluşmasını, çok benzer bir mekanizmayla açıklayan bir yazısını bulup getirdi. Yani uygun kuram üzerinde çalışılmış, ancak bu probleme uygulanmamıştı. Ben de, Amerikalı astronomlar Louis Henyey ve Philip Keenan'ın, bu mekanizmayı bir miktar hatalı bir kuramla kullandıkları bir çalışmaya ulaştım. Çalışmalarında Kramers'in X ışınları çalışmasından gelen doğru formülleri atlamışlardı. Bu tür hatalar, popüler alanların dışında ve göz ardı edilmiş konulardaki çalışmalarda alışılmadık değildir. Hatayı gideren doğru formülleri ve bunların astronomiye uygulanması olduğuna inandığım düşüncelerimi anlatan bir yayın yapmaktan keyif almıştım. Bu konu üzerine olan diğer yayınlar gibi benim yayınım da oldukça az ilgi çekti. Bu dalgaları üretebilecek başka bir mekanizmayı, yani manyetik alanların yüklü parçacıkları eğri, spiral rotalar üzerinde hareket etmeye zorlayan ve onların radyo dalgaları salımına sebep olan sinkrotron işlemini gözden kaçırmıştım. (Bu mekanizma daha sonra Rus fizikçiler I. S. Shklovskii ve V. L. Ginzburg tarafından açıklandı.) Ama yayınım temel olarak doğru bir açıklamaydı.

Bell Laboratuvarları, uzaydan gelen bu dalgaların incelenmesini planlamak için özellikle uygun bir yerdi. Bunların

Bell Laboratuvarları çalışanları tarafından keşfedilmiş olmasına ek olarak ben de radarlarla, yeryüzündeki en gelişmiş radyo alıcılarıyla uğraşıyordum. Savaş biter bitmez, hem molekül spektroskopisi hem de radyo dalgalarının astrofiziği üzerinde çalışmayı kafaya koydum.

1945'te savaş dinmeye başladığında Frances'le beraber batıya bir yolculuk yaptık. Bell Laboratuvarları'ndaki işi kabul etmem konusunda beni ikna eden ve kendisine çok güvendiğim Caltech'teki profesörüm Ike Bowen'ı görmeye gittim. Kendisi, Millikan'la çalışmıştı, optik ve spektroskopide uzmandı ve o dönem, Wilson Dağı Palomar Gözlemevleri yöneticisi olan, önde gelen bir astrofizikçiydi. Radyo dalgalarının ilk olarak uygulanabileceği önemli şeyler hakkında tavsiye almak için ona gittim. Ofisinde buluştuk. Astronomiyi, radyo dalgalarına doğru genişletme yönündeki umutlarımın ana hatlarını anlattım; beni dinledi ve şöyle dedi: "Bunu söylediğim için üzgünüm ama radyo dalgalarının bize astronomiyle ilgili herhangi bir bilgiyi verebileceğini hiç sanmıyorum. Bu dalgalar çok uzun, yönelimleri çok düşük. Bize gerçekten herhangi bir bilgi veremezler."

İçgüdüsel olarak onun yanıldığını hissettim. Radyo dalgalarının yeni bir araç olduğunu ve doğru bir şekilde yorumlandıklarında, astronomik kaynakları hakkında bilgiler verebilecekleri konusunda kendimi emin hissettim. Bowen'ın yorumları herhangi bir bilim kolunda sıkça görülen bir durumun örneğiydi. Olgunluğa erişmiş alanlarda çalışanlar, muhafazakâr davranma eğilimindedirler, özellikle de alanları dışında çalışanlara karşı. Birer uzman olarak çalıştıkları alanı çok iyi anladıkları hissindedirler ve genellikle dışarıdan yorum yapanları pek ciddiye almazlar. Ek olarak, kendi uzmanlık alanları dışından gelen yeni önerilerin arkasındaki fikirler ve teknolojiler hakkındaki görüşleri bir ölçüde kısıtlıdır.

Birleşik Devletler, radyo astronomi alanındaki başlangıç döneminin gelişmelerini maalesef kaçırdı. Bunlar, büyük oranda radar konusunda çalışanlar sayesinde İngiltere ve Avustralya'da ortaya çıktı. Hollanda'daki astronomların yoğun ilgisi nedeniyle burada da gelişmesini sürdürdü. Sonuç olarak, biraz Bowen'ın bana söylediklerine bağlı olarak,

radyo astronomi ve astrofizik yönündeki planlarımı askıya aldım. Mikrodalga spektroskopi ve astrofizik arasında bir seçim yapmam gerekiyordu. Spektroskopi hakkında daha çok şey bildiğimi düşündüm ve seçtiğim yön bu oldu.

Laboratuvar yönetiminden fiziğe dönmem için izin vermelerini istedim. Bu, pek de kolay olmadı. Önce, savaş bittikten sonra bir altı ay kadar daha kalıp radar işini tamamlamam gerekti. Amirlerim, projeden ayrılmadan önce yerime geçecek birini bulmam konusunda ısrar ettiler. Ben de Caltech'ten veranda arkadaşım Howland Bailey'ı buldum.

Fiziğe dönme konusundaki kararlılığımın takdirle karşılandığını söyleyemem. Bir arkadaşım, başkan yardımcılarından birinin benim için, "fiziğe dönmemesi gerekecek kadar iyi seviyede bir mühendis haline geldiğimi düşündüğünü" söyledi. O zamanlar fizik bölümü başkanı olan, daha sonra da Bell Laboratuvarları'nın başına geçecek olan Jim Fisk, bana açıkça şöyle söyledi: "Pek çok kişinin canını sıktın, çünkü ne yapmak istediğini söyleyip duruyorsun. Halbuki şirket için neyin iyi oluğunu söylüyor olman gerekirdi." Bell Laboratuvarları olağanüstü bir kuruluştu, ancak sanayiye geçmek istemeyişimin sebebi, tam da bu türlü baskılardı. Doğal olarak yapmak istediklerimin şirket için iyi olacağını öne sürdüm. Moleküllere dair temel fiziğin, gelişmiş iletişim sistemlerinin üretimiyle yakından ilgili olabileceğini belirttim. Bu yanlış değildi, ancak işin doğrusu, fizikle uğraşmak isteyişimin asıl sebebi, sadece fizikle uğraşmak istememdi. Bana ilginç gelen ve temel keşif sürecinin bir parçası olan şeyleri yapmak istiyordum ve eğer bunları Bell Laboratuvarları'nda yapamayacaksam sonunda başka bir yerlere gitmem gerekecekti.

1946'da mikrodalga spektroskopisine yönelmemin sebeplerini açıklayan bir raporu Bell Laboratuvarları'na sundum. Raporun ilk paragrafı şöyleydi:

> Mikrodalga radyo teknolojisi, artık çok kısa dalga boylarını da içine alacak kadar genişlemiştir. Bu yeni bölge, molekül rezonansları açısından zengindir. Bu nedenle kuantum mekaniği kuramı ve spektroskopik çalışmalar mikrodalga radyo mühendisliğine fayda sağlayabilir.
>
> Gelecekteki sistemlerde, 1 santimden kısa dalga boy-

> larında çalışacak kimi devre elemanlarının üretiminde, bu dalga boyunda rezonansa giren moleküller faydalı olabilir. Geleneksel devre elemanlarının, çok kısa dalga boyları için üretimi sırasında karşılaşılan pek çok zorluk, doğanın sunduğu bu molekül rezonansları elemanlarının daha fazla kullanılmasıyla ortadan kaldırılabilir. Üstelik bu yaklaşım, molekül yapısının kendinden kaynaklanan tekrarlanabilirlik avantajını da beraberinde getirecektir.

Rapor, mikrodalga spektroskopisinin ve molekül rezonanslarının, sinyal algılama, faz ve kayıp kontrolü gibi amaçlarla kullanım olanaklarını sıralayarak devam ediyordu. Düşük basınçlarda, çizgi-genişliğinin son derece dar olması gerektiğine dair fikirlerimle sürüyordu. Rapor, bunlara ek olarak 1,25 santimetrelik amonyak çizgisinin olağanüstü hassas bir frekans standardına temel olabileceği yönündeki önerimi de içeriyordu. Bugün bu uygulamaya atom saati adını veriyoruz.

Raporumdaki hiçbir şey maserleri veya laserleri öngörmüyordu. Hatta çok dikkatli bir şekilde, termodinamiğin ikinci yasası uyarınca, moleküller aracılığıyla çok güçlü kısa dalgaların üretilmesinin pratik olmayacağını, çünkü makul seviyelerdeki bir ışıma gücünün (malzemeyi bir lamba gibi ışıldatacak kadar) yüksek sıcaklıklar gerektireceğini, bunun sonucu olarak da moleküllerin bozulup atomlarına ayrışacaklarını not düşmüştüm. Bununla beraber, mikrodalga spektroskopisinin fayda sağlayabileceği olası durumları sıralamıştım. Bunlar, laboratuvar yönetimini, bu konuda çalışmaya devam etmem için ikna etmeye yetmişti, ancak amirlerim uzun dönemde, bu alanda çalışacak ikinci bir fizikçiyi işe alacak kadar ikna olmamıştı. Yalnızca bir veya iki teknisyene evet demişlerdi.

Molekül spektroskopisiyle uğraşmaya başladığımda ortaya çıktı ki, savaş döneminden arta kalan radar düzeneklerini, temel araştırmalarda kullanmak amacında olan yalnız ben değildim. Diğer laboratuvarlar da magnetronlar, klystronlar (pratik mikrodalga üreteçleri) ve pek çok dalga kılavuzu malzemeleri edinmişti. Bunların çoğu, kelepir fiyatına alınabilen savaştan artan malzemeydi. Aşağı New York'taki bir işportacıdan birkaç klystron satın aldım. Durdurulan 1,25 santimet-

re radarı projesi aslında, savaşın hemen ardından mikrodalga araştırmalarına bol miktarda malzeme sağlayarak, bu konudaki çalışmalara önemli katkıda bulundu. Bu yüzden belki de, Bell Laboratuvarları'nın 1,25 santimetre radarını yapma konusunda gösterdiği inatçılık için minnettar olmalıyım.

Düzenekleri spektroskopi çalışmalarına uyarlamak pek vakit almadı. Çok düşük basınçlarda, çizginin daralması konusundaki tahmin doğru çıktı. Ancak sürprizlerle de karşılaştım. Amonyak molekülünün tersyüz olması sonucunda oluşan çizgi, eldeki kuramla uyuşmayan bir şekilde birkaç çizgiye bölünüyordu. Ek olarak bu çizgiler de nitrojen çekirdeklerinin çeşitli yönelimlerine bağlı olarak çok ince çizgilere ayrılıyordu. Bunlar incelenmeye değer, heyecan verici ve kolay bir açıklaması olmayan gözlemlerdi. Bu nedenle ben de amonyak moleküllerinin farklı bölümlerinin birbirleriyle etkileşebileceği tüm yakın olasılıkları, dışarıdan gelen etkiler sonucu oluşabilecek bozulmaları ve bunların sonucunda amonyağın, mikrodalgaları soğurduğu frekanslarda ortaya çıkabilecek değişimleri incelemek zorunda kaldım. Molekülün davranışındaki farklılıklar, ölçülen çizgilerde farklı şekillerin gözlenmesine yol açıyordu. Çizgilerdeki bu çeşitlilik, bulmayı beklediğimden çok daha zengindi.

Ters dönmeye, yani moleküllerin tersyüz olmasına dair kuramı, amonyak molekülünün davranışını açıklayabilecek şekilde geliştirmeyi başardım. Ek olarak, çizgi genişlemelerine dair Van Vleck-Weisskopf kuramının genel hatlarını ispatlamayı başardım. Bu konudaki ilk makalem, gönderilecek evrak kutusunda postalanmaya ve yayımlanmaya hazır bir şekilde dururken, Oxford Üniversitesi'nden bir metin geldi. Metin, yine savaş sırasında 1,25 santimetre radarıyla uğraşmış olan Brebis Bleaney'den geliyordu. Amonyağın basıncını bizim kadar düşürmemişti, ancak yine de çizgi daralmasını gözlemlemişti. Çoklu çizgileri de kabaca gözlemleyebilmişti. Böylece ikimiz ve bize kısa süre sonra bağımsız bir şekilde yürüttüğü çalışmalarla katılan, Westinghouse Elektrik Şirketi'nden William Good, mikrodalga spektroskopisi alanının doğmasını sağladık. Ancak, Bleaney makalesini önce yazmış olduğu için kendiminkini geri çektim. Bunun yerine

yapı ve kuram üzerinde daha fazla çalışarak, daha kapsamlı bir yayın haline getirdikten sonra gönderdim.

Yıllar sonra bu hareketimin ve zamanlamamın hüzünlü bir sonucu olacaktı. Bleaney çok geçmeden bu alandan ayrıldı ancak ben çalışmaya devam ettim. Önemli ve faydalı yeni bir fizik dalı haline gelirken, bu alanın çeşitli yönlerini geliştirdim. Çok sonraları birgün, Nobel heyetinin bir üyesi beni Columbia Üniversitesi'nde ziyaret ederek, bana mikrodalga spektroskopisinin tarihçesini sordu. Bleaney'in ilk makaleyi yayımladığını ve bu makaleden kendiminkini yayımlamadan önce haberdar olduğumu söyledim. Bir fizikçi arkadaşım, bunun çok talihsizce olduğunu, çünkü Nobel heyetinin, bu alan için bir Nobel Ödülü'nü değerlendirmekte olduğunu söyledi. Belki de, bu alanın doğmasını sağlayan kişi net bir biçimde ben olmadığım için ve Bleaney de daha fazla çalışma yapmadığı için, bu alan ödüle uygun bulunmadı. Bu nedenle fiziğe önemli katkıda bulunmuş olan Bleaney adına hep üzülmüşümdür. Benimse başka bir şansım daha olacaktı.

Kendimi, moleküllerin kesin yapısının tespiti, spinleri ve çekirdeğin kuatrupol momentleri konusundaki çalışmalara verdim. Bu saydıklarımdan sonuncusu, çekirdeğin şekliyle ilgilidir. Çekirdeklerin şekli, molekül çizgilerinde çok ince ayrışmalara sebep olur. Çünkü eğer çekirdekler küresel değilse, bunların molekül içerisindeki farklı yönelimleri, az miktarda farklılık gösteren enerjilere ve frekanslara sebep olur. Eğer kuatrupolün spektral yapısı hakkında etraflıca düşünülürse, çekirdeğin şekli ve böylece yapısı hakkında çıkarımlarda bulunmak mümkündür.

Savaş sırasında, magnetron çalışmalarının yürütüldüğü Columbia Üniversitesi'yle, radar çalışmalarının yapıldığı Bell Laboratuvarları arasında kayda değer bir etkileşim olmuştu. Savaştan sonra Columbia'daki çalışmaları takip etmeyi sürdürdüm. Üniversite yakındaydı ve oradaki fizikçilerin bazıları, hassas spektroskopi ve çekirdeğin yapısı hakkındaki merakımı paylaşıyordu. 1947'de, New York Long Island'daki Brookhaven Ulusal Laboratuvarları'nda düzenlenen kuatrupol momentleri hakkındaki bir konferansa katılışımı çok net hatırlıyorum. I. I. Rabi ve kısa bir süre önce Harvard'a geçmiş olan Norman

Ramsey, birer konuşma yapmışlardı. Küresel olmayan (kuatrupol momentleri olan) çekirdeklerin enerji seviyelerindeki farklılıklarda, kimyasal bağların etkileri üzerine fikirlerimi anlattıktan sonra, Rabi ayağa kalkıp şöyle dedi: "Charlie, bize çok güzel bir resim sunuyorsun, ancak bunun hiçbir bilimsel yanı yok. Bunun için hiçbir bilimsel dayanak yok."

Ona, hangi noktalara itiraz ettiğini sorduğumda bocaladı. Molekül özelliklerine dair bilgilerden haberdar olmadığı açıktı. Bu olay, Bell Laboratuvarları'ndaki haftalık yuvarlak masa toplantılarının önemini gösteriyordu. Wooldridge, Shockley ve ben, gruptaki diğer üyelerle beraber Linus Pauling'in molekül bağları hakkındaki kitabını çalışmıştık ve bu nedenle her tür itirazına cevap verebileceğim konusunda kendimden emindim.

Rabi o sabah hiç yumuşamadı. Konuyu kapatıp uzaklaştı. Ama öğleden sonra hep beraber yüzmeye sahile gittik. Rabi yanıma yaklaşıp, Columbia'da çalışmak isteyip istemeyeceğimi sordu. Birinci sınıf bir üniversitede çalışmak için karşıma çıkan ilk fırsattı bu! Kararımı vermem pek uzun sürmedi. Columbia'ya taşınmadan önce Bell Laboratuvarları, başlatmış olduğum araştırmaları tamamlayabilmem için bana yeterli süreyi verme cömertliğini gösterdi.

4

COLUMBIA'DAN FRANKLIN PARKI'NA VE SONRASI

1 Ocak 1948'de Columbia Üniversitesi Fizik Bölümü'ne, Bell Laboratuvarları'nda aldığımdan biraz daha düşük olan, yıllık 6.000 dolar maaşla doçent olarak geçtim. O vakit ikinci kızımız Ellen doğmuş olmakla beraber, bu maaşla New York City'de geçinebileceğimizi düşünüyorduk.

Bölüm, savaşın getirdiği duraklamadan sonra tekrar toparlanmakla meşguldü. Akademik kadronun bir kısmı dönmüş, bir kısmı ayrılmıştı. Ben, Norman Ramsey'in Harvard'a gitmesiyle boşalan kadroya geçtim. Bunu sonucu olarak, ilgi konusu, kendiminkiyle mükemmel bir şekilde örtüşen bir ekip bulmuş oldum.

Bölüm, Berkeley gibi üniversitelerinki kadar geniş bir fizik bölümü değildi, ancak birinci sınıftı. Üyesi olmaktan mutluluk duyuyordum. Rabi, hem bölümün hem de savaş sırasında mikrodalga üretim merkezi olarak kurulmuş Columbia Işıma Laboratuvarı'nın başkanı olarak en üst düzey kişiydi. Rabi'nin, molekül ve atom ışınları üzerine araştırmalarını da yürüttüğü Işıma Laboratuvarı'nın temel çalışma alanı olarak, tekrar temel fiziğe dönüşünden kısa bir süre sonra ekibe katılmıştım. Polykarp Kusch, Rabi'nin yöntemlerine benzer şekilde atom ve çekirdeklerin manyetik momentleri üzerine çalışıyordu. Willis Lamb hidrojen atomunun enerji seviyelerini araştırıyordu (bu, benim de çalışmayı düşündüğüm ancak Lamb'ın daha önce davrandığı bir konuydu). Bill Nierenberg isminde bir öğrenci, benim çalışmalarıma yakın bir şekilde, atom çekirdeklerinin spektroskopisi üzerine mükemmel bir

tezi yeni tamamlamıştı.

Columbia fizik bölümündeki o dönem, o zamanlar fark edebildiğimden çok daha fazla önemliydi. Geldiğimde bildiğim tek şey, bölümün ilginç göründüğüydü. Ortam, benim için hem teşvik edici hem de konforluydu. O dönemde Columbia'da bulunan bilimcilerin muazzam verimliliğini bütünüyle ancak şimdi algılayabiliyorum.

Bölümün tamzamanlı bir üyesi olarak bulunduğum 12 yıl boyunca Rabi, Kush, ve Lamb'a ek olarak, diğer profesörler T. D. Lee, Steve Weinberg, Leon Lederman, Jack Steinberger, Jim Rainwater ve Hideki Yukawa, birer Nobel Ödülü alacaklardı. Geldiğim dönemde yalnızca Rabi, meşhur bir isimdi. Bu dönemdeki öğrencilerin arasında Leon Cooper, Mel Schwartz, Val Fitch, Martin Perl ve 1965'te (Robert Wilson'la beraber) kozmik arka plan ışımasını (CBR), yani büyük patlamadan kalan fotonları keşfeden doktora öğrencim Arno Penzias bulunuyordu. Tüm bu isimler Nobel Ödülü kazandılar. Hans Bethe ve Murray GellMann Nobel Ödülü kazanmadan önce, misafir profesör olarak görev yaptılar. Ek olarak genç doktora sonrası araştırmacıları Aage Bohr, Carlo Rubbia, ve benim araştırma yardımcım ve yakın ilişkim olan Arthur Schawlow şimdi birer Nobel Ödülü sahibidirler.

Eğer bir kuramcı olsaydım o sıralarda –32 yaşında– belki de en iyi çalışmalarımın önemli bir kısmını tamamlamış olmam beklenirdi. Yaygın inanca göre kuramcılar 20'li yaşlarda zirve dönemlerini yaşarlar. Deneyciler ise güçlerini uzun süre devam ettirebilirler. Cihazlarda ustalaşmak vakit alır ve deneyim fark yaratır. Savaş sırasında seçtiğim yol bana elektronikle, klystron ve magnetron gibi elektromanyetik jeneratörlerle ve pratik mühendislikle ilgili zengin ve önemli bir deneyim kazandırmıştı.

İlgi alanlarımda ani bir değişiklik olmadı. Değişen tek şey laboratuvarımın yeriydi. Buna ek olarak öğrencilerle ve konumla ilgilenen bir grup kıdemli fizikçiyle etkileşim imkânım vardı. Bell Laboratuvarları'nda yürüttüğüm temel fizik çalışmaları, her ne kadar endüstriyel uygulamalar ve askerî işlerle ilgili olsa da, Columbia'da ne yapmak istediğime dair bana iyi bir fikir vermişti. Mikrodalga spektroskopiy-

le yapılabilecek olan çalışmaların çeşitliliğinden son derece etkilenmiştim. Bu çalışmaların arasında molekül yapılarının yüksek hassasiyetle incelenmesi, çekirdeğin temel yapısının araştırılması ve zaman ölçümlerinin iyileştirilmesi bulunuyordu. Ek olarak, mikrodalgalar ve radyo spektroskopi, maddenin elektromanyetik dalgalarla etkileşimi konusunda yeni kuramsal bilgiler veriyordu.

Ekipmanları bulmak ve ekibi kurmak problem değildi. Bugünlerde işe yeni alınan bir üst düzey akademisyenin, genellikle beraberinde araştırma programı için kaynaklar getirmesi ve zaman ilerledikçe yenilerini bulması beklenir. Bu da sıklıkla kamu kaynaklarından faydalanabilmek için proje başvurularının hazırlanması anlamına gelir. Bugünkü rekabete dayanan sistemin kendine göre avantajları var, ancak ödeneklerden faydalanabilmek için proje başvuruları hazırlamak, laboratuvar çalışmalarından zaman ve enerji çalar.

Columbia Işıma Laboratuvarı, bu duruma zıt olarak, Genel Kurmay'dan paket halinde sağlanmış sabit bir ödeneğe sahipti. Ödeneğin kökeni, Silahlı Kuvvetlerin savaş zamanındaki radara olan ilgisine uzanıyordu. Columbia'nın radarla ilgili magnetron projesi, radyo dalgaları ve mikrodalga alanlarında geniş uygulama bulan fizik araştırmalarına olanak sağlamıştı. Rabi bu ödeneğin kolayca nasıl sağlandığını şöyle anlatmıştı: Savaşın bitişinden kısa bir süre sonra bir ordu görevlisi gelmiş ve magnetron çalışmasıyla ilgili envanteri alıp "Bu laboratuvarı işletmeye devam etmek ve fizik çalışmaları yapmak ister misiniz?" diye sormuş ve "Bunun için size biraz ödenek ayırabiliriz. Yılda yarım milyon dolar kadar olabilir" demiş. Bu cömert tekliften Rabi o derece etkilenmiş ki, onlara yarım milyon doların çok fazla olduğunu söylemiş. Onlar da itaatkâr bir şekilde ödeneğin bir kısmını kesmişler!

Savaştan hemen sonraki dönemde benzer şeyler ülkenin dört köşesinde yaşanıyordu. Yale'den Alan Waterman'ın idaresi altındaki Donanma Araştırma Ofisi, temel bilimler için hükümet ödeneklerinin en geniş kaynağıydı ve ABD üniversitelerindeki araştırmalar için büyük önem taşıyordu. Waterman ve savaş dönemindeki araştırmaların organizatörlerinden, MIT'den Vannevar Bush, bir grup insanla beraber

ortak bir görüşü paylaşıyordu. Bu görüşe göre sağlam bir bilimsel yapı ulusun geleceği için çok önemliydi. Özellikle de Silahlı Kuvvetler için önemliydi ve bu nedenle bu tür ödenekler yerinde görülüyordu. Sonuç ise, üniversite araştırmalarına yönelik cömert, açık ve verimli bir destek dönemi ve pek çok olumlu gelişmeydi.

Askerî ödenekler başlangıçta harcamalar konusunda ciddi bir özgürlük veriyordu. Sistem giderek daha küçük ve katı bir hale geldi. Bunun kısmen sebebi, Bush'un verdiği ilhamla hükümetin Ulusal Bilim Vakfı'nı (National Science Foundation, NSF) kurmasıydı. Waterman'ın bu kuruluşun başına geçmesi son derece doğal karşılanmıştı. Bu olaydan sonra, Silahlı Kuvvetler temel bilimlere yönelik desteğini azaltabilecek konuma geçti ve azalttı da. Bununla da kalmayıp, askerî ödeneklerin bütçelenebilirliğini ve ulaşılması gereken kesin hedefleri belirleyen kurallar ortaya çıktı. Pek çok üniversite, askerî destekli çalışmaları giderek daha kısıtlayıcı bulmaya ve Vietnam Savaşı sırasında, getirisinden daha fazla politik götürüsü olan çalışmalar olarak görmeye başladı. Yine de II. Dünya Savaşı'ndan sonraki ilk on küsür yıl boyunca, Pentagon'un parasıyla sivil bir şekilde çalışma konusunda çok az kişi rahatsızlık duymuştu ve bu tür bir destek ülkenin bilimine çok önemli bir katkı sağladı.

Benzer bir şekilde, savaş dönemindeki Manhattan Projesi ve radar çalışmalarının önemi 40'ların sonunda ve 50'lerde halkın anılarında hâlâ tazeydi. Bu da fizikçilere ciddi bir sosyal prestij sağlıyordu. Halbuki savaştan önceki yıllarda halkın çoğu, fizikçiler ve fizik hakkında fikir sahibi değildi. Birden bire fiziğin etrafında bir hale oluşuverdi. Fizikçiler yemek davetlerinde gözde birer konuk oldular (Nükleer tehlikelerin vebali, fizikçilerin boynuna sonraki yıllarda, özellikle 60'lar ve sonrasında, kamuoyunun görüşü değiştiğinde ağır bir şekilde binecekti.)

Bu sırada biz de, iki kızımız Linda ve Ellen'la beraber, 120. Sokak ile Morningside Heights'ın köşesindeki bir daireye yerleşmiştik. Ben Columbia'da çalışırken Carla ve Holly adında iki kızımız daha oldu. Frances'in, büyük şehirde çocuk yetiştirmenin getirdiği ekstra dikkat ve çabaya dair kaygısını

paylaşıyordum. Ancak bunun dışında Columbia, tam da aradığım zengin, entelektüel ve heyecan verici sorularla dolu ortamı sağlıyordu. Haftalık akademik sohbetlerle; öğretim üyeleri, konuk akademisyenler ve hevesli öğrenciler tarafından verilen sunumlarla Columbia mükemmel bir ortamdı. Dördüncü kızımız Holly doğmadan önce Bronx'un Spuyten Duyvil bölgesinde güzel bir bahçesi olan müstakil bir eve taşındık.

Fizik bölümünün bulunduğu Pupin binasının onuncu katındaki ofisinden tüm Columbia kampüsü ve uzakta Empire State binası görünüyordu. Geldiğimde tozlu büyük bir oda olarak bulduğum laboratuvarım, ofisimin bir üst katındaydı. Başlangıçta, adam boyunda, kocaman metal bir kutu dışında laboratuvarımda hiçbir şey yoktu. Kutunun içerisinden tamamen şans eseri olarak Bell Laboratuvarları yıllarımla bağlantılı şeyler çıkmıştı. Kutuda, Columbia fizikçilerinin su buharının, 1,25 santimetre radarının dalgalarını soğurmasını incelemek için kullandıkları düzenekler vardı. Daha önce de bahsettiğim gibi bu dalgalar rutubetli havalarda pek uzağa gidemiyordu.

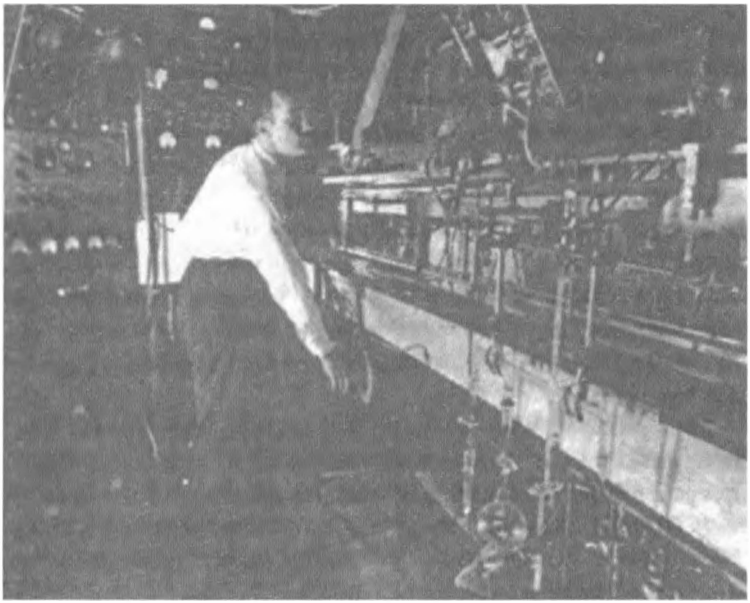
Öncelikli hedefim, giderek kısalan dalga boylarını kullanarak mikrodalga spektroskopisi çalışmalarını genişletmekti. Bu bana, daha fazla molekülü ek olarak da çekirdeklerin şekillerini, kütlelerini ve spinlerini inceleme imkânı verecekti. Bell Laboratuvarları'ndaki ilk yıllarımda, verimli olacak bir çalışma yapıp yapmadığımı sorgulayan fizikçilerle karşılaşmıştım. Amonyak spektrumu her ne kadar iyi sonuçlar vermişse de meslektaşlarımın birçoğu, bunun sıra dışı bir yapı olduğunu ve bu nedenle belki de verimli bir şekilde üzerinde çalışılabilecek tek molekül olduğunu düşünüyordu. Temel olarak, diğer moleküllerin de incelenmesine olanak verebilecek hassasiyette tekniklerin bulunabileceğinden şüphe ediyorlardı. Rabi de sürekli olarak, çekirdek momentlerinin ve şekillerinin molekül spektrumuna olan etkileri üzerine geliştirdiğim kuramsal açıklamalarımdan duyduğu şüpheyi vurgulayıp duruyordu.

Bununla beraber, Columbia'ya geçmemden önceki dönemde, mikrodalga spektroskopisinde önemli gelişmeler olmuştu. Berkeley ve Harvard'daki kimya bölümleriyle MIT, Duke ve Oxford üniversiteleri fizik bölümleri önemli sonuçlar

elde etmeye başlamıştı. Çalışmalar, Bell Laboratuvarları'ndaki faaliyetlerime ek olarak General Electric, Westinghouse ve Radio Corporation of America (RCA) gibi sanayi kuruluşlarında da sürdürülüyordu. Birkaç yıl içerisinde pek çok gaza dair spektrumları bulmayı başardık. Bunların arasında organik moleküller, diatomik moleküller, yüksek sıcaklıklarda gaz haline geçen tuz çeşitleriyle OH (tek hidrojeni kopmuş su molekülü) serbest radikali de vardı. Harvard kimyagerlerinden Bright Wilson'ın önerdiği bir fikir, ölçüm hassasiyetlerinde önemli bir gelişme sağladı. Savaştan arta kalan klystron ve magnetronları kullanarak farklı çekirdeklerin kütleleri, spinleri ve şekillerini (*quadrupole* momentlerini) belirlememizi sağlayan yeni ve ilginç spektrumlar ile molekül yapıları, dipole momentler ve molekül-elektrik alanı etkileşimleri hakkında ayrıntılı bilgi veren yöntemler bulduk.

Bu dönemde araştırmalarım, soyut bir arkadaşlığın giderek güçlenmesini sağlıyordu. Kendisini çalışmalarına vakfeden her bilimci, alanının problemleri, konuları ve cihazlarına yönelik derin bir yakınlık duygusu beslemeye başlar. Ben de bir miktar Caltech'te başlayan, Bell Laboratuvarları'nda giderek artan ve özellikle Columbia'da güçlenen bir şekilde, moleküllere aşina olmuş ve hayranlık beslemeye başlamıştım. Moleküllerin enerjiyi nasıl soğurdukları ve tekrar saldıkları, hareketleri, elektronlarının ve çekirdeklerinin davranışları gibi tüm şeyler, her ne kadar hiç kimse tarafından gözlenememiş olsa da, benim için gerçeklik kazanmış ve kolayca gözümde canlandırabildiğim bir hal almıştı. Bir molekülün, belirli durumlarda nasıl davranacağını bulmaya çalıştığımda sanki huyunu suyunu çok iyi bildiğim bir dostumun nasıl davranacağını tahmin etmeye çalışıyormuşum gibi oluyordu. Amonyak, elbette ki, gözdemdi. Tek bir azot ve etrafındaki üç hidrojen atomundan oluşan basit yapısıyla amonyak, kariyerimin pek çok önemli noktasında yer alıyor. Bu tanıdık molekül, maserlerin içinde, atom saatlerinin ana yapısında, Dünya'dan çok uzaktaki yıldızlar arası bulutlarda ve bazı yıldızların atmosferinde karşıma çıktı.

Bu molekül dostum, Columbia'da çok verimli geçen ilk yıllarımda da öne çıkmıştı. Bunun bir sebebi, amonyağın mikrodalgalarla güçlü etkileşimiydi. Diğer sebebi ise, azot



Resim 5: Moleküllerin mikrodalga spektrumlarını ölçmeyi sağlayan, Columbia Üniversitesi'ndeki öğrencilerimle beraber inşa ettiğimiz düzenek, 1949.

ve hidrojen çekirdeklerinin etkisi altında, molekülün ters-yüz olma yeteneğinin (tıpkı güçlü bir rüzgârda ters dönen şemsiye gibi) yeni kuramsal açıklamalar ve hassas ölçümler gerektiren sonuçlar vermesiydi.

Kusursuz bir ütopyada yaşadığım düşünülmesin. Faturaları hâlâ Silahlı Kuvvetler ödüyordu. Bu nedenle Pentagon'un magnetronlarla ilgili planlarıyla uyumlu şeyler yapmam konusunda örtülü telkinler alıyordum. Spektroskopiyi daha kısa dalga boylarına taşımak ve giderek daha karmaşık moleküllerle uğraşmak bu planlarla pek örtüşmüyordu. Rabi ve diğer öğretim üyeleri, magnetronlarla ilgili ufak da olsa bir şey yapmak isteyip istemediğimi soruyorlardı. Benim cevabımsa her zaman hayır oluyordu. Bu konudaki baskı hiçbir zaman artmamakla beraber varlığını hep sürdürdü. Benim için magnetron başlı başına ilgi çekici değil, sadece bir araçtı.

Silahlı Kuvvetlere veya araştırma odağımı değiştirmemi

isteyecek diğer kuruluşlara asla sırtımı çevirmiş değildim. Bu tür dış etkilerle araştırma tercihlerimde önemli değişiklikler yaptığımı düşünmüyorum. Ancak bu beklentiler ile kendi ilgi alanlarım arasında bir birliktelik kurmanın yollarını hep aradım. Diğer kuruluşların fikirlerini genellikle dinledim ama en sonunda benim için kıymetli olacağını düşündüğüm şeyleri yaptım.

Akademik dünyanın dışından yaptığımız işlere ilgi gösteren tek kurum, Silahlı Kuvvetler değildi. Özel sektörden de ilgi gösterenler oluyordu. Bunun alışılmadık bir örneği H. W. ("Hap") Schulz'du. Columbia'da öğrenciyken geçirdiği bir laboratuvar kazasında kör olmuş olan Schulz, Birleşik Karpit ve Karbon Şirketi'nde kimyager olarak çalışıyordu. Kuramla ilgileniyor, bilhassa da tepkimelerin kuramsal özelliklerini soyut olarak didik didik ediyordu.

1948 yılında birgün, Schulz bir öneriyle çıkageldi. Kendisi hakkında daha önceden herhangi bir bilgim yoktu, ancak çok geçmeden son derece parlak ve yaratıcı bir kişi olduğunu öğrendim. Bu ziyaret benim için son derece talihli olmuştu. Kızılaltı ışımayı kullanarak çok özel bazı molekül tepkimeleri oluşturma yönünde bir fikri vardı. Kızılaltı ışımaların dalga boyu, 1 milimetreden kısadır ve elektromanyetik spektrumda optik (görünür) ışıklar ile mikrodalgalar arasında yer alırlar. Schulz'un fark ettiği üzere, eğer kızılaltı ışımalar doğru bir şekilde seçilebilirse, molekülleri çok özel bir şekilde uyarabilirler ve bunu, başka herhangi bir değişikliğe yol açmadan yapabilirler. Bu şekilde moleküllerin enerjilerinin seçilerek değiştirilmesi, kimyasal tepkimeleri kontrol etmek için yeni yollar sağlayabilirdi. Prensip olarak bu çok çekici bir fikirdi. Ancak kızılaltı dalga boylarında işe yarayacak seviyelerde ışıma imkânları mevcut değildi. Schulz'un elinde, bilgili ve böyle bir ışıma sağlamayı denemeye niyetli bir bilimciye, Karpit ve Karbon Şirketi adına verebileceği 10.000 doları vardı. Bana bunu denememi önerdi. Hatta 10.000 dolarlık bir çek elinde duruyordu. Bu o zamanlar önemli bir miktardı. Benim durumumdaki bir akademisyenin bir yıllık kazancı ediyordu. Araştırmalara epey faydası olabilirdi. Ancak Schulz'a, kendi ilgi alanlarımın elbette 1 milimetreden daha kısa dalgalar üretmeyi içerdiğini,

ancak bunu yapabilmenin bir yolunu hızlıca düşünemediğimi söyledim. Parayı alıp, bu konu hakkında bir şeyler yapacağımı söylememin doğru olmayacağını açıkladım. Elimde, değerlendirmeye değer iyi bir fikir olduğunu hissetmeden, böyle bir konu üzerinde çabalamak için kendi çalışmalarımı aksatmak istemiyordum. Bunun üzerine Schulz gitti.

Birkaç gün sonra geri geldi. Başka laboratuvarları da ziyaret ettiğini ancak bu parayı her halükârda bana vermek istediğini, çünkü yaptığım şeylerin etkileyici olduğunu düşündüğünü ve hiç değilse paranın, kendi asıl hedeflerine uygun olarak kullanılacağını bildiğini söyledi.

Tek bir sorusu vardı. Bu tür bir bağışla ne yapardım? Benim için cevap son derece basitti. 5.000 dolarlık kısmıyla benimle çalışması için genç bir doktora sonrası araştırmacıya ödenek sağlar, geri kalan 5.000 dolarla da araştırma ekipmanı alırdım. Ama elbette, ilginç bulduğum şeyler ne ise onlar üzerine çalışmaya devam ederdim. Hayret verici bir şekilde Schulz bunu kabul etti. Parayı aldım ve Columbia'da bulunduğum süre boyunca bu ödenek her yıl yenilendi.

Karpit ve Karbon bursuyla gelen ilk doktora sonrası araştırmacım, genç bir Güney Afrikalı olan Jan Loubser'di. Oxfod'da mikrodalga konusunda üne kavuşmuş olan arkadaşım Brebis Bleaney'in yanında yetişmişti. Jan, magnetronun harmoniklerini,* molekül spektroskopisinde kullanma yöntemleri üzerine çalıştı. Sonraki yıl burs, hakkında oldukça iyi tavsiyeler verilen, Toronto Üniversitesi'nden genç bir optik spektroskopi uzmanına verildi. Adı Arthur Schawlow'du. Mikrodalgalar kullanılarak yaptığımız bu yeni tür spektroskopiyi öğrenmek için yanıma gelmişti. Art, kaydettiğimiz pek çok ilerlemede en büyük işbirlikçim oldu. Beraberce mikrodalga spektroskopisi üzerine eksiksiz bir metin yazdık. Kız kardeşimle evlenen Art böylece akrabam da oldu. Aynı zamanda, Schulz'un yoğun kızılaltı ışıma umutlarını gerçeğe çevire-

* Harmonik: Bir dalgayı kullanarak elde edilen ve bu dalganın dalga boyunun tam katlarında dalga boyu olan yeni dalgalar. Örneğin 532 nanometre dalga boyundaki yeşil ışık 1064 nanometre dalga boyundaki kızılaltı dalganın bir harmoniği olarak elde edilebilir. [—*çev. notu*]

cek ve bir devrime yol açacak süreçte –laserin keşfinde– en önemli rollerden birini üstlendi.

Laboratuvarımızı ziyaret edenler arasında, Silahlı Kuvvetlerin yılda birkaç kez gelen denetçileri de bulunuyordu. Neler yaptığımıza göz atmak için düzenli olarak uğrarlardı. Bu denetçilerden biri Donanmadan Yarbay Paul Johnson'du. Yarbay daha kısa dalga boylarında mikrodalgalarla ilgilendiğimi biliyordu. Bu nedenle bana, milimetre boyundaki dalgalar konusunda bir değerlendirme heyeti kurup, bu alandaki çalışmalara bir canlılık getirmek isteyip istemeyeceğimi sordu. Bu dalgalar, tipik olarak santimetre mertebesinde bulunan mikrodalgalardan biraz daha kısa dalgalardır.

O sıralarda Donanmanın milimetrelik dalgalarla ilgili açık bir hedefi yoktu. Johnson'un teklifi sadece, Donanma içerisinde bilimsel araştırmaların genel gidişatından haberdar olan birkaç kişinin, pratik teknolojilere imkân verebilecek faydalı konuların atlanmadığından emin olmak istediklerini gösteriyordu. Donanma ve genel olarak da Silahlı Kuvvetler, Amerika Birleşik Devletleri'nin, uygulamalarını fark edemediğimiz birtakım teknolojileri kullanan düşmanlar tarafından şaşkınlığa uğratılmasını istemiyordu. Bilime karşı takındıkları bu tutum, savaştan önceki dönemde, birtakım profesörlerin gelip, savaş işleriyle ilgili konularda tavsiyelerde bulunmasına şüpheyle baktıkları tavra tamamen tezattı. II. Dünya Savaşı sırasında yeni radarlar, atom bombaları, balistik füzeler, jet uçakları, elektronik kontrol ve iletişim nedeniyle Silahlı Kuvvetler bilime karşı bir daha asla kaybolmayacak bir saygı duymaya başlamıştı.

Ben bu sıralarda inatçı bir şekilde daha da kısa dalga boylarına ulaşmaya çalışıyordum. Bu dalgalar atom ve moleküllerle çok daha güçlü bir şekilde etkileştikleri için, önünde sonunda çok daha verimli bir spektroskopi imkânına kavuşacağımızdan emindim. Johnson'un milimetrelik dalgaların nasıl üretilebileceği ve kullanılabileceğini değerlendirmek için bir heyet kurma önerisi, kişisel ilgi alanlarımla çok iyi örtüşüyordu. Benden laboratuvarda yeni projeler yapmamı istemiyor, sadece hali hazırda zaten ilgi duyduğum bir alandaki potansiyeli incelemek üzere bir heyet toplamamı istiyor-

du. Bunu kabul ettim ve Donanma da Columbia'ya, bu işleri yürütmesi için ödenek sağladı.

1950 yılının başında bir yandan heyete uygun isimleri gözden geçirirken, bir yandan da MIT'den John Slater ve Al Hill, Stanford Üniversitesi'nden Leonard Schiff gibi önde gelen kişilerden, kurumlarından katkıda bulunabilecek kişiler konusunda fikir istedim. Sonunda heyet yedi kişiden oluştu. Ancak bu araştırmacılar geniş bir yelpazeden geliyordu. Benim dışımdaki üyelerin her biri saygın mikrodalga araştırmacıları olan, Bell Laboratuvarları'ndan John Pierce, Stanford'dan Marvin Chodorow, MIT'den Lou Smullin, Donanma Araştırma Laboratuvarları'ndan Andrew Haeff ile John Hopkins Üniversitesi'nden kızılaltı ışıma konusunda uzman John Strong ve Ohio Eyalet Üniversitesi'nden düşük sıcaklık cihazlarıyla kızılaltı ışımalarının tespiti konusunda çalışan John Daunt'du.

Zamanımızın önemli bir kısmını genel olarak bu alanda çalışan kişilerle görüşebilmek için sanayi, hükümet ve üniversite laboratuvarlarıyla bağlantı kurmaya ayırdık. Heyetin yönlendirmesiyle Pierce, *Physics Today* dergisinde milimetrelik dalgaların önemini anlatan bir makale yayımladı. Bunu yaparak, makaleyi okuyan fizikçilerin ve mühendislerin bizim atladığımız noktaları tespit edebileceklerini umuyorduk.

Milimetrelik dalgaların araştırılması ve geliştirilmesi için ordunun ödenek ayırmasına değecek sebepler bulabilmek için kafa patlattık, ancak çok fazla şey bulamadık. Milimetrelik dalgaların bir dezavantajı, tıpkı 1,25 santimetrelik dalgalar gibi, atmosferde pek uzağa gidememeleriydi. Bu durumu tersyüz edip, bunun aslında kısa mesafe iletişim için bir avantaj olabileceğini düşündük. Sinyalin uzaklara gitmemesi kulak misafiri olmaya çalışanların işini epey güçleştirecekti! Ek olarak birkaç milimetrelik dalga boylarının seçilmesinin, çok kısa antenlerin kullanılmasına olanak vereceğini, bunun da uçak ve diğer taşıtlara iletişim cihazlarının montajını kolaylaştıracağını gördük. O sıralar henüz uzay yolculukları yoktu ancak yüksek irtifalardaki düşük atmosfer yoğunluklarında milimetrelik dalgaların soğurulmayacağını, bu nedenle de çok yüksekten uçan uçaklar için faydalı olabileceğini belirledik.

Öncelikle milimetrelik dalgaları nasıl üretebileceğimizi bulmaya çalıştık. Aklımdaki bir kavram; çok güçlü manyetik alanlar içerisinde elektron-dönüş rezonanslarının milimetre civarında sinyaller üretebileceğiydi. Yani manyetik alandan etkilenen elektronlar, milimetre boyunda dalgalar üretecek frekanslarda yalpalayacak veya sallanacaklardı. Milimetre boyutlarında hassas ve kırılgan parçalar üretmek kolay değildir. İşe yarar güçler elde edebilmek için bu küçük parçaların içlerine çok daha yüksek güçler koymak ise daha büyük bir problemdir. Parçaların sağlam olması ve çok yüksek ısılarla başa çıkabilmesi gerekir. Ne yazık ki bu tür problemleri çözebilmek için parlak fikirler üretemedik. İşte bu bir türlü kayda değer ilerleme sağlayamamamızın verdiği çileden çıkma duygusu içerisindeyken, devrime yol açan fikir aklıma geldi.

Donanma Milimetre Heyeti, pek çok kez Washington D.C.'de toplanmıştı. Toplantı tarihlerimizden birini 26 Nisan 1951 olarak belirlemiştik. Böylece o tarihte düzenlenecek olan Amerikan Fizik Topluluğu toplantısına da katılabilecektik. Art Schawlow da bu toplantıda bir bildiri sunacaktı. Tasarruf edebilmek için Franklin Park Otel'de aynı odada kaldık. Heyetin artık ömrünü doldurmak üzere olduğunu düşünüyor, yeni fikirler ve tavsiyeler listemizin yavanlığı nedeniyle çileden çıkıyordum.

Küçük çocuklarımız olduğu için erken uyanmayı alışkanlık edinmiştim. Toplantı gününün sabahı şafaktan az sonra uyandım. Geç yatmış olan bekâr arkadaşımı --daha sonra kayın biraderim olacaktı– rahatsız etmemek için yavaşça giyindim ve sabahın erken saatlerinin keyfini sürebilmek için sessizce dışarıya süzüldüm. Aklımın bir köşesinden heyet toplantısı geçiyor ve amacımız doğrultusunda nasıl verimli olabileceğimizi düşünüyordum. Sabahın o saatlerinde neredeyse ıssız olan Franklin Parkı'nda, kırmızı ve beyaz çiçeklerle dolu, çiyle yüklü açelyalar arasında bir banka oturdum. Dikkati dağıtan hiçbir şeyin olmadığı bu yerde hayran eden bir dinginlik vardı. Sorun aklımda döndü durdu. "Neden herhangi bir noktaya varamıyoruz? Bunu başarmamızı engelleyen temel şey nedir?" diyerek kendime soruyordum. Aklım önce, küçük elektron tüpleri ve diğer rezonatörlerle il-

gili pratik problemlere ve bunlardan işe yarar sinyaller elde edebilmek için içlerine sokmamız gereken yüksek güçlere takıldı. Sık sık yaşadığım üzere, en sonunda düşüncelerim benim için rahat ve doğal olan bir şekle büründü. Düşüncelerim katılar ve moleküllerle, özellikle de kariyerimin büyük kısmını vakfettiğim ve en iyi bildiğim moleküllerle ilgili fiziksel mekanizmaları içeren bir şekil aldı.

Heyet üyeleri olarak en başından beri bazı moleküllerin enerji seviyelerini değiştirmeleri sırasında, milimetrelik dalga boyuna karşılık gelen enerjileri soğurduklarını ve saldıklarını biliyorduk. Küçük rezonatörler yapmaya çalışmak yerine, bir şekilde, doğanın sunduğu bu tür molekül rezonanslarını kullanmamız gerektiğini düşündüm. Bu tür bir şeyin neden çalışamayacağını ortaya koyan o bilindik açıklamaları tekrar gözden geçirdim: Herhangi bir molekül grubu, normal bir kaynaktan gelen enerjiyi aldığında, dışarıya, soğurduğundan daha fazla enerji vermez. Hiçbir zaman bir parça camın veya herhangi bir şeyin üstüne ışık tutup diğer taraftan daha parlak bir ışığın çıkmasını beklemeyiz! Bir gaz yeterince ısıtılarak pek çok dalga boyunda salım yapması sağlanabilir. Ancak spektrumun mikrodalga bölgesinde işe yarayacak seviyelerde salım yapabilmesi için, o denli yüksek sıcaklıklara çıkmak gerekir ki, moleküller parçalanarak atomlarına ayrılır. Bu aşırı sıcaklıklara duyulan gereksinim, termodinamiğin ikinci yasası gereğince temel fizik prensiplerine dayanır ve bu engel önceki düşünce egzersizlerimde de karşıma çıkmıştı.

Soğuk olan gazlarda bile bir elektromanyetik dalganın, yüksek enerji seviyesindeki bir atom veya molekülü uyararak, kendisiyle tamamen aynı frekansta yeni bir foton salmasına sebep olabileceğini, böylece de dalganın güçleneceğini açıklayan kuramı oldukça iyi biliyordum. Bu aslında, elektromanyetik dalganın düşük enerji seviyesindeki bir atom veya molekül tarafından soğurulması olayının tam tersi durumudur. Dalgayı güçlendiren üst seviyeden aşağıya doğru olan her bir geçişe karşılık, düşük enerji seviyesinde bulunan çok daha fazla sayıdaki atom veya molekül alttan üste geçerek bu fotonları soğurur. Yani, eğer bir madde termal olarak dengede ise bu durum net olarak bir kayıp demektir. Termodinamiğin

ikinci yasası da işte bunu söyler. Bir malzeme dışarıya verdiği fotonlardan daha fazlasını soğurur.

Bu açmazdan çıkmamı sağlayan düşüncelerin sırasını, tam olarak hatırlayamıyorum ancak aydınlanmam birden bire olmuştu: "Dur bir saniye!" dedim. Termodinamiğin ikinci yasası, termal denge durumu olduğunu varsayar, ancak bu böyle olmak zorunda değil! Doğanın kanunlarında ufak bir kaçamak imkânı var.

İkinci yasaya göre, kendi haline bırakılmış bir grup molekül içerisinde, düşük enerji seviyesindekilerin sayısı, yüksek seviyedekilerden her zaman daha fazladır. Ancak bütün sistemlerin termal dengede olmasını gerektiren çiğnenemez bir kaide yoktur. Eğer, bir şekilde, yalnızca yüksek enerji seviyesindeki moleküllerden bir grup oluşturulabilirse o zaman prensip olarak, elde edilebilecek enerjinin bir üst sınırı olmayacaktır. Bu yüksek enerji seviyeli atom veya moleküllerin yoğunluğu ne kadar fazla olursa ve dalga bunların içerisinden ne kadar uzun bir yol kat ederek geçerse, yol boyunca o kadar daha fazla foton toplayacak ve güçlenecektir. Hatta o tarihten birkaç yıl önce, bu fiziksel olayı nasıl gösterebileceğim üzerine biraz kafa yormuş ancak hem bunu yapmanın biraz zor olacağını hem de bu olayın varlığından şüphe etmek için ortada bir sebep bulunmadığından, ispatının yeni bir bilgi vermeyeceğini düşünerek vazgeçmiştim.

Franklin Parkı'ndaki o sabah, enerjiyi artırma gayesi, uyarılmış salım üzerine daha ayrıntılı bir şekilde düşünmem için bana bir neden vermişti. Böyle bir denge dışı durum nasıl elde edilebilirdi? Cevaplar, aslında biliniyordu: Bunlar onlarca yıldır, hem benim hem de diğer heyet üyelerinin gözleri önünde duruyordu. Rabi, hem de Columbia'da, yüksek enerji seviyesindeki molekül ve atomları, düşük seviyede olanlardan ayırdığı gaz ışınlarıyla uğraşıyordu. Yüksek enerji seviyesindeki atomların arasında zenginleştirilmiş bir ışın olabilirdi. Harvard'da Ed Purcell ve Norman Ramsey bu şekilde "nüfus dengesi" ters çevrilmiş sistemler için bir isim olarak "Eksi Sıcaklık" kavramını ortaya atmışlardı. Çünkü bu tür "eksi" sıcaklıklarda, düşük enerji seviyesindekilerin fazlalık oranı, normal "artı" sıcaklıkların aksine, yüksek enerji seviyesinde-

kilerin lehine ters dönmüş olacaktı.

Bilimcilerin parlak fikirlerini bir zarfın arkasına çiziktirmeleri, edebiyatçıların onları betimlerken sık sık başvurdukları bir klişe olabilir. Ne var ki benim yaptığım da aynen bu oldu. Cebimden bir zarf çıkartıp, üzerinde milimetrelik ve daha kısa dalgaların üretilip güçlendirilebilmesini sağlayacak bir rezonatör yapabilmek için kaç tane molekül gerekeceğini hesaplamaya çalıştım. Bunu hesaplamak için gerekli tüm rakamları, en azından dostum amonyak için ezbere biliyordum. Amonyak en uygun malzeme gibi görünüyordu. Çabucak, hâlâ bir rezonatöre ihtiyacımız olduğunu, ancak artık içerisine çok güçlü elektromanyetik dalgalar göndererek enerji vermemize gerek olmadığını hesapladım. Yüksek enerji seviyesinde moleküllerden oluşan bir ışını içine göndermemiz yetecekti. Her rezonatörde bir miktar kayıp vardır. Bu nedenle, dalganın giderek sönmesini engelleyebilmek için molekül sayısında geçmemiz gereken bir eşik miktarı mutlaka olacaktı. Bu eşik değerini geçtikten sonra dalga, rezonatör içerisinde ileri-geri hareket ederek varlığını sürdürmekle kalmayacak, her geçişte daha da güçlenecekti. Bu gücü sınırlayan tek şey ise moleküllerin, bu oyukluk içerisine enerjiyi taşıma hızı olacaktı.

Bu olaydan bir ay kadar önce Columbia'da, şans eseri Alman fizikçi Wolfgang Paul'un bir sunumunu dinlemiştim. Bu sunumda molekül ışınlarını odaklamak için dört adet elektrik yüklü çubukta oluşan dördül-alanlı (dört yönde simetrisi olan alan) yeni bir yöntemi anlatıyordu. Bu sistem, Rabi'nin iki yönde simetrisi olan iki düz levhalı sistemine göre molekül ışınlarını daha iyi odaklayarak yoğunlaştırmıştı. Bankta oturmaya devam ederken, Paul'un yöntemiyle amonyak ışını odaklandığı takdirde, oluşan salınımın, oyukluktaki kayıp hangi seviyedeyken devam edebileceğini hesapladım. Yani mükemmel olmayan iletkenlik nedeniyle, oyukluktan en fazla ne hızla enerji kaybederken hâlâ içeride enerji artışı sağlanabileceğini hesapladım. Hesaplarıma göre, elde ufak bir değer olmasına rağmen bu fikir, amonyak kullanılarak gerçekleştirilebilirdi. Paul'un yöntemini kullanarak bir oyukluk içerisine yeteri sayıda yüksek enerji seviyesinde amonyak molekülü sokulabilir, böylece sürekli bir salınım sağlanarak

başka hiçbir yöntemle elde edilemeyecek kadar kısa dalga boyları elde edilebilirdi. Yaptığım hesaplar, uzak-kızılaltı olarak bilinen bölgede, dalga boyu yarım milimetre civarında olan ve amonyağın ilk dönüşsel rezonansına karşılık gelen elektromanyetik dalgaların üretimi içindi. Ancak dalgaların kısalmasını sınırlayacak keskin bir hat göremiyordum.

Aynı zamanda, bu şekilde üretilecek olan sinyalin "eş-fazlı" olacağını biliyordum, yani, oyukluk içerisinde rezonans halindeyken ileri-geri salınımını sürdüren dalga, yol boyunca moleküllerden enerji alarak güçlenecek ve yapısını neredeyse mükemmel bir faz uyumu içerisinde ve sabit bir frekansta, yani dalga boyunda koruyacaktı.

Zarfı tekrar cebime tıkıştırdım. Otele döndüğümde, Art uyanmıştı. Ona neler düşünmekte olduğumu anlattım. "Çok ilginç" diye cevap verdi. Olağanüstü etkilenmiş gibi görünmüyordu. Doğrusunu söylemek gerekirse, ne kadar yol kat edebileceğimizden ben de emin değildim. Fikrin prensipte işe yaraması gerekiyordu, fakat gerçek bir düzenek yapabilir miydik, yapsak bile ne kadar başarılı olurdu?

Milimetrelik dalgalar toplantısında bu fikri gündeme getirmedim. Bu konuyu, o gün orada tartışıp ve olasılıkla daha da geliştirerek raporumuza koymam için herhangi bir engel yoktu. Ancak, bu fikir henüz çok yeniydi ve herhangi bir noktayı atlamış olma riskine girmek istememiştim. Üzerinde biraz daha düşünmem gerekirdi. Fikrimde, fiziğin dünyasının bilmediği yeni bir kavram veya prensip yoktu. Ancak hiç kimse böyle bir düzenlemeyi daha önce düşünmemişti ve kolayca da yapılacak bir şey değildi.

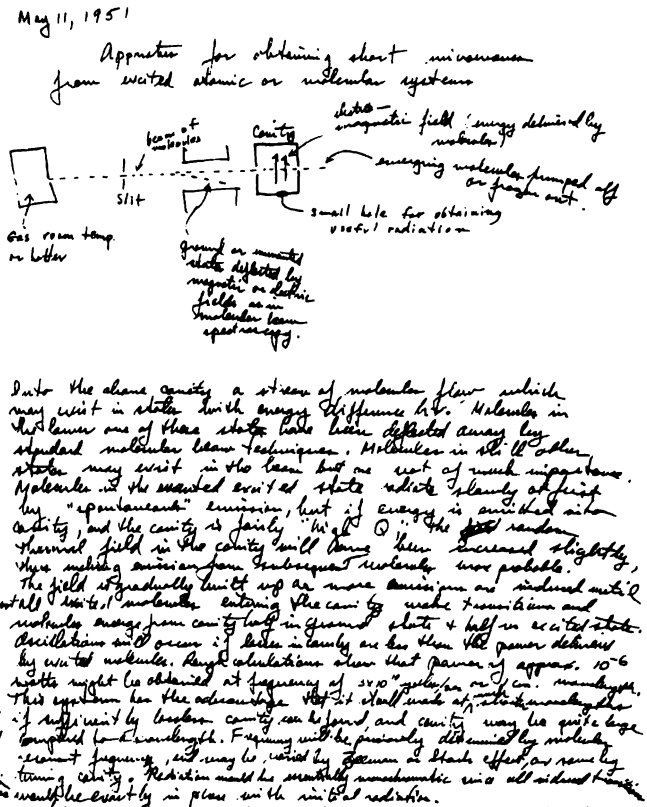
Washington'dan Columbia'ya döndüğümde, uyarılmış ışıma fikrinin yeterince iyi olduğunu düşünerek, temel prensipleri bir kez daha gözden geçirmeye karar verdim. Temel fizik prensiplerinde herhangi bir hata yapmadığımdan yüzde yüz emin olmak istemiştim. 1939'da Caltech'teyken, W. V. Houston'dan aldığım kuantum mekaniği dersinin notlarını buldum ve çıkardım. Evet, denklemler, uyarılmış salımla elde edilmiş ışımanın, gücü artıracağını, hatta mükemmel bir faza sahip, yani eş-fazlı bir sinyal üreteceğini açıkça gösteriyordu. Tüm bu prensipler, savaştan önceki dönemde lisansüstü öğ-

rencilere verilen derslerde anlatılıyordu.

Rezonansı sağlayacak olan oyukluğun yapısı üzerinde de ayrıntılı bir şekilde düşünmem gerekiyordu. Ileri-geri yansıyarak gidip gelen dalgalar, oyukluğun duvarlarına doğru enerji kaybedecekti. Bu kaybın çok fazla olmaması gerekiyordu. Bu değer bir oyukluğun "kalite çarpanı" [*quality factor*] olarak bilinir ve "Q" ile gösterilir. Hesaplarıma göre bakır, daha iyi iletkenlik elde etmek için sıcaklığını düşürmeye gerek bile kalmadan yeterli Q'yu sağlıyordu (yani her yansımada kayıplar yeterince düşük kalıyordu). Daha da önemlisi, yapımı çok zor olan süper-iletken malzemeden oluşan bir oyuk kullanmama gerek olmadığını açık bir şekilde görebiliyordum. Çünkü böyle bir şey, çok düşük sıcaklıklar gerektirecekti ve yapının karmaşıklığını artıracaktı. Ancak gördüğüm kadarıyla, oda sıcaklığındaki bakır işe yarayacaktı.

Fikrimin yalnızca bilinen, standart fizik prensiplerine dayandığını anlayarak tatmin oldum. O günden günümüze kadar hep gördüm ki, fizik tarihi, aslında, molekül ve atom enerjisi seviyesindeki geçişleri kullanarak bir güçlendirici [*amplifier*] yapmaya dair pek çok ipucuyla dolu. Öyle ki bazı bilimciler, bunu açıkça vurgulamışlardı, hatta bazıları deneyler yapmıştı. Ancak görünen o ki, hiç kimse bunu bir rezonatör yapısı içerisinde kullanmayı düşünmemişti ve pek çok durumda da bu güçlendirme olayının eş-fazlılığı göz ardı edilmişti. Bu konuya dair sayısız ipuçlarının bir listesini şöyle yapabiliriz.

Atom veya moleküllere çarpan bir ışımanın, nasıl olup da daha fazla ışımayı tetikleyeceğini ilk kez 1917 yılında, Einstein açıklamıştı. Bunun gerçekleşebilmesi için gerekli şart; gelen fotonun –başka bir deyişle ışımayı oluşturan kuantanın– enerjisinin yüksek enerji seviyesinden düşük enerji seviyesine geçecek olan atomun (veya molekülün), dışarı vereceği enerjiye aşağı yukarı eşit olmasıydı. Böylece Einstein, bu olayı tetikleyen ışımaya enerji kazandıracak olan mekanizmayı ortaya koymuştu. Eş-fazlılığı düşünmemişti ancak eminim ki eğer sorulsaydı, Einstein çabucak eş-fazlılığın olması gerektiğine ve ayrıca uygun yüksek enerji seviyesinde atomun yeterli sayıda bulunduğu bir durumda, sinyalin net



Şekil 3. Art Schawlow tarafından tanıklık edilerek imzalanmış çalışma defterimin, 11 Mayıs 1951 tarihli, ilk maser fikrini açıklayan sayfası.

olarak güçleneceğine hükmederdi. Elbette Einstein, ısıl dengedeki sistemleri göz önünde bulunduruyordu. Eğer uygun koşullar verilerek düşünmesi sağlansaydı, bu güçlenmenin ve eş-fazlılığın sonuçlarını kesinlikle atlamazdı.

Caltech'teki en ilginç hocalarımdan Richard Tolman, hem genel görecelik hem de istatistiksel mekanik üzerine

çalışan bir fizikçi ve kimyacıydı. 1924'te *Physical Review* dergisinde yayımlanan bir çalışmasında, uyarılmış salımı ve ışımanın soğurulmasını ayrıntılı bir şekilde ele almış, uyarılmış ışımaya "negatif soğurma" (bir başka deyişle güçlendirme) adını vermişti. Şöyle yazmıştı:

> Yüksek kuantum seviyesindeki moleküllerin, düşük kuantum seviyesine dönerken, gelen ışını "negatif soğurma"yla güçlendirme olasılığı ortaya çıkıyor. Daha sonra gösterileceği üzere, geleneksel olarak yapılan soğurma deneylerinde bu "negatif soğurma" göz ardı edilebilir (cilt. 24, s. 697).

O dönemki kitaplarından birinde, uyarılmış salımın, uyaran ışımayla eş-fazlı olması gerektiğini belirtmiş, ancak henüz o dönemde bunu ortaya koyabilen iyi bir matematiksel ispatın bulunmadığını da vurgulamıştı. Açıkça görülüyor ki, uyarılmış güçlendirmenin anafikri, 1920'lerin ortasında, kuantum mekaniği ve ışımanın termodinamiği üzerine çalışan fizikçiler tarafından oldukça iyi bir şekilde anlaşılmıştı.

1932 yılında, gazlardaki elektriksel boşalmaları inceleyen bir deneyci, tespit ettiği sıra dışı yoğunluktaki spektral çizgileri, Alman fizikçi Fritz Georg Houtermans'a anlatmıştı. Çok sonraları Houtermans bana, zamanında, bunun bir tür çığ etkisi gösteren ışık (veya foton) nedeniyle oluşmuş olabileceğini düşündüğünü söyledi. Bu, ısıl denge durumu dışındaki bir gazda ortaya çıkan uyarılmış salınım olayını akılda canlandırmanın güzel bir örneğidir. Houtermans eş-fazlılığı düşünmediğini ve alışılmadık şekilde parlak salım çizgilerini açıklayan çok daha sıradan (ve doğru olan) başka bir fikir bulunduğunda, bu fikrinden vazgeçtiğini söyledi. Daha da önemlisi, o dönemde bu fikri yayımlamaya değecek kadar ilginç bulmamıştı. Ama Art Schawlow'la beraber yayımladığımız "Optik Maserler" makalemizi gördükten sonra, bu olayla ilgili hatırladıklarını ve ilgili fiziksel olguları anlatan bir yazıyı, 1958 yılında *Physical Review*'da yayımladı.

1939 yılında Rus V. A. Fabrikant, özellikle "negatif soğurmayı", yani güçlendirmeyi inceleyen, bir gaz içerisinde ışımanın soğurulmasını ve salımını anlatan, biraz zor anlaşılır bir tez yayımlamıştı. Eş-fazlılıktan veya rezonans oyuk-

luklarından bahsetmemişti. Ancak gerekli olan enerji seviyesi dağılımlarını elde etmek için, bugün gaz laserlerde sıkça kullanılan "ikinci tip çarpışma" olayından faydalanmaya çalıştığını anlatmıştı. Ne yazık ki herhangi bir güçlendirme elde edememiş ve çalışması çabucak unutulmuştu. Maser fikrimiz duyurulunca Fabrikant, 18 Haziran 1951 tarihli bir patent talebinde bulundu. Bu talep 1959 yılında yayımlanmıştı, ama öğrendiğimize göre Sovyet yasaları, patentlerin geçmişe dönük olarak tekrar yazılabilmesine olanak veriyordu. Fabrikant, şüphesiz ilgili kavramlar üzerine çalışmış fakat fazla ilerleme kaydedememiş ve hiç kimse çalışmalarını ilgi çekici bulmamıştı.

Enerji-seviyesi dağılımının değiştirilmesi için kısmen daha farklı bir yöntem, Franklin Parkı'nda geçirdiğim günden daha önceki bir tarihte incelenmişti. Bir grup bilimci, çekirdek-spin dağılımını radyo-dalgalarıyla uyararak değiştirmiş, sonuçları incelemişler fakat net bir güçlendirme ihtimali bile bulamamışlardı. Harvard'daki Purcell, Ramsey ve Pound'un "negatif sıcaklıklar" kavramını oluşturmasını sağlayan çalışma buydu.

Ben de asıl olarak fiziksel prensipleri göstermek amacıyla, molekül ışınlarını kullanarak ışımayı güçlendirmeyi 1948 sıralarında düşünmüştüm. O zamanlar bu fikri, bir rezonatör oyuklukla birleştirme veya bir salınım cihazı yapma fikriyle beraber değerlendirmemiştim. Bir yıl kadar sonra, Columbia'da genç bir doktora sonrası araştırmacı olan John Wilson Trischka da, aynı şekilde enerji seviyesi dağılımı ters çevrilmiş molekül ışını demetleri kullanarak uyarılmış salımı gösteren bir deney yapmayı düşünmüştü. Konuyu benimle konuşmuş, üzerinde biraz hesap yapmış sonra da bunun çok zor olacağına ve sonuçta da yeni bir bilgi vermeyeceğine karar vermişti.

Willis Lamb ve Robert C. Retherford, 1950 yılında hidrojen spektrumun yapısını inceleyen çalışmalarını anlatan bir yazı yayımlamıştı. Atomun davranışını açıklarken bir cümlelerinde şunu belirtmişlerdi: Eğer yüksek enerji seviyelerindeki atomların sayısı düşük seviyedekilerden fazla ise "bir tetiklenmiş salım (negatif soğurulma!) başlar". Tolman'ın, 1924'lerde aynı terimleri kullanarak bu olayı dile getirdiğin-

den haberdar değillerdi. Tolman'ın döneminde bilinenlere kıyasla Willis, bu olayı eş-fazlılığı da kapsayacak şekilde daha iyi bir bütünlük içerisinde anlamıştı.

Rus astrofizikçi Vitaly Ginzburg, hocası S. M. Levi hakkında şunları söyler:

> Levi 1930'larda, tetiklenerek oluşan salımı ve olası etkilerini açık bir şekilde anlamıştı. Levi bana şöyle demişti: "Eğer yüksek enerji seviyesindeki atomlarla bir tür nüfus fazlalığı yaratırsan, bir güçlendirici elde edersin. Tüm sorun, bu seviyelerde bir nüfus fazlalığı sağlamanın zorluğudur." Laserlerin neden ta 1920'lerde yapılmadığını anlamıyorum. Şimdi dönüp geçmişe bakınca, aslında pek çok şeyin gün gibi ortada olduğu görülüyor.

Anlaşılan, uyarılmış salımla ilgili fikirler ortalıklarda dolanıyor ancak hiç kimse bunların peşine düşmüyordu. Her ne kadar temel fiziksel prensipler anlaşılmış idiyse de, kimse bunun işe yarar bir şey olabileceğini düşünmemişti. Uygulamaya dönük bir şekilde, güçlendirme ve salınımı sağlayacak olan çeşitli fikirlerin bir araya gelmesinde, moleküllerin mikrodalga spektrumlarının incelenmesinin, bir katalizör görevi gördüğü anlaşılıyor. Bunun sebebi de muhtemelen, gerekli kavram ve becerilerin, mikrodalga mühendisliğinin verdiği pratik deneyimler ile kuantum mekaniği etkilerine olan aşinalığın bir araya gelmesiyle ortaya çıkabilmesiydi. Columbia'daki laboratuvarımızın dışında, bu tür spektroskopiyle ilgilenen iki yerde daha, uyarılmış salımla işe yarayacak seviyede bir güçlendirme elde etme konusunda son derece ciddi fikirler vardı. Bunlardan biri Maryland Üniversitesi'nden Joe Weber'e aitti. 1952 yılında elektrik mühendislerine verdiği bir sunumda, uyarılmış salımla güçlendirmenin olabilirliğine değinmişti. Bir oyukluk fikri yoktu ve faydalı seviyede bir güçlendirme elde edememişti, fakat anafikri anladığı ve bunu bir öneri olarak sunduğu kesindi.

Weber'in kısa makalesi dışında bir yazıyı, Moskova Lebedev Enstitüsü'nden Alexander Prokhorov ve Nicolai Basov 1954'te yayımlamıştı. Bu yazıdan 1955 yılının baharına kadar haberdar olmamıştım. Yazıda, bir mikrodalga salınım ci-

hazı oluşturacak biçimde, alkali halojen tuz moleküllerinden oluşan bir ışının, nasıl bir şekilde bir oyukluktan geçirilebileceğini anlatıyorlardı. Bu yazı, bizim amonyak maserini anlatan yazımızdan kısa bir süre sonra yayımlanmıştı, ancak ilgili yayın kuruluşuna bizim yazımızdan önce gönderilmişti. Fikirleri, hayret verici bir şekilde benimkine benziyordu. Şu farkla ki onlar, alkali halojen tuzlarını kullanmayı ve çok yüksek bir oyukluk kalitesi, yani Q değeri gerektirecek bir tür ışın yöntemi önermişlerdi. Bu seviyede Q değerleri elde etmek, o dönemde pek olabilir değildi. Weber'in ve Rusların makaleleri, biz cihazımızı, Columbia Işıma Laboratuvarı'nın dört ayda bir çıkan dergisinde açıkladıktan sonra yayımlanmıştı. Ayrıca Weber, zaman zaman beni ziyaret ederdi. Bu araştırmacıların fikirlerinin, belki de bilinçaltı bir şekilde, bizim çalışmalarımızdan ne ölçüde etkilendiğini insan merak ediyor. Ancak, çalışmalarının bağımsız olmadığına inanmak için herhangi bir sebep görmüyorum. Ruslar, önerdikleri şekilde bir cihazı yapmak için çalışmaya devam ettiler ve daha sonra benimle beraber, bu alana yaptıkları katkılardan ötürü 1964 Nobel Ödülü'ne layık görüldüler.

1950'lerde, uyarılmış salımla güçlendirme fikri, değişik yerlerde gündeme geliyor, ama şu veya bu nedenden ötürü, bu fikrin potansiyeli fark edilmiyor ve peşine düşülmüyordu. Bunu yapan sadece ben ve çalışmalarından haberdar olmadığım Ruslar olmuştu. Franklin Parkı'nda tasarladığım ve fikrimin asıl can alıcı noktası, bir rezonatör oyukluğu kullanmak, böylece sinyalin ileri-geri yansıyarak gazın içerisinden sürekli bir şekilde geçmesini sağlamak ve her seferinde, daha fazla enerji toplamasına imkân vermekti. Bu yöntemle sonsuz bir güçlendirme veya salınım elde edilebilecekti. Bunun sınırlarını ise, sisteme enerji veren molekül transferleri ve içerisinde böyle yüksek enerjilerin ileri-geri dolandığı malzemelerin dayanma noktası belirleyecekti. Fikri hayata geçirmek için gerekli olan şey, zaten bilinen ve ortalıklarda dolanan çeşitli fikirleri dikkatli bir şekilde bir araya getirmekten ibaretti. Yine kritik olan bir şey de, bu tür bir girişimin önemli sonuçları olabileceğini fark etmekti.

Bir maser yapma projesi derhal başlamadı. Öğrencile-

rimle ve meslektaşlarımla konuştum. Ancak bu konu üzerinde görüş alışverişi bile pek olmadı. Bir istisnai durum, doktora sonrası araştırmacılarımdan Arthur Nethercot, Mayıs 1951 başlarında Illinois'de katıldığı bir toplantıda bu konudan bahsettiğinde yaşandı. Kendisi dinleyiciler arasında otururken, Columbia'da kısa-dalga çalışmalarında güncel olarak neler olup bittiğine dair bir soru yöneltildiğinde kalkıp, elektromanyetik dalgaların güçlendirilmesiyle ilgili bu yeni fikri özetlemişti. Bu olay, fikrin halka ilk kez duyuruluşuydu, ancak, Nethercot'un hatırladıkları dışında, herhangi bir kayıt tutulmamıştı.

Columbia'daki tüm araştırmalarım esasen doktora öğrencilerimle beraber yürütülüyordu. Güçlendirici projesinin üstesinden gelebilmem için, yalnızca zeki değil, aynı zamanda bunun üzerinde birkaç yıl çalışabilecek iyi bir adama ihtiyacım vardı. Jim Gordon, MIT'den yeni gelmişti. Orada atom ve molekül ışınları üzerine çalışmış, özverili ve çabuk öğrenen bir öğrenciydi. "Eğer çalışır duruma getirirsek oldukça ilginç olacağını düşündüğüm bir fikrim var" dediğimi hatırlıyorum. Durumu "bu fikri, bir tez için ayrılan süre zarfında çalışır hale getireceğimizden emin olamıyorum, ama eğer ilgini çekerse sonunda tüm çabalara değer olacağını düşünüyorum" diye açıkladım. Herhangi bir güçlendirme sağlayamasak bile, oluşturulacak düzenekle çok yüksek çözünürlüklü spektroskopi çalışmaları yapma fırsatları olacağı ve bunların da güzel bir tez hazırlamaya yeterli olacağı konusunda kendisine güvence verdim. Hap Schulz'un sağladığı Karpit ve Karbon Bursu, Herb Zeiger isminde başka bir parlak genç doktora sonrası araştırmacısını gruba almama olanak vermişti. Tezini, Rabi'nin yanında molekül ışınları üzerine yapmış ve bu konudaki uzmanlığıyla projeye katkı sağlamıştı.

Planladığımız cihazın genel hatları oldukça basit görünüyordu. Bir rezonatör oyukluğuna ve enerjisi yükseltilmiş moleküllerden oluşan yoğun bir ışına ihtiyacımız vardı. Asıl soru, ilk önce hangi dalga boyunu denememiz gerektiğiydi.

Daha kısa dalga boyları elde etmeye çalıştığım için aklıma gelen ilk şey amonyağın dönüşsel geçişlerini kullanarak –dalga boyu milimetrenin onda biri mertebesinde olan– ve o

zamanlar herhangi bir üretim imkânı bulunmayan, spektrumun kızılaltı bölgesindeki dalgaları elde etmekti. Seçilebilecek pek çok molekül geçişi vardı ve böyle bir üretecin, spektroskopiye büyük fayda sağlayacağını düşünmüştüm. Fakat ilk denemelerde, bunun üstesinden gelemeyeceğimiz kadar çetin bir ceviz olduğunu fark etmemiz fazla uzun sürmedi. Bunun yerine, zaten deneyimimizin ve uygun cihazlarımızın olduğu, bu nedenle çalışmanın daha kolay olacağı normal mikrodalga bölgesine yöneldik. Bunu başardıktan sonra daha kısa dalga boylarına, yani daha yüksek frekanslara doğru ilerleyebilirdik.

Öncelikle amonyağın 1,25 santimetredeki en güçlü geçişine yöneldik. Bu geçiş, 1930'larda Cleeton ve Williams'ın ölçtüğü geçişlerle aynı gruptandı. Aynı zamanda bu dalga boyu, askerî kurumların savaş sırasında istediği radar için üzerinde uğraştığımız, fakat havada bulunan su buharının soğurması nedeniyle kullanılamaz olan dalga boyuydu. 1950'lilerin başlarına gelindiğinde, amonyağın spektrumu, bu dalga boyunda kullanılan teknikler ve kaliteli rezonatör oyuklukları yapma konusunda deneyim sahibiydik. Üstelik amonyak benim eski bir dostumdu. Bir atom veya molekül güçlendiricisi yapma işi ne kadar zor olabilir diye sorarsanız, bugün artık güler geçeriz. Ama ilk kez yapmaya giriştiğimizde, işler hiçte öyle basit görünmemişti. Üstelik bu proje, bir öğrenci tezi olarak geliştirildiği için, hiç acele etmeden yürütülmüş; düzeneklerin kurulması, değişikliklerin yapılması ve ince ayarların tamamlanması iki yıldan fazla bir süre almıştı.

Temel deney düzeneği; içerisi boşaltılmış, ancak dışarıdan içeriye amonyak gazını taşıyan bir tüpü bulunan, dikdörtgen metal bir kutudan oluşuyordu. Kutunun içerisine dört adet, yaklaşık iki buçuk santimetre çapı olan ve bir kare oluşturacak şekilde konumlandırılmış paralel tüplerden meydana gelen, bir molekül odaklayıcı yerleştirmiştik. Bunu takiben, moleküllerin içerisinden geçmesine olanak verecek şekilde, iki ucunda delikler olan oyukluk bulunuyordu. Moleküller, oyukluktan çıktıktan sonra ya bir vakum pompası kullanılarak ya da çarpar çarpmaz yoğuşmalarına sebep

olacak sıvı azot sıcaklıklarında* tutulan bir yüzey aracılığıyla ortamdan uzaklaştırılıyordu. Dört paralel tüpün görülmesine olanak verecek şekilde bir yüzü açık bırakılmış olan bu kutunun fotoğrafı, Resim 6'da görülebilir.

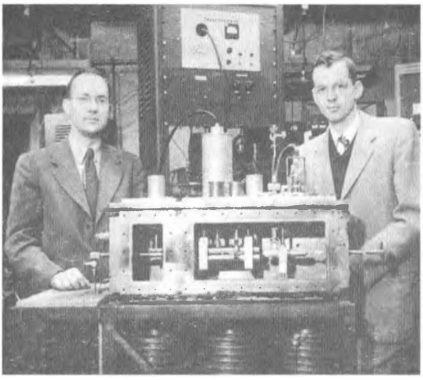
Yunanistan'daki Peloponnesus'tan Columbia'ya gelmiş olan George Dousmanis isimli öğrenci, Jim Gordon'la beraber bazı ön çalışmaları yürütmüştü. Bu cihazla ilgili ilk resmî planlamayı, laboratuvarın üç aylık dergisinin Aralık 1951 tarihli sayısında beraberce duyurduk. Bu, geleneksel anlamda, kamuya açık bir rapor değildi, yani kelimenin gerçek anlamı kullanılırsa, bu bir yayın değildi. Bununla beraber kopyaları ortalıkta dolaşıyordu ve isteyen herkese de gönderiyorduk. Bu "yayın-benzeri" rapor, sonraları patent savaşlarına konu olacaktı. Ancak o dönemde aklımızda böyle bir şey yoktu.

Genel Kurmay'ın verdiği ve ABD Ordusu Muhabere Komutanlığı tarafından denetlenen kontrat altında çalıyorduk ve ilk iki yılda, proje için 30.000 dolar harcamıştık. Danışmanı olduğum bir düzine kadar diğer doktora öğrencimle olduğu gibi, zaman zaman Gordon ve Zeiger'le beraber çalışıp projeyi denetliyordum. Etrafımızdan çok nadiren cesaret verici yorumlar alıyorduk. Deneylerimizi gösterdiğimiz ziyaretçilerimiz genellikle, "evet, ilginç" deyip gidiyorlardı.

Projenin ikinci yılında birgün, öğleden sonra, birisi bölümün önceki, diğeri ise o sıradaki yöneticisi olan ve her ikisi de atom ve molekül ışınlarıyla ilgili yaptıkları çalışmalar nedeniyle Nobel'e layık görülmüş ve görüşlerinin büyük ağırlığı bulunan Rabi ve Kusch, ofisime geldi. Karşılıklı oturduk. Kaygılıydılar. Onların araştırma harcamaları da benimkilerle aynı kaynaktan besleniyordu. "Dinle" dediler. "Şu an yaptığın şeyden artık vazgeçmen lazım. Çalışmayacak. Çalışmayacağını sen de biliyorsun, biz de biliyoruz. Parayı boşa harcıyorsun. Artık buna bir son ver."

Problem, onların gözünde, molekül ışınları alanı için hâlâ bir yabancı olmamdı. Bu, onların alanıydı ve benim bu konuyla ilgili fizik prensiplerini tam olarak değerlendiremediğimi düşünüyorlardı. Rabi, özellikle sert bir tutum takınmış-

* -196°C [—*çev. notu*]



Resim 6: James Gordon (sağda) ve ben Columbia'daki ikinci maserin arkasında poz veriyoruz. Maser etkinliğinin içerisinde oluştuğu metal kutu, rezonatör oyukluğuna (dört çubuğun sağında bulunan küçük silindir) molekülleri göndermeyi sağlayan dört çubuğu (dört kutuplu odaklayıcı) gösterecek şekilde açılmış olarak görülüyor. Üretilen mikrodalgalar, Jim Gordon'un yanında dikey duran, bakır dalga kılavuzu aracılığıyla dışarı alınıyordu. Aslında bu ikinci maser, çalışan ilk maserin bir kopyasıydı ve maser sinyallerinin saflığını incelemek için üretilmişti. İki cihaz birlikte çalıştırılarak sinyalleri üst üste bindiriliyor bu da kulakla duyulabilir saf bir ses sinyali oluşturuyordu.

tı. Önemli bilimsel konularda ve fikir alışverişlerinde bilgece davranır ve kamuoyu çıkarını gözetirdi. Ancak günlük işlerle ilgili küçük tartışmalarda saldırgan olabiliyordu. Onun nazarında kendisi ve Kusch, ışın uzmanlarıydı. Ben ise molekül spektroskopicisiydim. Bununla beraber, Gordon ve Zeiger'le beraber denklemleri çok dikkatli bir şekilde gözden geçirmiştim. Çabucak başarı elde etmemizin düşük bir ihtimal olduğunu biliyordum, fakat fikri oluşturan fiziksel yaklaşım tutarlıydı ve rakamlar umut vericiydi. Hissettiğim kadarıyla, Rabi ve Kusch, içgüdüsel davranıyorlardı. Lafı uzatmadan, fikrin gerçekten olabilirliği bulunduğunu düşündüğümü ve devam edeceğimi söyledim. Columbia'da işe başlarken işten çıkarılmama olanak vermeyen bir akademik sözleşme yapmış olduğum için, o anda şükrediyordum.

Bu proje üzerinde çalıştığı iki yılın sonunda, Herb Zeiger'ın burs ödeneği bitti. Bunun üzerine o da, Lincoln Laboratuvarları'nda katı hal fiziğiyle ilgili bir işe girdi. Sonradan öğrendiğime göre Profesör Kusch, Herb'ü, daha geleneksel konularda çalışarak çok sağlam yayınlar çıkarabileceği yerde, bu deli saçması projede iki yılını ziyan ettiği şeklinde sözlerle iğneleyip durmuştu. Ancak anlaşılan profesörün bu tutumu,

Herb'ün konuya olan ilgisini tamamen engelleyememişti. Çünkü sonraki yıllarda Herb, Lincoln Laboratuvarları'nda yarıiletken laserin yolunu açan çalışmaları yapacaktı.

Bizler ise Columbia'da amonyak ışınlı cihaz üzerinde yoğun bir şekilde çalışmaya devam ettik. Bu yeni tür cihazın olabilirliğini duyurmamıza, laboratuvarımıza pek çok ziyaretçinin gelmesine ve hatta bazı üniversitelerin, laboratuvarımızın raporlarını kendi kütüphanelerinde raflara yerleştirmesine rağmen başka kimse bu fikrin peşine düşmedi. O dönemde bir düzine kadar doktora öğrencim vardı. Bu, bir fizikçi için azımsanmayacak bir sayıdır. Öğrencilerimin mikrodalga spektroskopisiyle ilgili yürüttüğü çeşitli projeler, beni sürekli meşgul ediyordu. Ancak salınım cihazına yönelik sürekli bir ilgim vardı çünkü bunun, spektroskopi araştırmaları için muhteşem bir araç olabileceğini hissediyordum.

Deneyler ana laboratuvarımda sürdürülüyordu. Bu nedenle Gordon ve Zeiger'i sık sık görüyordum. Düzenli bir şekilde tasarım ve planlar üzerine görüşüyorduk. Molekülleri içeri sokan düzeneği geliştirmek için ve enerji kayıpları, molekül ışınının vereceği kazançtan daha az olan bir oyukluk yapabilmek için, özellikle çok emek sarf ettik. Uyarılmış salımın izlerini aramaya başladığımızda bunu neredeyse derhal tespit ettik. Bu da bize, olağanüstü yüksek çözünürlüğü olan ilginç bir spektroskopi imkânı verdi. Böylece Jim Gordon'un iyi bir tez çıkarabileceği garantilenmiş oldu. Oyukluğumuzdaki enerji kaybı fazlaydı (Q değeri düşüktü). Bu nedenle rezonans halindeki dalga, oyukluk içerisinde ileri-geri dolandıkça beklendiği gibi giderek kuvvetlenemiyordu. Ama bu problemi yavaş yavaş çözdük.

Başından beri düşündüğümüz şey; biz oyukluğun bir ucundan diğerine doğru molekül ışınını besledikçe, bu moleküllerin akış yönüne hemen hemen dik bir açıda, oyukluğun duvarları arasında ileri-geri yansıyan mikrodalgaların, giderek güçlenmesiydi. İlk başta tüm oyukluğun olabildiğince kapalı bir yapı olması gerektiğini düşünmüştük. Ancak bu yaklaşım, molekülleri içeri sokup dışarı alabilme ihtiyacına ters düşüyordu. Moleküllerin girip çıkmasına olanak verecek deliklerin çok geniş olması durumunda ise, rezonanstaki

ışıma içeride güçlenebildiğinden daha fazla bir hızla dışarı kaçabilirdi. Oyukluğu, mikrodalgaları kaçırmayacak şekilde sızdırmaz yaparken, bir yandan da moleküllerin içeri girip çıkmasına olanak verecek şekilde ayarlayabilmek, dikkatli olunması gereken bir problemdi. Oyukluğun uçlarındaki bu deliklere farklı metal halkalar takarak deneyler yaptık durduk. Bu halkalar mikrodalgaların dışarı kaçmasını yavaşlatırken bir yandan da moleküllerin geçmesine olanak verebilirdi. Çözüm bulundu; son derece basitti. Birgün Jim Gordon, uçları neredeyse tamamen açık bırakmıştı. Böylece elde edilen sonuç önceki her şeyden çok daha iyiydi. Herhangi bir halka takmadığımızda oyukluğun içerisinden bol miktarda molekül geçirebiliyorduk. Bu durumda uçlardan çok fazla ışımanın dışarı kaçabileceği yönündeki kaygımız da yersiz çıkmıştı. Görülüyordu ki halkalar olmadan, oyukluk içerisindeki ışımanın biçimi daha basit bir hale geliyor ve daha verimli bir şekilde içeride tutulabiliyordu. Oyukluk oldukça uzundu ve ışıma, büyük oranda yan duvarlar arasında ileri-geri yansıyordu. Böylece en uçlarda bulunan mükemmel bir daire şekilde açılmış geniş deliklerden dışarıya pek fazla ışıma kaçmıyordu. Belki de bu deliklerin üstüne takarak denediğimiz yarıklı halkalar, kusursuz daireler değildi veya oyukluğa iyi bir şekilde oturmuyorlardı. Bu da oyukluk içerisindeki ışımanın temel rezonans biçimini bozuyor ve gerçekte kayıpları artırıyordu.

1954 yılının Nisan ayı başlarında, öğrencilerimin pek çoğunun da katıldığı bir seminer esnasında, Jim Gordon salona dalıverdi. Açık uçlu düzenekle yapılan testleri tamamlamak için seminere gelmemişti. Cihaz çalışıyordu! Semineri yarıda kestik, salınımın kanıtlarını görmek ve bunu kutlamak için laboratuvara gittik.

Bu olayın ardından yeni salınım cihazı üzerine çalışmalar sürerken, öğrencilerimle beraber yediğim bir öğle yemeğinde, bu yeni cihaz için bir isme ihtiyacımız olduğunu söyledim. Önce Latince ve Yunanca isimler denedik ancak hepsi de çok uzun kaçıyordu. Sonunda, cihazın tarifini veren kelimelerin baş harflerinden oluşan kısaltmayı kullanmaya karar verdik: "microwave amplification by stimulated emission

of radiation".* Böylece ilk "maser" doğmuş oldu. Bu olay, Poly Kusch'un bu fikrin çalışmayacağı konusunda diretmesinden aşağı yukarı üç ay sonra olmuştu. Ancak cihazın çalıştığını gördükten sonra Kusch, bu konuda son derece yumuşak başlı ve kibar bir şekilde, üzerinde çalıştığım şey hakkında, onun bildiğinden daha fazlasını bilebileceğimi, işin en başında anlaması gerektiğini söyledi.

Yaşadığımız tarihsel süreç –maserin daha sonra ortaya çıkan etkilerini ve bunun optik türevi olan laseri de içeren süreç– uzun dönemli herhangi bir bilimsel veya teknik planlama yaparken, göz önünde tutulması gereken önemli bir noktaya işaret ediyor: Kimi bilim tarihçisi geçmişe dönüp baktığında, Donanmanın milimetrelik dalga çalışmalarından bir fayda sağlayacağından eminmiş, hatta maser veya laser gibi bir şeyi tahmin etmişçesine, bizlerin Silahlı Kuvvetler tarafından organize edildiğimize, yönlendirildiğimize ve yönetildiğimize hükmetti. Benzer şekilde, bütçeleri yöneten politikacılar ve idareciler de genellikle, çalışma konularından hangilerinin faydalı olacağına finansmanı sağlayan kurumun karar vermesi gerektiğine inanır ve planların bu konular üzerinde odaklanmasını ister. Bizim bakış açımızdan, Donanmanın maser veya laser gibi bir şeye yönelik herhangi bir somut beklentisi yoktu. Bu alandan çıkarılabilecek yeni bir şey, tamamen bize kalmıştı. İşe yaradığı ispatlandıktan bir süre sonrasına kadar ordu, benim maser çalışmalarıma oldukça ilgisiz gibi görünüyordu. Kritik olan, ilginç ve önemli olduğunu düşündüğüm şey ne ise onun üzerinde çalışmada özgür olmamdı. Bazen geçmişe dönüp bakınca sebep ve sonuç yer değiştirmiş gibi algılanabilir. Sanayi ve ordu, cömert ödenekler için önemli kaynaklardı; fakat –pek çok akademisyenin de paylaştığı ortak bir deneyim olarak– kariyerim boyunca sponsorlar da dahil olmak üzere, başkalarını sık sık kendi iç güdülerimi ve ilgi alanlarımı takip etmem için beni serbest bırakmaları konusunda ikna etmek zorunda kaldım. Genellikle bu yaklaşım faydalı sonuçlar verir.

---

* Işımanın uyarılmış salımıyla mikrodalganın güçlendirilmesi. [*—çev. notu*]

5

MASER COŞKUSU VE YANSIMALAR ZAMANI

Maserin çalışacağı ispatlanmadan önce –hatta ispatlandıktan sonra bile– gerçek anlamda yeni herhangi bir fiziki prensip kullanılmamış olmasına rağmen, bu cihazın işleyişine dair açıklamalarımızı, bazı saygın fizikçiler inandırıcı bulmadı. Bu fizikçilerin itirazları, salınım cihazları ve molekül ışınları konusunda son derece bilgili olup, projeyi daha başlangıçta durdurmaya çalışan Rabi ve Kusch'un itirazlarına kıyasla çok daha derinlere gidiyordu. Rabi ve Kusch, anafikre asla karşı çıkmamışlar, fakat bunun uygulamada yapılabilecek bir şey olmadığını, temel fizikle ilgili daha anlamlı çalışmalarda kullanılabilecek olan bölüm kaynaklarını ziyan ettiğini düşünmüşlerdi.

Columbia'daki önde gelen kuramsal fizikçilerden Llewelyn H. Thomas bana, maserin, temel fizik prensipleri uyarınca, öngördüğüm performans içerisinde saf bir frekansta çalışmasının kesin bir şekilde mümkün olamayacağını söylemişti. Kendisinden o derece emindi ki açıklamalarımı dinlemeyi neredeyse reddetti. Cihaz çalıştıktan sonra ise benimle münasebeti kesti. Bölümün genç fizikçilerinden biri, cihazın başarılı bir şekilde çalıştırılmasından sonra, benimle cihazın söylediğim şekilde çalışmadığına dair, bir şişe viskisine iddiaya girdi (sonunda ödedi.)

İkinci maseri yapıp, elde edilen frekansın gerçekten de hayret verici şekilde saf olduğunu gösterdikten kısa bir sonra Danimarka'ya gitmiş, kuantum mekaniği alanındaki gelişmelerin öncüsü, büyük fizikçi Niels Bohr'la görüşmüştüm. Sokak boyunca beraberce yürürken, doğal olarak bana neler yaptığımı sormuştu. Ben de maseri ve gösterdiği performansı

açıkladım. Hayretini gizlemeyerek "Ama bu mümkün değil" dedi. Mümkün olduğu konusunda kendisine güvence verdim. Benzer bir şekilde, New Jersey'de bulunan Princeton'daki bir kokteylde Macar matematikçi John von Neumann, ne üzerine uğraştığımı sormuştu. Maseri ve frekansındaki saflığı anlattığımda "bu doğru olamaz!" dedi. Ama öyle olduğunu ve hatta bunu deneysel olarak gösterdiğimizi söyledim.

Bu itirazlar, fiziğin anlaşılması zor konuları hakkında bazı fikirlerin iyi anlaşılmamış olmasından kaynaklanmıyordu. Aksine, itirazlar bu insanların ta kemiklerine kadar işlemiş bilgilerinden kaynaklanıyordu. İtirazların temeli fiziğin belirsizlik ilkesiydi. Heisenberg belirsizlik ilkesi, kuantum mekaniğinin yapı taşlarından biridir ve 20. yüzyılın ilk yarısında fizikte yaşanan baş döndürücü yaratıcılık patlamasının en önemli başarıları arasında yer alır. Newton'un yasaları klasik fiziğin temellerini nasıl oluşturuyorsa, bu ilke de kuantum kuramının temellerinden birini oluşturur. Adından da anlaşılabileceği üzere, bir sistemin tüm özellikleri hakkında kesin bir bilgiye sahip olmanın imkânsızlığını belirtir. Bir parçacığın ve cismin herhangi bir özelliğini çok kesin bir şekilde ölçmenin veya belirlemenin getireceği bir bedel olduğunu söyler. Bu durumda, diğer bazı özellikleri bilme veya kontrol etme imkânı kalmaz.

Bu prensiple ilgili en sık başvurulan örnek; bir parçacığın konumunun ve momentumunun aynı anda sınırsız bir doğrulukta bilinemeyeceğidir. Araştırmacı, birisini ölçebilmek için diğerini feda etmelidir. Bu problem, ölçüm cihazlarının sınırlarıyla ilgili değildir. Bu, evrenin doğasından kaynaklanan bir özelliktir. Bunun bir sonucu olarak ortaya çıkan ve maserden şüphe edenlerin kafasını karıştıran prensip, çok kısa bir zaman aralığı içerisinde bir cismin frekansının (enerjisinin) çok kesin bir doğrulukta ölçülemeyeceğidir. Belirli bir zaman aralığında yapılacak olan ölçümler, frekans bilgisine otomatik olarak bir belirsizlik katacaktır.

Belirsizlik ilkesini iyi bilen pek çok fizikçi için maserin sergilediği performans, ilk bakışta tamamen anlamsız görünmüştü. Moleküller, oyukluğun içerisinde ancak çok kısa bir süre için, saniyenin yaklaşık on binde biri kadar bir süre için

bulunurlar. Bu nedenle fizikçiler, ışımanın frekansının bu derece kesin bir saflıkta olabilmesinin mümkün olamayacağını düşünmüştü. Biz ise onlara maserde gerçekleşen şeyin bu olduğunu söylüyorduk.

Belirsizlik ilkesinin bu durumda geçerli olmamasının elbette iyi bir sebebi var. Maser, net bir şekilde belirlenmiş ve seçilmiş bir molekülün enerjisi veya frekansı hakkında bir bilgi vermez. Bir molekül ışıma yapması için uyarıldığında (normalde oluşan "kendiliğinden ışımadan" farklı olarak) uyaran ışımayla tamamen aynı frekansı üretmek zorundadır. Ek olarak, maser salınım cihazı içerisindeki ışıma, beraberce çalışan çok sayıdaki molekülün ortalamasını temsil etmektedir. Her bir molekül meçhul kalmakta, kesin bir belirlilik içerisinde takip edilmemekte veya ölçülmemektedir. Maserin kesinliğini, belirsizlik ilkesinin aşılamaz gibi görünen gereklerini yumuşatmasından kaynaklanır.

Uygulamaya dönük işleri nedeniyle, karşılarına belirsizlik ilkesi gibi küçük bir zümreye ait kavramlar pek çıkmamış olan mühendisler, maserin kesin olarak belirlenen frekansıyla ilgili herhangi bir problem yaşamadılar. Uzun zamandır salınım cihazları ve oyuncaklarla uğraşagelmişler, farklı fiziksel olaylardan faydalanarak oldukça kesin frekanslar elde edebilmişlerdi. Maser salınım cihazının, söylendiği şeyi yaptığını kabullendiler. Aşina olmadıkları kavram, masere güçlendirme özelliğini kazandıran uyarılmış salım fikriydi. Maserin doğumu, hem mühendislik hem de fizik alanlarından kaynaklanan içgüdülerin ve bilgilerin bir bileşimini gerektirmişti. Hem mühendislik hem de fizik becerisi, bilgisi ve deneyimi gerektiren bir dal olan mikrodalga ve radyo spektroskopisi konusunda çalışan fizikçiler, maserin önemini derhal anlamışlardı. Kendileri de benzer bir alanda çalışmakta olan Rabi ve Kusch, kavramın arkasındaki temel fizik prensiplerini hemen kabullendiler ancak kimi başkaları için bu fikir kafa karıştırıcıydı.

Bohr'u en sonunda ikna edip edemediğimden pek emin değilim. Danimarka'da sokak boyunca yürürken anlayış dolu bir üslupla bana, eğer moleküller maserin içerisinden bu denli hızlı bir şekilde geçip gidiyorsa, bu durumda

oluşturacakları salım çizgileri* geniş olmalıdır demişti. Israrımı sürdürdüğümde "Evet. Belki de haklı olabilirsin" diye cevap vermişti. Ancak bana sadece genç bir fizikçiye karşı kibar davranmaya çalışıyor gibi gelmişti. Von Neumann, Princeton'daki partide ilk sohbetimizin ardından yanımdan uzaklaşıp bir kadeh daha yuvarlamıştı. Sonra durumu idrak ederek "Evet. Haklısın" demişti. Von Nuemann masere çok ilgi göstermiş ve bana bunun yarıiletken malzemeler kullanarak daha kısa dalga boylarında yapılıp yapılamayacağını sormuştu. Ölümünden sonra çıkan yayınlardan öğrendiğime göre, zaten bu olaydan daha önce, 19 Eylül 1953 tarihinde Edward Teller'e gönderdiği bir mektupta, anlaşıldığı kadarıyla yoğun bir nötron-ışıma bombardımanıyla elektronları yüksek enerji seviyesine çıkararak yarıiletkenler içerisinde bir kızılaltı uyarılmış salım ışıması çağlayanı oluşturmayı öne sürmüştü. Bu mektubunda, yaptığı hesaplara ek olarak Von Nuemann fikrinin bir özetini şöyle vermişti:

> Kritik olan nokta; bir t_1 süresi boyunca termodinamik dengesizliğin sürdürülmesi gerektiği ve bu sürenin, dengesizliği yıkacak olan bir tür kendisinin-katalizörü olan ve kendiliğinden başlayan olayın e-üssü** ifadeli t_2 süresinden uzun olması gerektiğidir. Tartışılan örnekteki kendisinin-katalizörü olan etken –yakın kızılaltında dalga boyu 18.000 angström olan [1,8 mikrometre]– ışıktır. Bundan daha iyi fiziksel mekanizma örnekleri bulunabilir. Fikir tutarlı bulunursa, pratik olarak faydalı olabileceğini düşündüğüm uygulamalar olmakla beraber, gerçek kullanımına dair sorulara burada değinmedim...

Bu fikirleri, neredeyse bir laser demekti; ancak uyarılmış salımın eş-fazlılık özelliğini kullanmayı denememiş veya yansıtıcı bir oyukluğu düşünmemişti. Teller'den herhangi bir cevap gelmişe de benzemiyordu. Bu nedenle tüm fikir göz ardı edilmişti. 1963'te çalışır bir laser yapıldıktan sonra von Nuemann'ın bu konu hakkında daha önceden yürüttüğü fikirleri ve hesapları yayımlandı. Ancak bundan önce von Nuemann ölmüştü ve

---

* Oluşan salımın frekans aralığı [—*çev. notu.*]

** Doğal logaritmadaki *e* anlamında [—*çev. notu.*]

hiçbir zaman onunla 1953'te geliştirdiği ve biz maseri yaptıktan sonra alçak gönüllü bir şekilde sessiz kaldığı fikirleri hakkında görüş alışverişi yapma imkânı bulamadım.

1954 baharında, Amerikan Fizik Topluluğu'nun Washington D.C.'deki toplantısını düzenleyen heyet, yeni salınım cihazımızı anlatan bir son-dakika bildirisi* sunmamızı kabul ettiler. O tarihte Columbia'dan ayrılarak Berkeley'ye geçmiş olan Bill Nierenberg, sonraları bana bu bildiriyi son derece heyecan verici bir gelişme olarak değerlendirmiş olduğunu söyledi. Ne var ki toplantıda derhal bir ilgi uyandırdığımız genel olarak söylenemez. Raporumuz, topluluğun bu toplantının sonuçlarını duyurduğu yayın için çok geç kalmıştı. Bu nedenle konu hakkındaki ilk yayınımız, o yılın yazında *The Physical Review* dergisinin Mektuplar bölümünde çıkmıştı.

Elde edilen frekansları birbirleriyle karşılaştırabilmek amacıyla ilk maser çalışınca neredeyse derhal bir ikincisini yapmaya koyulmuştuk. Bu sırada ekibimize Çin'den, oldukça fazla mühendislik deneyimi olan Tien Chuan Wang isimli bir öğrenci de katılmıştı. İkinci maseri aşağı yukarı altı ay içerisinde çalışır duruma getirmiştik. Maserlerin her ikisi de amonyağın, saniyede yaklaşık 24 milyar periyoda karşılık gelen 1,25 santimetre dalga boyundaki geçişlerini kullanıyordu. Özünde her iki cihaz birbirinin aynı olsa da tamamen aynı frekansta çalışmalarını beklemiyorduk. Rezonansı sağlayan oyukluklarının boyutları arasında ufak bir fark, iki sinyalin birbirlerinden biraz –100 milyonda 1 birim kadar– farklı olmasına sebep olabilirdi. Sinyallerinin sabitliğini test edebilmek için iki maserin çıkışlarını üst üste bindirerek beraber "ritim" tutmalarını sağladık. Sinyaller farklı veya aynı fazlarda geliyor ve örtüştüklerinde saniyede birkaç yüzlük periyoda karşılık gelen, duyulabilir frekansta bir sinyal oluşturuyorlardı. Elde edilen şey bir bakıma çift pervaneli bir uçağın uğultusuna benziyordu. Hızları azıcık farklı olan mo-

---

* Aslında bir "son kabul tarihi sonrası" anlamına gelen "post-deadline" bildirisi. Bu tür bildiriler bilimsel kongrelerde, çok yakın bir zamanda kaydedilen ancak son dakikaya yetişen büyük gelişmeleri duyuran bildirilerdir. [—*çev. notu*]

torlardan birinin yınlaması diğerininkini dönüşümlü olarak bir güçlendiriyor bir söndürüyor gibiydi. Maserlerimizde elde edilen bu örtüşme sinyali oldukça sabitti. Sinyalin kusursuz sinüs biçimi, bize derhal maserlerin çok net, neredeyse hiç değişmeyen frekanslarda çalıştıkları bilgisini vermişti. Eğer maserlerden birinin dalga boyunda önemli bir değişim olsaydı, elde edilen örtüşme sinyali gürültülü veya düzensiz olurdu, ancak durum bu değildi. Bu uygulama ve diğer testlerden elde ettiğimiz verilerle hazırladığımız daha uzun ve ayrıntılı bir makaleyi, maserin ilgi uyandırıcı özelliklerini diğer fizikçilere de duyurabilmek amacıyla, Ağustos 1955'te *The Physical Review* dergisinde yayımladık.

Merak dalgası yayıldıkça laboratuvarımıza arkası kesilmeyen bir ziyaretçi akını başladı. Bu yeni cihazla deneyler yapmak konusunda özellikle hevesli olan Pasadena'daki Jet İtki Laboratuvarları, bizimle vakit geçirmesi için Walter Higa'yı yanımıza gönderdi. Palo Alto'daki Stanford kampüsü yakınlarında bulunan ve ticari maserler yapmak isteyen Varian Associates Inc. firması ekibiyle de düzenli olarak görüşüyorduk. 1950'lerin sonlarında, katıları kullanarak üretilen maserler ortaya çıkıp da maserlerle ilgili önemli bir kısmı şüpheli olan makaleler *The Physical Review* dergisine yağmur gibi yağmaya başlayınca, derginin editörleri maser yazılarına ilişkin olarak geçici bir durdurma kararı ilan ettiler! Bildiğim kadarıyla böyle bir şey derginin tarihinde ilk ve son kez olmuştu. Maser araştırmalarının popülerliği artık bir şaka konusu haline gelmişti. Sıkça yapılan bir şaka, maserin "masraflı araştırmalara kaynak edinme bahanesi" anlamına geldiğiydi. Gerçekten de maserin, araştırma fonu bulmada bize epey faydası dokunuyordu.

Gordon, Zeiger ve ben daha ilk maseri çalıştırmayı başarmadan önce, bu cihazın vereceği değişmez ve net frekansın, olağanüstü hassas bir "atom" saati yapma konusunda bir temel sağlayabileceğini fark etmiştik. Maserin ortaya çıktığı sırada zaten zaman ölçümü konusunda etkileyici ve hızlı teknolojik gelişmeler yaşandığı için, bu alana uygulanması aşikârdı. Zaten bir zamanlar ben de atom saati olarak bilinen cihazlarla ilgilenmiştim. O döneme kadar, özellikle Bell

Laboratuvarları'nda geliştirilen en iyi saatlerde kuartz kristalleri kullanılıyordu. Ne var ki bu kristallerin temel frekansları, kısmen mekanik titreşimlerin mikrometreden küçük kuartz parçaların dökülmesine sebep olmasıyla giderek değişir. Bunun sonucu olarak da kuartz saatleri 100 milyon birimde 1 hassasiyetle ölçüm yapabilir. Bu kulağa çok iyi bir değer gibi gelebilir; ancak fizikçiler bundan kat ve kat daha iyi hassasiyetler istiyordu. Bu problem üstünde pek çok fizikçi kafa yormuştu. Ben henüz Bell Laboratuvarları'ndayken Rabi, molekül ışınlarında radyo-frekansındaki geçişlerin sabit dalga boyunu kullanmayı önermiş, ben de amonyağın spektrum çizgilerini temel alan deneysel bir "saat" yapmıştım.

ABD Ulusal Standartlar Enstitüsü'nde elektrik mühendisi olarak çalışan ve sağlam bir fizik temeline sahip olan Harold Lyons'ın atom saatlerine özel bir ilgisi vardı. Benden danışman olarak yardım almış, geniş kapsamlı ve bütünüyle işler ilk atom saatini 1949'un başlarında çalışır hale getirmişti. Cihazın hassasiyeti kuartz kristalli saatlere göre çok ileri değildi, fakat doğru yönde atılmış bir adımdı ve kamuoyunda ilgi uyandırmıştı. Uluslararası İletişim Ajansı'nın *Amerika'nın Sesi* olarak bilinen radyo yayını, gazeteci Edward R. Murrow ve Ulusal Standartlar'ın bağlı bulunduğu ABD Ticaret Sekreteri, bu cihazı gündeme taşımışlardı.

Saatlere temel oluşturabilecek şekilde maserin, elde edilebilecek en saf frekansı –en azından kısa süreler boyunca– üretmesi olasıydı ve bu olasılık da gerçek oldu. Maseri çalıştırır çalıştırmaz Lyons'a, mükemmel bir sinyal kaynağına sahip olduğumuzu duyurdum. Bu prensibe dayanarak yapılan saatler, gerçekten de son derece hassastırlar. Radyo spektroskopisti Norman Ramsey tarafından icat edilen hidrojen maseriyle yapılan cihazlar, bir saatte yalnızca saniyenin 30 milyarda biri kadar ileri veya geri kayar.

Böyle bir saat yapmak için tek yolun sadece bir maser olmadığına dikkat çekmek isterim. Başka bir tür cihaz, daha uzun süreler boyunca ortalama olarak bakıldığında daha iyi bir hassasiyet sağlar. Bu teknik 1950'lerde, Rabi'nin molekül ışınları üzerine çalışan eski bir meslektaşı olan, MIT fizikçilerinden Jerrold Zacharias tarafından geliştirildi. Bu yön-

temde, uyarılmış salıma başvurulmadan, sezyum atomları ışını kullanılır. Günümüzde yaygın olan bu tür saatler, en iyi uzun dönemli hassasiyeti sağlar.

Tarihsel olarak, biraz da yanlış bir şekilde, maser ve sezyum atomu saatleri beraberce atom saatleri olarak adlandırılmışlardır. Bu saatler, II. Dünya Savaşı'nı takip eden yıllarda kamuoyunun ilgisini oldukça fazla çekmişlerdi. Haberlerde sürekli atom bombaları ve atom gücünden bahsedildiği bir dönemde atom saatleri, zamanı ölçmek için en uygun şeyler olarak algılanmışlardı. Elbette ilk maser saatler ve Lyons'ın yaptığı türde molekül çizgilerini kullanan saatler, özünde birer "molekül" saatiydi. Maseri temel alan yüksek hassasiyetli bu "atom" saati beni derinden mutlu ediyordu. Çok hassas fizik çalışmaları beni her zaman cezbetmişti. Giderek artan hassasiyetlere olanak veren teknolojik gelişmeler, tüm kariyerim boyunca benim için birer heyecan kaynağı olmuşlardır. Bilimde, diğer hemen her şeyde olduğu gibi, eğer bir şey çok yakından ve dikkatle incelenirse, hemen her zaman yeni bir bakış açısı kazanılır. Maser salınım cihazı esas alınarak yapılacak bir saatin pek çok konuda, örneğin Dünya'nın dönüşünün veya gök cisimlerinin hareketinin hassas ölçümünde oldukça faydalı olabileceğini görüyordum. Hassas zaman ölçümleri, görecelik kuramını ve bu kuramın zaman-hareket arasındaki bağlantıya yönelik öngörülerini sınayabilecek deneyleri olanaklı kılabilirdi. Yön-koordinat bulma gibi diğer pratik uygulamalar da daha hassas zaman birimlerinden faydalanabilirdi. Bu sıraladığım nedenlerden ötürü daha hassas zaman ölçümlerinin gerçekleştirilmesi, Ulusal Standartlar Bürosu'na (sonradan Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü adını almıştı) ve Birleşik Devletler Donanma Gözlemevi'ne verilen görevlerden biriydi. Günümüzde yeryüzünde herhangi bir yerde veya gökyüzünde yerimizi yalnızca birkaç metre hata payıyla bulmamızı sağlayan küresel konumlandırma sistemleri (GPS'ler) atom saatleri esas alarak çalışırlar.

Harold Lyons'la olan etkileşimim ve işbirliğim, bilim dünyasında faydalı sonuçlar veren ve çok farklı biçimlerde ortaya çıkan şaşırtıcı ilişkilere yalnızca bir örnektir. Bilimin yeterince takdir edilmediğini düşündüğüm, fakat kesin tarifi

verilemeyecek sosyal bir yönü vardır. Bununla şunu demek istiyorum: Yeni gelişmeler ve buluşlar ortaya çıktıkça, bilimciler ve fikirleri, sık sık rastgele bir biçimde bir araya gelir ve bu durum, o esnada, tek yanlı ve pratik bir çözüme yönelik bir amaca hizmet eder gibi görünse de, hiç kimsenin öngöremediği şekillerde fayda sağlayabilir.

Lyons'la 1948 yılında ben Columbia'ya geçtikten sonra başlayan münasebetimizin yıllar sonra ortaya çıkan etkileri, rastlantısal ancak önemliydi. Lyons, 1955 yılında spektroskopi ve kuantum elektroniği (bu, maser araştırmaları ve teknolojilerini ifade etmek için bulduğumuz bir isimdi) alanlarında çalışacak bir grup kurmak amacıyla California'daki Hughes Araştırma Laboratuvarları'na geçti. Yanında Standartlar Bürosu'ndan mikrodalga spektroskopisinde deneyimli birkaç kişiyi de götürmüştü. Hughes'dayken mükemmel fizikçilerden oluşan bir grubu da işe almıştı. Bunların arasında, daha sonra bahsedeceğimiz üzere, laserin keşfinde en önemli rollerden birini üstlenen Ted Maiman vardı. Maiman doktorasını, Willis Lamb'in yanında radyo ve mikrodalga alanında yeni bitirmiş bulunuyordu. Stanford'a geçmiş olan Lamb'i ise, Columbia'dan ve Işıma Laboratuvarları'ndan yakından tanıyorduk. Tohumları ilk kez Columbia'da atılmış olan bir ilişkiler ağı, zamanla yayılarak tüm ülkeyi sarmıştı. Bilimde genellikle bir keşfe giden, kaçınılmaz, katı kurallı ve hedefi belirli bir yol, ya da olayları belirleyen veya kontrol eden her şeye hâkim bir bilgi edinme yöntemi yoktur. Belki tıpkı maserde olduğu gibi, kimi keşifler için bir tür genel kaçınılmazlıktan bahsedilebilir; ancak bu, keşiflerin zamanlamasını veya olayların kesin sıralamasını belirlemez. Birisinin aklına bir fikir gelir, bununla ilgili deneyler yapar, insanlarla tanışır, tavsiye ister, eski arkadaşlarına ulaşır, beklenmedik yorumlar duyar, yeni fikirleri olan yeni insanlarla tanışır ve bu süreç içerisinde kariyer rotasında dönüşler olur, zaman zaman talihli patikalara sapar ancak bu yollar çok nadiren, uzaklardan görülebilen oklarla işaretlenmiştir. Maserin ve laserin gelişimiyle bu cihazların kariyerimdeki ve genel olarak da bilim ve teknolojideki etkileri, insanların doğasında olan anlama, keşfetme ve yaratma arzuları dışında herhangi

bir plana itaat etmedi. Laserin gelişim biçimi, genel olarak, önemli bir teknolojinin insanların ihtiyaçlarına uyarlandığında, temel bir üniversite araştırması olmaktan çıkıp nasıl gelişeceğine dair çarpıcı bir örnek teşkil etmektedir. Böyle durumlarda sıkça olduğu üzere, laserin de gelişim biçimi önceden planlanması mümkün olamayacak bir şeydi.

Daha yoğun bir ışık isteyen hangi araştırmacı işe mikrodalga etkileri olan molekülleri incelemekle başlar? Laserin birer uygulaması olarak ortaya çıkan teknolojilerden örnek vermek gerekirse; yeni kesme ve kaynak cihazları isteyen hangi sanayici veya yeni cerrahi araçlar isteyen hangi doktor mikrodalga spektroskopisi konusunda araştırmalara önem verilmesini ister? Tüm kuantum elektroniği alanında yaşananlar, geniş uygulama alanları olan teknolojilerin, temel araştırmalardan umulmadık bir şekilde gelişerek ortaya çıkışını anlatan bir ders kitabı olabilir.

O günkü kaygılarımıza dönecek olursak, ilk maser üzerine çalışırken öncelikli hedefimiz yüksek frekanslı bir salınım cihazı yapmaktı. Bu konuda çalışmaya başladıktan kısa bir süre sonra bunun, spektroskopide kullanılabileceği gibi harika bir de güçlendirici olabileceğini fark ettim. Bell Laboratuvarları'nda oldukça aşina hale geldiğim eski model elektronik güçlendiricilere kıyasla maser, yüzlerce kat daha hassas olabilirdi. Güçlendirici denen şey, elbette bir taraftan düşük güçte giren bir sinyali diğer tarafından çok daha güçlü bir şekilde çıkarmaya yarayan cihazdır. Daha hassas olması da, giren sinyalin çok daha zayıf olabilmesi ama güçlenerek çıkan sinyalin hâlâ temiz olması anlamına gelir. Jim Gordon, küçük sapmalar da dahil olmak üzere, (burada kullanılan yaklaşımı daha sonra Art Schawlow'la beraber lasere uyguladık) maser salınım cihazının temel özelliklerinin pek çoğunu kuramsal olarak inceledi. Yine de maserin düşük-sinyal performansıyla ilgili derinlemesine kuramsal açıklamaları, başka bir deyişle, çok az gürültü ve bozulmadan feragat etmeden bir sinyali en fazla ne kadar güçlendirebileceğine dair kesin istatistiksel açıklamayı yapana kadar epey süre geçmesi gerekmişti.

İlk maserin çalışır duruma gelmesini takip eden bir-iki yıl

boyunca cihazı çeşitli spektroskopik çalışmalarda kullanmanın yanı sıra, bu teknolojiyi genişletmenin yolları konusunda kafa yordum. Maser, temel prensipleri gösterme konusunda iyi bir iş çıkarmıştı ancak faydalı bir araç olarak değerlendirilebilmek için çok sınırlıydı. Daha kısa dalga boylarında çalışacak, üstelik dalga boyu da ayarlanabilecek maserlere ihtiyacımız vardı. Amonyağın farklı rezonans frekansları seçilebilse de özünde amonyak maseri sabit frekanslıydı. Atom ve moleküllerin spektropskopilerinin incelenmesinde kullanılacak olan ideal bir cihazın frekansı, geniş bir bant aralığında ayarlanabilir olmalıydı. Böylece cihazın çıkışı farklı değerlere ayarlanarak atom ve moleküllerdeki rezonanslar gözlenebilir, bunun sonucunda da geçişleri ve enerji seviyeleri belirlenebilirdi. Benzer nedenlerden ötürü amonyak maserinin bir güçlendirici olarak kullanım alanı sınırlıydı. Pek çok arkadaşım, amonyak maserinin ilginç bir fikir olduğunu ancak bu kadar dar bir frekans aralığında olması ve bunu ayarlamanın hiçbir yolu olmaması nedeniyle, iyi bir saat olması dışında, pek bir pratik değer taşımadığını düşünüyordu.

Columbia'da tuttuğum not defterime ayarlanabilir maserlerle ilgi bazı fikirlerimi çiziktirdim. Bunların arasında maseri oluşturan ortam olarak gazlar yerine katıları kullanma kavramı da vardı. Pek çok katı içerisinde dışarıdan bir manyetik alan etkisi olduğunda elektronlar spin yönlerini değiştirirler ve mikrodalgaları soğurup salabilirler. Öyleyse bir katıya enerji yükleyerek elektronlarının büyük çoğunluğunun aynı yönelime geçmesini sağlamanın mümkün olduğu düşünülebilirdi. Bundan sonra katının içerisinde hareket eden bir uyarılmış salım dalgası, elektronlar diğer yönelime geçerken enerji kazanarak ilerleyebilirdi. Dışarıdan uygulanan manyetik alan değiştirilerek spinlerin değişimi sırasında salınan enerji de değiştirilebilir, böylece frekans da ayarlanabilirdi.

Nisan1955 başlarındaki o dönemde, İngiltere'deki Faraday Topluluğu toplantısında ufkumu açan bir rastlantı oldu. Ancak o günlerde ne olduğunu anlatabilmek için önce maser ve laser keşfedildikten çok sonraları olan ve artık teknoloji camiasında yer etmiş güncel bir olaya değinmem gerek. Bu olay 1991 yılında Monterey, California'daki 7. Disiplinler Ara-

sı Laser Bilimi Konferansı'nda gerçekleşti. İki meslektaşım, Arthur Schawlow ve Alexander ("Sasha") Prokhorov onuruna düzenlenen bir oturumu açmak üzere orada bulunuyordum. Toplantıya katılanlar arasında, Sovyet Bilimler Akademisi tarafından Prokhorov'un onuruna kurulan ve kendisinin yöneticiliğine getirildiği Genel Fizik Enstitüsü'nden bir Rus fizikçi de vardı. Enstitü'nün temsilcisi bana kurumu anlatan güzel bir broşür verdi. Broşürde şöyle yazıyordu:

> 1954 yılında FIAN Salınım Laboratuvarları'nda, A. M. Prokhorov ve N. G. Basov tarafından amonyak moleküllerinden oluşan bir ışını kullanarak çalışan ilk maserin geliştirilmesiyle ortaya çıkan kuantum elektroniği alanına özellikle vurgu yapmak gerekir. Aynı keşif aynı zamanlarda C. H. Townes tarafından bağımsız bir şekilde ABD'de yapılmıştır.

Prokhorov, Basov ve ben sonunda aynı Nobel'i paylaşmış olsak da ve bu alanda gerçekten de bağımsız fikirleri olduysa da, "ilk maseri geliştirdiler" açıklaması apaçık bir şekilde yanlıştı. Maserin ve laserin getireceği kamuoyu ilgisi nedeniyle bu tür çalışmalara katılmış kurumların halkla ilişkiler personeli, kendi bilimcilerini olabildiğince öne çıkarmak istedi. Birleşik Devletler'deki bazı kurumlar da dahil olmak üzere kimileri, bu arzuya çok fazla kapıldılar.

Prokhorov ve Nikolai G. Basov'la ilk karşılaşmam 1955'te, İngiltere'deki bahsettiğim Faraday Topluluğu toplantısında olmuştu. Bundan daha önce Prokhorov'un mikrodalga spektroskopisi üzerine birkaç makalesini görmüş olabilirim ancak çalışmalarından pek haberdar değildim. Cambridge'de ise uyanmamı sağlayan bir şey olmuştu. O dönemlerde Sovyet bilimcileri ABD'ye gelmeleri neredeyse hiç duyulmamış bir şeydi, fakat İngiltere'ye biraz daha kolay gidebiliyorlardı. Bu nedenle o toplantıda bulunuyorlardı. Konferansa amonyak maserimizle elde ettiğimiz sonuçlarla ilgili bir bildiri göndermiştim, ne var ki konferansın yöneticisi, konunun planladıkları başlıklarla örtüşmediğini belirtmişti. Bu nedenle ben de moleküllerdeki manyetik etkiler üzerine bir konuşma yapmıştım. İki Rus ne konu hakkında konuşacaklarını önceden bildirmemişlerdi, fakat bu durum, toplantıya katılımları bile kesin olmayan Sovyetler için alışılagelmiş bir davranıştı. Sıra

onlara geldiğinde, beni hayretler içerisinde bırakarak, bir amonyak maserinin (elbette o sıralarda buna maser demiyorlardı) nasıl çalışabileceğini anlattılar. Öne sürdükleri her şey kuramsaldı, ancak bu cihazın yakın bir gelecekte çalışacağına inandıklarını söylemişlerdi. Sunumları bittiğinde ayağa kalktım ve "Bu son derece ilginç" dedim. "Bizde bu bahsettiğiniz cihazlardan çalışır durumda olan bir tane var." Bu, aynı zamanda bana sonuçlarımızı özetlemem için bir fırsat vermiş oldu. Ancak bu olaydan sonra Basov ve Prokhorov'un böyle bir cihazın olabilirliği üzerine bir makale yayımladıklarını öğrendim. Bu konuya aşağıda değineceğim.

Onlarla beraber vakit geçirmek eğlenceliydi. Beraberce Cambridge sokaklarında dolaşmaya başladık. Bu esnada toplantı alanında olduğundan daha özgürce konuşabiliyor gibiydiler. Bizim maserimizin nasıl çalıştığını öğrenmek konusunda son derece hevesliydiler, çünkü kendilerininki hâlâ sorunlar çıkarıyordu. Onların çalışmalarını ve durumunu öğrenmek konusunda ben de en az onlar kadar hevesliydim. Molekül ışıması ve rezonatör oyukluk da dahil olmak üzere temel bileşenlerin çoğuna sahiptiler. Gözden kaçırdıkları tek şey anlaşılan dört kutuplu odaklayıcıydı. Ben bu fikri 1951 yılında Alman fizikçi Paul'den duymuştum. Paul de bunu yine 1951 yılında yayımlamıştı ve artık 1954 yılındaydık. Bu nedenle Rusların bunu kullanmayı neden düşünemediklerini açıklayacak inandırıcı bir sebep yoktu; ama işte, kullanmamışlardı. Onlara dört kutuplu odaklayıcının önemi de dahil olmak üzere yaptığım her şeyi anlattım. Onlar bilimciydiler, hem de iyi birer bilimciydiler; gizli ajan filan değillerdi. Her zaman üniversite araştırmalarımı diğer bilimcilerle açık bir şekilde paylaştım, hâlâ da paylaşırım. Onlar da çok geçmeden amonyak maserlerini çalıştırabildiler hatta dörtten fazla kutup koyarak odaklayıcıyı daha da geliştirdiler. Takip eden maserlerin bir kısmı onların geliştirdiği çok kutuplu tipteki odaklayıcıları kullandı. Basov ve Prokhorov 1955 yılındaki Cambridge toplantısında sundukları makaleyi yayımladıklarında bizim halihazırda yayımlanmış bulunan çalışmalarımıza uygun şekilde atıfta bulundular. Aynı zamanda 1954 yılında yayımlanarak fikirlerini duyuran kendi makalelerine de

atıfta bulundular. Onların makalesini önceden görmemiştim ama elbette sonradan aradım, buldum. Bizimkine şaşırtıcı bir şekilde benzeyen bir ışın fikirleri vardı, ancak başlangıçta sodyum florür kullanmayı düşünmüşlerdi. Bu ise elde etmesi son derece güç bir rezonatör kalite faktörü gerektiriyordu. Columbia Üniversitesi'nin bir iç yayını olan ilerleme raporlarına ulaşma imkânlarının olup olmadığını bilmenin herhangi bir yolu olamazdı. Bu raporlar özel olarak Sovyetler Birliği'ne gönderilmiyor olmakla beraber kardeş laboratuvarlarda, örneğin Harvard'ın kütüphanesinin raflarında bulunuyordu. Şahsi olarak fikirlerinin büyük bir kısmını bağımsız bir şekilde, mikrodalga spektroskopisi alanındaki çalışmalarının doğal bir sonucu olarak geliştirdiklerini düşünüyorum.

Prokhorov ve Basov birer beyefendi ve iyi birer bilimciydi. Columbia'daki ekibimizden önce çalışan ilk maseri kendilerinin geliştirdiği iddiasını onların öne sürmediğinden eminim. Ancak bu durum, Sovyetler Birliği'nde bir şeyleri ilk önce icat etme ve Batının, özellikle de Birleşik Devletler'in önüne geçme konusunda bilimcilerin nasıl bir baskı altında olduğunu sergiliyordu. Onlar da kendini adamış ve sadık birer komünistti. Olayların üzerinden çok uzun zaman geçmiş olduğu bir dönemde Andrei Sakharov hakkındaki fikirleri nedeniyle ne kadar zıt düştüğümüzü hatırlıyorum. Bir dönem anti-komünist vurguları olan bir kamuoyu açıklaması yapan Sakharov'a karşı çok sert bir kamuoyu bildirisinin altına imza koymuşlardı.

Kanaatimce, maseri oluşturan önemli kavramların Rusya'da bağımsız bir şekilde bir araya gelmekte olduğu açıkça görülüyor. İşin en ilginç yanı Prokhorov ve Basov'un mikrodalga spektroskopisinde çok sağlam birer altyapılarının olmasıydı. Basov, mikrodalga spektroskopisinde sinyal-gürültü oranını iyileştirebilmek ve spektral-çizgi genişliklerini daraltabilmek amacıyla molekül ışınlarını kullanmayı düşünmüş olduklarını söyledi. Bu fikirler, soğurulma yerine, uyarılmış salıma doğru gelişmişti. Maserle ilgili fikirlerin mikrodalga spektroskopisinin verimli topraklarında yeşermiş olmasının bir rastlantı olmadığını düşünüyorum. Daha önce de bahsettiğim gibi, maserin temellerini atmış olma yönündeki bir iddia

da Maryland Üniversitesi'ndeki Joseph Weber'den gelmişti. O da mikrodalga spektroskopisi geçmişine sahipti ve en azından bir süre için isminin fikri ilk ortaya atan kişiler arasında anılmasını hak ettiğini düşünmüştü. (Bu olayın ayrıntılarını patent tartışmalarıyla ilgili sonraki bölümde anlatacağım.)

Ruslarla karşılaşmam kariyerimde çok verimli bir dönem sırasında olmuştu. Bununla beraber önemli bir safhanın da sonuna geliyordum. Maserler bir heyecan dalgası yaratmış olmakla beraber, genel olarak mikrodalga alanının, fizik bilimi açısından tamamlanmak üzere olduğunu düşünüyordum. Bu alandaki yeni fizik fikirlerinin büyük çoğunluğu hem kuramsal hem de deneysel olarak incelenmişti. Mikrodalga spektroskopisi atom çekirdeklerinin büyük çoğunluğunun spinleri ve biçimleri hakkında kolayca bilgi veren bir inceleme yöntemi olmuştu. Bence artık bu alan daha ziyade kimyacıların ilgi alanı olacaktı. Benim için burada bir nokta koyarak yeni şeylere yönelmenin zamanı gelmişti.

Elbette bu alanı başlatan grubun içerisinde yer almaktan ve olgunluğa erişene kadar bu alanda çalışmaktan büyük haz aldım. Ancak yeni bir alana bir daha, genç bir adamken mikrodalga spektroskopisine eğildiğim şekilde eğilmedim. O zamandan beri, sağlam temeller kazanmaya başladıklarında yenilerine yönelmek gayesiyle enerjimi hep yeni alanlar ortaya çıkarmak için harcıyorum. Başka başka taşlar kaldırıp altlarında ne var diye bakmaktan hoşlanıyorum. Bana ilginç gelen ancak başkalarının dikkatini çekmemiş konuların sınırlarında çalışmak en büyük keyfim. Yeni bir çalışma alanı ortaya çıktığında ve olgunlaşıp başkaları da bu alana geçmeye başladığında, artık benim daha fazla çaba göstermemin kritik olmadığını düşünüyorum. Bu noktada, gözden kaçmış ancak faydalı olabilecek yeni konulara geçmeyi tercih ediyorum. Yalnızca mikrodalga spektroskopisi alanında başkaları da bu konuya dahil olduktan sonra uzun süre kaldım.

Mikrodalga spektroskopisiyle olan ilişkime uygun bir nokta koyabilmek için, artık kayınbiraderim olmuş olan Art'la (grubumuza genç bir araştırmacı olarak katıldıktan iki yıl sonra, 1951'de kız kardeşim Aurelia ile evlenmişti) bu konu üzerine bir kitap yazdık. Kitap McGraw-Hill tarafından

1955 yazında basıldı ve bugün bile mikrodalga spektroskopisinde bir ders kitabı olarak baskısı yapılır.

Art'la kitabı bitirdikten sonra ve Faraday Topluluğu'nun toplantısının hemen ardından *sabbatical** iznine ayrıldım. O dönemde Columbia'da 3 yıllık Fizik Bölümü Başkanlığı görevini tamamlamış, çalışmalarıma kasten ve uzun bir ara verecek şekilde yurtdışına gideceğim bir *sabbatical* izin planlamış bulunuyordum. Bu, yaşadıklarımın yansımalarını değerlendireceğim bir süreç olacaktı. Zihnim yeni fikirlere ve yönelimlere tamamen açık olacak, ilginç olan şeyleri arama ve görme fırsatı edinecektim. Bunların başında radyo astronomi, yeni spektroskopi türleri, göreceliği test etme imkânı veren yüksek hassasiyetli ölçümler ve diğer temel fizik konuları geliyordu. Amacım o güne kadar çalıştığım fizik konularından uzaklaşmak olduğu için masere devam edip etmemek konusunda vermem gereken çok önemli bir karar vardı. *Sabbatical* iznim verimli olmuştu. Maserle ilgili karar kendiliğinden verildi. Şaşırtıcı bir şekilde maserin beni peşimden kovaladığı ortaya çıktı.

Bir yıldan biraz fazla bir süre boyunca geçerli ve oldukça sınırsız olan Guggenheim ödeneğim, ek olarak da Paris ve Tokyo üniversitelerindeki öğretim görevlerim için Fullbright ödeneğim vardı. Ama başlangıç olarak Avrupa'da gezmek ve laboratuvarları ziyaret ederek fizikçilerin nelerle uğraştıklarını görmek istiyordum. Bu aynı zamanda kızlarımız için, en azından en büyükleri olan Linda ve Ellen için dünyanın geri kalanını görme fırsatı olacaktı. Küçük kızlarımız Carla ve Holly henüz 6 ve 3 yaşlarındaydılar. Bu nedenle Avrupa gezisi onlara pek bir şey ifade etmiyordu. Bununla beraber Japonya, küçük çocuklar için harika bir yerdi. Japonlar çocukları çok sever. Onların ilginç adetleri, törenleri ve oyuncakları üzerimizde uzun yıllar süren etkiler bıraktı. 1955 yılının yazında dört kızımız da İsviçre ve İsveç'teki kamp-

* *Sabbatical* izni akademik personelin, genel olarak 5 ila 7 yılda bir çıktıkları ve bir yıl kadar süren ücretli izindir. Bu dönem boyunca herhangi bir yükümlülükleri olmadan yeni konulara eğilmeleri veya yeni çıkmış yayınları değerlendirmeleri, sonunda da yeni araştırma ufukları ve planlarıyla dönmeleri beklenir. [*—çev. notu.*]

lara kayıt olunca, Frances'le beraber ilginç yerleri ve bilimsel kurumları ziyaret ederek Avrupa'yı gezdik. Sağda solda apartman daireleri kiralayarak, Innsbruck, Basel, Heidelberg, Cambridge ve Oxford'un da (orada, düşük basınçlarda amonyakla mikrodalga spektroskopisini ilk kez yapan ve bu alanın doğmasına katkı da bulunan Brebis Bleaney'i ziyaret ettim) aralarında bulunduğu yerleri gezdik. Birkaç seminer vererek mikrodalga spektroskopisi ve zaman zaman da maser üzerine konuşmalar yaptım. Ayrıca elimden geldiğince bilimsel sunumlara ve seminerlere katıldım.

Astronomiye özellikle ilgi gösterdim. Bu alan, o güne değin ne kadar katkıda bulunabileceğimi bilemediğim, fakat yıllardır ilgimi çeken bir alandı. Bu nedenle Cambridge'teki radyo astronomi grubunu, Manchester Üniversitesi'ndeki büyük anteni ve Fransız astronom Evry Schatzman'ı ziyaret ettim. Hendrik van der Hulst'un –bu Hollandalı astronom, yıldızlararası bulutlarda bulunan hidrojenin, 21 santimetredeki mikrodalga rezonanslarının gözlenebileceğini öne süren ilk kişiydi– bana, uluslararası astronomi toplantısında, astronomların başka hangi mikrodalga rezonanslarına bakmaları gerektiği konusunda bir konuşma yapmamı teklif edişi benim için çok önemli olmuştu. Toplantı için yıldızlararası boşlukta bulunabileceğini düşündüğüm molekülleri ele alan bir makale hazırladım. Bu hazırlığın, astronomi alanında daha sonra yapacağım çalışmaların bir işareti olduğu ortaya çıktı.

Sonbahar geldiğinde hep birlikte Paris'e yerleştik. Burada bir ofisim vardı ve École Normale Supérieure'de ders veriyordum. Bir Paris kitapçısında Townes ve Schawlow'un mikrodalga spektroskopisi kitabını ilk kez gördüm. Bu benim için bir maceranın sonunu ve önümde açılan yeni bir alanı simgeliyordu.

Paris'teki zamanımı benden çok farklı bir şekilde spektroskopi yapan Alfred Kastler'in, École Normale Supérieure'deki mükemmel laboratuvarında geçirdim. Oradaki öğrencilerin pek çoğu bugün iyi bilinen isimlerdir ve onların kariyerini takip etmek, her zaman mutluluk verici olmuştur. Şans eseri ofisimi parlak bir doktora öğrencisi olan Claude Cohen-Tannoudji'yle paylaşıyordum. Sonraki yıllarda, spektroskopi

alanında yaptığı çalışmalar nedeniyle Nobel Ödülü'nü alacak olan Alfred Kastler'in dışında Claude da bir Nobel kazanacaktı. Claude, École Normale Supérieure'deki önemli isimlerden biri olacak ve atomları laserle son derece düşük sıcaklıklara kadar soğutmayı başararak bu ödülü alacaktı. Önemi daha belirgin olarak görülen bir başka rastlantı da, eski bir mikrodalga spektroskopisi öğrencim olan Arnold Honig'in orada, fizikçi Jean Combrisson'la çalışıyor bulunmasıydı. Arnie bana ilginç bir şey aktarmıştı. O ve Combrisson kısa bir süre önce, içerisinde elektron-spin rezonanslarının –manyetik alan içerisindeki elektronların enerji seviyelerinin– gevşeme süresinin çok uzun olduğu silikon tabanlı bir yarıiletken keşfetmişti. Bu da şu demekti, bu malzeme içerisinde, enerjiyi sağlayan manyetik alanın yönüne göre spinleri bir doğrultuda yönelmiş ve yüksek enerji durumunda bulunan elektronlar, spinleri diğer yöne dönüp düşük enerji seviyesine geçmeden önce, bu şekilde uzun süre kalabiliyorlardı. Bunun için geçen gevşeme süresi 30 saniye kadardı ve bu süre, bildiğim malzemelerin alışılmış değerleri olan saniyenin yüz binde biri gibi rakamlarla kıyaslandığında sonsuz uzun gibi görünüyordu.

Katılardaki elektron-spin rezonanslarını kullanarak bir maser yapılabileceğini bir süredir düşünüyordum, ancak oldukça zor göründüğü için bu fikri bir kenara bırakmıştım. Bu haberi duyar duymaz Arnie'ye "Hey! İşte bu iyi bir maser güçlendirici için tam da bana lazım olan şey" dedim. Bu malzeme hem yüksek enerji seviyesinde uzun süre kalarak uyarılmış ışıma yapmayı bekleyebiliyordu hem de frekansı, uygulanan manyetik alan değiştirilerek ayarlanabiliyordu. İhtiyaç duyulan ayarlanabilir güçlendiriciyi böylece yapabilirdik. Honig, Combrisson ve ben birlikte çalışmamız gerektiği konusunda hem fikir olduk.

O kış bazı bilimsel toplantılara katılmak için kısa bir süreliğine Birleşik Devletler'e döndüm. Paris'teyken Bell Laboratuvarları'ndaki arkadaşlarımla yaptığım telefon görüşmelerinin verdiği cesaretle seyahat rotamı o taraflara doğru biraz değiştirdim. Eski öğrencilerimden Jim Gordon, Bell Laboratuvarları'na geçmişti ve zannediyorum ilk aradığım kişi oydu. Elbette o da maserlerle ilgili şeylere karşı son

derece ilgiliydi. Ona ve elektron spinleri üzerine çalışmış olan Bell Laboratuvarları fizikçilerinden George Feher'e, Paris'teki fikirlerimizden bahsettim ve bazı özel üretim silikon malzemelere ihtiyacımız olduğunu anlattım. Bugünlerde çeşit çeşit yarıiletken malzeme, bir sürü değişik firmadan temin edilebilir, ancak o zamanlar mükemmel katı-hal fizik çalışmaları ve transistör programlarıyla Bell Laboratuvarları, özellikle iyi yarıiletkenler üretme konusunda neredeyse benzersizdi ve bu tür malzemeler nadir olarak bulunuyordu.

Bell Laboratuvarları tam da ihtiyacımız olan malzemeyi sağladı. Honig ve Combrisson'la beraber ayarlanabilir katı-hal maseri üzerine çalışabilmek için malzemeyi yanımda Paris'e götürdüm. Ben Tokyo'ya gitmeden önce bu konu üzerinde çalışabilmek için yalnızca üç ayımız vardı. Bu arada, bizim fikrimizi alarak bize rakip çıkmamak için Gordon ve Feher, katı-hal maseri üzerinde kendileri çalışmaya başlamadan önce birkaç ay beklemeyi kabul etmişlerdi. Paris'te net olarak bir güçlendirme, yani önlenemez devre kayıplarının üstüne çıkacak seviyede güçlendirme elde edemedik. Ancak, biraz iyileştirmeyle bunun olabileceğini gösterecek kadar bir güçlendirme elde edebildik. Paris'ten ayrılmadan önce fikirlerimizi ve ön sonuçlarımızı yazdık. Fransa'nın hakkını teslim etmek için bunu Fransızca olarak, klasik Fransız dergisi *Comptes Rendues*'de yayımladık.

Ben ailemle beraber yeni maceralara doğru Tokyo'ya taşınırken, Bell Laboratuvarları'nda Gordon ve Feher sözlerinde durmuş, aynı malzemeyi kullanarak ilk katı-hal maserini yapma işine girişmeden önce bir süre beklemişlerdi. Bir süre sonra, çok az bir farkla da olsa net güçlendirme çizgisini aştıklarını gösteren sonuçlarından haberdar oldum.

Bu doğrultuda çalışanlar yalnız bizler değildik. 1956 başlarında, biz Paris'teki çalışmalarımıza başladıktan bir süre sonra, maser güçlendirmesi için elektron spinlerini kullanma fikrini, önde gelen mikrodalga spektroskopistlerinden olan ve MIT'de bulunan Woody Strandberg de bağımsız bir şekilde düşünmüştü. Dinleyicilerin arasında Harvard'dan Nico Blombergen'in de bulunduğu bir sunumda, Strandberg bu konu hakkındaki fikirlerini ateşli bir konuşmayla anlat-

mıştı. Konuşmanın sonunda Nico, Strandberg'e kimin neden böyle bir cihaz isteyeceğini sormuştu. Strandberg'de var olan güçlendiricilere kıyasla çok ileri bir hassasiyete sahip maser güçlendiricilerinin potansiyeli hakkında onu aydınlatmıştı. Bundan kısa bir süre sonra da Bloembergen bizim yeni çıkan Paris makalemizi görmüştü.

Bloembergen sıvı ve katılarla çalışan bir radyo ve mikrodalga spektroskopistiydi. Bir süre paramanyetik malzemelerle (bu malzemeler dışarıdan uygulanan manyetik alanlara sınırlı miktarda tepki gösteren malzemelerdir) çalışmıştı ve bu tür malzemeler içerisinde elektron spin davranışları hakkında oldukça bilgi sahibiydi. Paris'te bizim düşündüğümüzden daha iyi çalışacak, akıllıca bir sistemi kurgulamasını sağlayan şey belki de bu deneyimiydi. Üç seviyeli elektron spin maserinin doğuşu böylece olmuştu. Bu cihazın içinde mikrodalga enerjisi, elektronları en düşük enerji seviyesinden, aradaki ikinci seviyeyi atlayarak üçüncü bir seviyeye çıkarıyordu. Böylece enerji depolamış olan malzeme, elektronların ara seviyeye inerken vereceği enerjiye denk gelen ve biraz daha düşük frekansa sahip olan bir ışımayı güçlendirebiliyordu. Bu da şu demekti; maserin çıkış dalga boyundan farklı bir dalga boyundaki enerjiyi kullanarak, maser ortamı yüksek enerji seviyesine çıkacak şekilde pompalanabiliyordu.

Böyle bir maserin çalışabilmesi için elektronların özel bir tür asimetri sağlayan bir kristalin içerisinde olması gerekir. O dönemde paramanyetik malzemelere aşina olmadığım için, bu tür malzemeler içerisinde böyle bir enerji seviyesi düzenlemesinin olabileceğini idrak etmiş değildim. Bloembergen bu alanda benden daha bilgiliydi ve üç seviyeli paramanyetik maseri düşünebilmişti.

Maserlerle ilgili düşüncelerin heyecan verici keşmekeşi, fikirlerin bilimciler arasında gidip gelmesiyle daha da karmaşık bir hal alacaktı. Bir zamanlar Oxford'da Brebis Bleaney ile paramanyetik rezonanslar üzerine çalışmış sonra da Bell Laboratuvarları'na geçmiş olan fizikçi H. E. D. Scovil de arkadaşlarım Jim Gordon ve George Feher tarafından elektron spin maserlerine yönlendirilmişti. O da Bloembergen'in

maserler hakkında yeni bir fikri olduğunu, ancak bunu o esnada bir sır olarak tuttuğunu öğrenmişti. Belki de yeni bir şeyin keşfedilmek üzere olduğunu bilmenin verdiği heyecanla çalışarak Scovil de, üç seviyeli elektron spin kavramını bulmuş ve doğru bir şekilde bunun Bloembergen'in gizlice üzerinde çalıştığı şey olduğunu tahmin etmişti. Scovil'in ve Bloembergen'in grupları kısa bir süre sonra temasa geçip bir anlaşmaya varmışlardı. Bell Laboratuvarları, Bloembergen'in fikir önceliğini ve temel patent hakkını kabul edecekti. Buna karşılık da Bell Laboratuvarları, bu patenti kendi amaçları için ücretsiz olarak kullanabilecekti. Bu anlaşma, Bell Laboratuvarları'nda izlenen, özellikle patent haklarından para kazanmak yerine, yeni teknolojileri kullanabilme imkânına sahip olmayı önde tutan ana bilimsel ve ticari etiği iyi bir şekilde göstermektedir. Bu yaklaşım Bell Laboratuvarları'nda fikirlerin açık bir şekilde alışverişine olanak sağlamıştı.

Bloembergen ve Scovil, üç seviyeli maseri potasyum siyanit kullanarak yapmak için çok emek harcamışlardı. Ardından Scovil ve George Feher fikri daha da ileriye taşıyan gelişmeler kaydetmişti. Scovil'in henüz Oxford'dayken Bleaney ile beraber üzerinde araştırmalar yaptığı lantanyum etil sülfatı kullanarak bir güçlendirici sistem yaptılar. Bu kristalde rezonansı sağlamak üzere az miktarda gadolinyum ve gadolinyumun gevşemesine yardımcı olmak üzere daha da az miktarda seryum bulunuyordu. Bu kristalin elektron spinleri üst seviyeden orta seviyeye hızlı bir şekilde gevşeyerek çalışan bir maser yapmalarına olanak sağlamıştı.

Bu olay ve maser-laser gelişimindeki daha pek çok olay, yeni bir alanda belki de en önemli şeyin ne olduğunu gösteriyor: Yeni alan yeterince iyi bir başlangıç yapmalıdır ki, daha geniş bir bilimsel camia tarafından önemi ve potansiyeli algılanabilsin. Bu olduktan sonra artık bilim sosyolojisi etkisini gösterir. Bir tür ortak yaşam içerisindeki fikirler, farklı arka planlara sahip ve farklı fikirdeki insanlar arasında gidip geldikçe güçlenir, böylece yeni alanın gelişip serpilmesi garanti altına alınmış olur. En büyük zorluk, alanın öneminin ve potansiyelinin algılanmasını sağlayacak olan ilk adımdadır.

Birleşik Devletler'deki faaliyetler hız kazanırken ben

hâlâ *sabbatical* iznindeydim ve planım, sonuç olarak maser üzerine çalışabilmek için yeni yollar aramak kesinlikle değildi. Paris'te eski bir öğrencimle karşılaşmam ve harika özellikleri olan incelenmeye değer bir malzemeye denk gelmem, bana bu konuda bir süre daha çalışmak dışında bir şans bırakmamıştı. Verimli geçen kışın ardından Kastler'in laboratuvarından, başka alanlara eğilme gayem yenilenmiş olarak iznimin geri kalanını değerlendirmek üzere ayrıldım. Maser tekrar bilincimin arkalarına doğru çekildi. Ancak oralarda uzun süre kalmayacaktı.

Mayıs 1956 başlarında ailemle beraber Japonya'ya doğru yola çıktık. Rotamız bizi İsrail, Hindistan, Burma, Tayland ve Hong Kong'tan geçirecek şekilde dolambaçlıydı. Doğal olarak imkân bulduğum her yerde fizik laboratuvarlarını ziyaret ettim. Özellikle akşamları terörist gözlemek için nöbete çıkan fizikçilerin bulunduğu Weitzmann Enstitüsü'nü ve Yeni Delhi'de Hindistan Ulusal Fizik Laboratuvarı'ndaki K. S. Krishnan'ı ziyaret edişimi dünmüş gibi net hatırlıyorum.

Yine neler yapıldığını görmek amacıyla Tokyo Üniversitesi'ne geçtim. Şans eseri, Columbia'da yanımda doktora sonrası çalışmalar yapmış ve maser araştırmalarında yer almış Koichi Shimoda, burada öğretim üyeleri arasında bulunuyordu. Şaşırtıcı bir şekilde Tokyo'da maser fiziğiyle ilgilenmeme sebep olan şey ondan değil de, tamamen beklenmedik bir yönden geldi.

Columbia'dan, Francis Ryan isimli bir biyolog da *sabbatical* izniyle orada bulunuyordu. Birbirimizi Columbia'dan oldukça iyi tanıyorduk. Doğal olarak yaptıklarımızdan bahsetmeye başladık. Francis, mikrobiyal nüfus artışının değerlendirilmesi üzerine İngiliz kimyager Charles Alfred Coulson'un sıra dışı bir makalesini inceliyordu. Coulson, mikroplar bir yandan ölür bir yandan da çoğalırken oluşan nüfus dalgalanmalarını niceliksel olarak tarif edebilmeyi amaçlıyordu. Bu makalesinde Coulson, mikropların bölünme yoluyla çoğalma ve ölme olasılıklarını hesaba katan bir denklemin çözümlerini ele alıyordu.

Bunun maserin bazı özelliklerini anlayabilmemiz için gerekli olan matematiksel yapı olduğunu derhal anladım; çünkü maserlerde fotonlar bir yandan ölürken (soğurulurken) bir

yandan da diğer fotonların etkisiyle doğuyorlardı (var olmaları için uyarılıyorlardı). Coulson'un denklemlerine, maser içerisinde kendiliğinden salımla ortaya çıkan fotonları da hesaba katmak için yeni bir terim eklemem gerekiyordu. Bu durum elbette, mikropların çiftleşmesi durumundan farklıydı; çünkü mikroplar için kendiliğinden canlılık gösterme olasılığı yoktu! Fakat, fizikten çok uzak bir konudaki bir problemin çözümü için geliştirilen bu temel yaklaşım, maserdeki gürültü dalgalanmaları ve güçlendirmeyi kesin bir şekilde veren bir kuram için ihtiyacımız olan şey gibi görünüyordu.

İşte bu ikinci rastlantı Tokyo'da beni tekrar maserlere yöneltti. Shimoda ve çok iyi bir uygulamalı matematikçi olan Hidetosi Takahashi'yle birlik olup maserlerdeki dalgalanmalar ile bu cihazlarda elde edilen düşük-seviyeli gürültü özelliğine dair ayrıntılı ve genel kuramları oluşturduk. Bu çalış-



Resim 7: 1956 yılında, önemli bir kısmını Fransa ve Japonya'da geçirdiğimiz 15 aylık dünya turunun dönüşünde, ailemle birlikte. Soldan sağa, Linda, ben, Carla, eşim Frances, Ellen ve önümüzde en küçüğümüz Holly.

maları yine ev sahibi ülkenin bir dergisinde –*Japonya Fizik Topluluğu Dergisi*– yayımlamanın uygun olduğunu düşündüm, fakat bu sefer makaleyi, Japoncam kesinlikle uygun seviyede olmadığı için İngilizce olarak yayımladık.

İznimin sonu yaklaşırken artık neler yapmak isteğimi açık bir şekilde biliyordum. Maser fiziğiyle ilgili olarak karşıma çıkanlar ve bu konu üzerinde geçirdiğim vakit, maser ve uygulamaları doğrultusunda çalışmam gerektiği konusunda beni ikna etmişti. Daha yüksek frekanslar elde etmek bariz bir hedefti. Ama daha yüksek frekanslı bir maser aklımdaki ilk şey değildi. Bu biraz bekleyebilirdi. Bunun yerine ilk fırsatta radyo astronomi için iyi bir maser güçlendirici yapmayı kafama koymuştum. Merkezinde maser bulunan bir mikrodalga anten kullanarak iyi astronomik gözlemler yapmak için sıkı bir çalışmaya girme konusunda kararlıydım. Bu cihaz, yıldızlardan ve Samanyolu'nun uzak köşelerindeki gaz bulutlarından hatta belki de diğer galaksilerden gelip Dünya'ya ulaşan zayıf mikrodalga sinyalleri, eldeki tüm cihazlardan çok daha iyi bir şekilde güçlendirebilecekti. Elimdeki bu yeni ve güçlü teknolojiyle nihayet, doktorayı tamamladığım günden beri dönem dönem ilgimin yöneldiği bir alanda çalışma yapabilecektim.

6

MASERDEN LASERE

Maseri radyo astronomide kullanma kararlılığı içerisinde, 1956 yılının sonbaharında Columbia'daki ofisime döndüm. Mükemmel birer doktora öğrencisi olan Kanadalı Joe Giordmaine ve Lee Alsop projede benimle beraber çalışmaya başladılar. Kısa bir süre sonra da ihtiyaç duyduğumuz türde elektron rezonansları üzerine çalışmış olan Frank Nash ve daha gelişmiş bir maser üstüne çalışacak olan Arno Penzias da projeye katıldı.

Bugün Washington D.C.'yi ziyaret edenler, Donanma Araştırma Laboratuvarları (NRL) binalarından birinin çatısında duran bir buçuk metre çapındaki alüminyum çanağı hâlâ görebilirler. Ben ve öğrencilerim radyo astronomi konusunda çalışmaya başladığımızda bu tür radyo teleskoplar eldeki en iyi cihazlardı. Bu düzeneklerde radyo dalgaları ana yüzeyden yansıyarak bir noktada odaklanırdı. Bu noktada ise destekler üzerinde duran bir güçlendirici bulunurdu. Geleneksel bir güçlendiricinin kullanıldığı bu çanak, bilime hali hazırda önemli katkılar yapmıştı. Bu katkıların arasında Venüs'te şaşırtıcı seviyedeki yüksek sıcaklıkların tespiti de vardı. Bu da bize kardeş gezegenimizin çok ağır bir sera etkisine maruz kaldığı ve yüzeyindeki sıcaklığın kurşunu bile eritecek kadar yüksek olduğu bilgisini vermişti. NRL anteni maserimizi denemek için ideal bir aletti. Ek olarak Donanma Araştırma Laboratuvarları'nda bizimle işbirliği yapabilecek ve antene erişimimizi sağlayabilecek tanıdıklarım vardı.

Columbia Işıma Laboratuvarları'nın mekanik atölyesi bizim için kısa sürede iyi kalitede ekipmanlar hazırladı. Columbia'ya dönüşümün üzerinden yirmi ay geçmeden NRL

anteni üzerinde astronomik ölçümler yapan bir masere sahip olduk. İlk önce Harvard'dan Bloembergen'in önerdiği ve Bell Laboratuvarları'ndan Scovil ve ekibinin çalışır hale getirdiği türde siyanit kristali kullanan bir maser yapmayı düşünmüştük. Ama bu yönde henüz fazla yol kat etmemişken Michigan Üniversitesi'nden Chihiro Kikuchi, yakutun daha iyi bir iş görme olasılığının olduğunu gösterdi. Yakut büyük oranda alüminyum oksit kristalinden (bu minerale korund adı verilir) oluşur. İçerisinde kristale pembe veya kırmızı rengi veren az miktarda krom bulunur. Yakutun sert, neredeyse kırılmaz yapısı onu daha hassas olan siyanite göre kullanılması daha güvenli yapar. Daha da önemlisi enerji yapısı ve bir enerji seviyesinden diğerine elektron spinlerinin gevşeme hızı yakutu, maser kullanımı için daha cazip yapmaktaydı.

Güçlendiriciyi 3 santimetre dalga boyunda çalışacak şekilde planladık. Bu bize çeşitli avantajlar sağlıyordu. Öncelikle alışılmış boyutları olan ekipmanları kullanma imkânımız oluyordu. Bu dalga boyu, geleneksel salınım cihazlarıyla üretilebilen ve nüfus oranını ters çevirecek şekilde pompalanabilecek bir enerji geçişi aralığına denk geliyordu. Üstelik 3 santimetre, radyo astronomi için bereketli olabilecek bir dalga boyu gibi görünüyordu. Tüm cihaz yaklaşık olarak 30 santimetre en, boy ve yüksekliğe sahipti. Oyukluğun kendisi dalga boyunun yarısı kadar uzunluktaydı ve içerisinde tavladaki zarlara benzeyen şekil ve büyüklükte bir yakut bulunuyordu.

Rezonatör ve yakut bir sıvı helyum kabı içerisindeydi. Bu kabı çevreleyen bir de sıvı azot kabı vardı. Yakut kristali üzerinde, içerisinden sıvı helyumun geçmesine olanak sağlayan, böylece harici güç kaynakları enerji pompaladığında kristalin soğutulmasını olanaklı kılan bir delik açmıştık. Yakut elektronlarının gevşeme hızlarını düşük tutabilmek için, aşırı derecede düşük sıcaklıklara ihtiyacımız vardı. Ek olarak düşük sıcaklıklar, ısıya bağlı yerel ışımayı en az seviyede tutuyor, böylece uzaydan gelen zayıf sinyalleri örtmesi engelleniyordu.

Washington'da maseri kurabilmek için NRL astronomlarından Connie Mayer'le yakın bir şekilde çalıştık. Donanma, anteni yaparken kolayca ve ucuz bir şekilde temin edebilece-

ği malzemelerden faydalanmıştı. Örneğin kaide, Donanmanın 127 milimetrelik bir topundan devşirilmişti. Bu yapı belki bir topu yöneltmek için uygundu ancak büyük ve yuvarlak çanağa karşı rüzgar estiğinde, cihazı astronomik çalışmalar yapabilecek kadar sabit tutmak için uygun değildi.

Maserin içerisindeki sıvı helyum ne zaman azalmaya başlarsa o zaman çanağın ortasına çıkan bir merdivene tırmanmamız, maseri yerinden çıkarmamız ve tekrar dolum yapabilmek için antenin alt katında bulunan bir odaya götürmemiz gerekiyordu. Bazı durumlar dışında bu süreç genellikle pürüzsüz oluyordu. Bir keresinde gecenin bir yarısında sıvı azotu taşırdık ve akan azot, Donanmanın oraya koymuş olduğu bir hazneye kadar ilerledi. Bunun sonucunda hazne çatladı ve içersindeki sülfrik asit sızdı. Bu pisliği temizlemek için epey zaman harcanması gerekmişti. O kaza çok utanç verici olmuştu, çünkü Joe Giordmaine bir Kanadalıydı ve en başından o Donanma odasında olmaması gerekiyordu.

Biraz vakit almış olmakla beraber sonunda yakut iyi bir şekilde çalıştı. Yaptığımız ilk işlerden biri, Kuğu takımyıldızındaki Cygnus A olarak adlandırılan ve iyi bir mikrodalga kaynağı olduğu bilinen bulutsuya* dair, Donanma astronomlarının yaptığı çalışmaları tekrarlamak oldu. Bu bize güçlendiricimizin performansını değerlendirmek için iyi bir olanak sağlamıştı ve göstermişti ki, önceki güçlendiricilere oranla hassasiyette on kat ve daha fazla bir iyileşme elde etmiştik. Sadece altı yıl önce Donanma çanağından çok da uzak olmayan bir parktaki bankta kurguladığım şeyleri esas alarak çalışan bir cihazın beni çok uzun bir süredir cezbeden bir alanda nihayet kullanılacak olması muhteşem bir haz veriyordu. Cihaz, Dünya kökenli herhangi bir sinyalden etkilenmiyordu bununla beraber, galaksinin uzak bir köşesinde binlerce yıl önce doğmuş fotonlar, belli belirsiz bir şekilde maserin bir ucundan içeri sızıyordu. Ardından küçük yakuttan dışarıya güçlü ışıma fışkırmaları oluyor, fotonlardan oluşan bir çığ bize, Cygnus'dan gelen sinyallerin neredeyse mükemmel bir şekilde güçlendirilmiş halini sunuyordu.

---

* Nebula [—*çev. notu.*]

Bundan sonra o dönemler pek gözde bir konu olan, gezegenlerin yaydığı mikrodalgaların incelenmesi konusuna eğildik. NRL grubunun Venüs'ün çok sıcak olduğuna dair bulgularını teyit ettik ve yavaş bir dönüşe sahip olan gezegenin karanlık yüzünün de neredeyse güneş gören yüzü kadar sıcak olduğunu keşfettik. Bu durum aşırı derecede yoğun olan atmosferine bağlı olarak açıklanabilir gibi görünüyordu. Aynı zamanda Jüpiter'i de inceledik ve onun kuru buzdan bile daha soğuk olduğunu bulduk.

Arno Penzias önemli ancak biraz şansa kalmış bir proje olan, galaksiler arası boşlukta hidrojen arama projesi için yeni bir maser yaptı. Bu cihaz, yüksüz hidrojen moleküllerinin 21 santimetre dalga boyuna saldığı sinyallere duyarlı bir yakut maserdi. Astronomlar 21 santimetre ışımayı yıldızlar arası boşluktaki –yani kendi galaksimizdeki yıldızların arasındaki boşluktaki– hidrojen kümelerini bulabilmek için ilk kez 6 yıl önce 1951'de kullanmıştı. Bu tür ölçümler Samanyolu'nun spiral biçimli kollarının ilk haritalarına olanak vermişti. Ancak Arno'nun maserini, Samanyolu galaksisinin düzleminden uzağa, galaksiler arası boşluğa doğru çevirince cihaz hiçbir şey kaydetmedi. Bu biraz hayal kırıklığı yaratan ancak beklenmedik bir sonuç değildi. Aslına bakılırsa iyi bir sonuçtu. Olumsuz bir sonuç da, olumlu bir sonuç kadar bilgi verici olabilir. Anladık ki, galaksiler arasındaki karanlık bir boşluk gibi görünen şey, gerçekten de büyük oranda bir boşluktu. Elbette Arno sonunda uzaydan gelen önemli bir sinyal buldu. 4 yıl kadar sonra 1965'te, Bell Laboratuvarları'nda Robert Wilson'la beraber radyo antenleriyle çalışırken büyük patlamadan kalan zayıf mikrodalga sinyalleri keşfedecekti. Bu keşif onlara, daha önce de bahsettiğim gibi, 1978 Fizik Nobel Ödülü'nü kazandıracaktı.

Bizler Donanma Araştırma Laboratuvarları'nda Venüs ve Jüpiter'den yayılan mikrodalga ışımaları topladığımız sıralarda, Lincoln Laboratuvarları'ndaki bilimciler de Venüs'ün yüzeyinden yansıyan radar sinyallerini tespit etmek için maser güçlendirici kullanıyorlardı. Geri aldıkları ilk yansımalar zayıftı ve bunların taşıdığı sinyali anlamak güçtü. Yine de bu girişim, şimdi yaygın olsa da, gezegenler arası mesafelerde

güç bir şey olan iletişim amacıyla maser güçlendirici kullanımının başlangıcıydı.

İlk radyo astronomi maser yakutunu, Townes ailesi olarak hâlâ evimizde tutuyoruz. Yakutun bilimsel işlevi bittikten çok sonra, yirminci evlilik yıldönümümüzde kristali Washington'dayken bir kuyumcuya götürerek Frances için bir broş haline getirttim. Tasarımda –bir antene benzer şekilde– parabolik bir gümüş taban ile üzerinde enerji seviyelerini ve ilk amonyak maserindeki odaklayıcıyı temsil eden şekiller bulunuyor. Yakutun içerisinde soğutma amacıyla açılmış olan delik gümüşten bir tel tutucu geçirmek için büyük kolaylık sağlamıştı. Maser yakutları Towneslar'ın evinde bir dönem oldukça popüler olmuştu. Kızımız Linda 15 yaşlarındayken, maserlerde kullanılamayacak kadar koyu renkli olan bir yakutu laboratuvar teknisyenlerimizden birinin yardımıyla kalp biçimli bir kolye haline getirip annesine hediye etmişti.

1957 yazının sonlarında astronomi programı artık epey yol kat etmiş olduğu için, maserin ortaya çıkmasına yol açan ilk amaca tekrar dönmenin zamanı geldiğine karar verdim. Bu amaç, standart elektroniğin üretebilmesi mümkün olmayan 1 milimetreden çok daha kısa dalga boylarında çalışacak salınım cihazları yapmaktı. Bir süredir bu konu hakkında ara ara düşünüyordum. Harika bir fikrin birden bire aklıma gelmesini ummuştum. Böyle bir şey kendiliğinden olmadığı için, en iyi olabileceğini düşündüğüm yöntem ne ise, onun üzerinde bir süre yoğun bir şekilde düşünmek için zaman ayırmaya karar verdim. Problemler ve olası çözümler üzerine bildiğim her şeyden oluşan parçaları bir araya getirmeye çabalayarak bir fikir üretmek durumundaydım.

Laboratuvarda bir şeylerle deneme yanılma yapmak hoşuma gitmez. Genellikle, ne olacağına dair net ve üzerinde iyi çalışılmış bir fikir olmadan deneyler yapmak istemem. Benim çalışma yöntemim önce anlamak ve neler olacağını bilmekten geçer. Elbette laboratuvarda elde edilen sonuçlar kuramlarımı desteklemez ise o zaman kuramım üzerine tekrar ve daha sıkı bir şekilde eğilirim. Genellikle bir şeyi, işe yarayacağından emin olmadıkça denemem. Bu bana laboratuvarda değişik şeyleri biraz körü körüne denemekten daha verimli

bir yöntem gibi geliyor. Elbette yeni bilgiler verecek olan deneylere, kuramla fazla uğraşmadan hatta açık bir hipotez bile üretmeden isteyerek dalan çok iyi bilimciler de var. Bazen güzel ve şaşırtıcı keşifler bu şekilde ortaya çıkar. Bu faydalı bir yöntem olabilir, ama benim metodum bu değil.

O dönemlerde maserlerin çalışabileceği dalga boyunu kısaltmak için görünen en açık ve kestirme yöntem pek zekice veya ilginç değildi. Bu yöntem, amonyak maserinde kullandığım fikirlerin bir uzantısı olarak standart bir maser üretmek, ama daha kısa dalga boyları için bunu daha küçük ölçekli yapmak olacaktı. Daha küçük bir oyukluk kullanmayla ilgili temel problem, daha az molekülün oyukluk içerisinden geçmesi ve bunların burada daha kısa süre kalmalarından kaynaklanıyordu. Bu durum salınımın ancak ucu ucuna olmasına sebep olacak fakat dalga boyunda önemli ölçüde bir kısalma sağlamayacaktı.

Akıllıca bir yöntem düşünemediğimden, daha kısa dalga boyları elde etmek amacıyla bilinen maser teknolojilerinde ne seviyeye kadar değişiklikler yapılabileceğini görmek için farklı yaklaşımları eşelemeye başladım. Öncelikle, o zamanki maser tasarımlarının temelini oluşturan varsayımları ve çok kısa dalga boylarında güçlendirmeyi sağlayacak kadar çok atomu yüksek enerji seviyesinde tutmanın mümkün olamayacağına dair o dönemlerde yaygın olan inancı tekrar gözden geçirdim. Pek çok iyi fizikçi, maser fikrinin çok kısa dalga boylarında uygulanamayacağı kanaatindeydi.

O dönemki bu umutsuzluğun sebebi moleküllerin diğer tüm özelliklerin genel olarak aynı kaldığı varsayıldığında, enerji ışımasının hızının, frekansın dördüncü kuvvetiyle orantılı bir şekilde artmasıydı. Yapılacak basit bir hesap, 1 santimetre yerine 1/10 milimetrelik dalga boyunda güçlendirme yapacak şekilde, elektron veya molekülleri yüksek enerji seviyesinde tutabilmek için pompa gücünün 10'un çok büyük kuvvetleri mertebesinde artırılması gerektiğini gösteriyordu. Yeni ve yüksek frekanslı bölgelere geçebilmek için ise en azından milimetrenin 10'da biri veya daha kısa dalga boylarına ihtiyaç vardı. Gaz molekülleri ve atomları için diğer bir problem de Doppler etkisinin frekans artıkça salım spekt-

rumunu daha fazla genişletmesiydi. Bu da, bir rezonans frekansında her bir molekül başına düşen güçlendirmenin azalacağı anlamına geliyordu.

Olası molekül ve atom enerjisi geçişleri, bunlara enerji verme yöntemleri ve maser etkisini yöneten matematiksel yapıyla uğraşırken bugün artık oldukça iyi bilinen bir şey, birden bire önümde apaçık bir şekilde beliriverdi. Çok kısa dalga boylarına geçmek, yakın kızılaltına hatta optik bölgeye geçmek, dalga boyunu azar azar kısaltmak kadar, hatta belki daha da kolaydı. Bu, bir kapıdan içeri adım atınca, varlığından haberdar olunmayan bir odaya girmeye benzer bir aydınlanma gibiydi.

Ana noktalar şunlardı: Birincisi, Doppler etkisi gerçekten de dalga boyu kısaldıkça atom veya moleküllerin frekans tepkilerini azaltıyordu, fakat bunu dengeleyen başka bir etken vardı. Artan frekans, atomların kuantalarını daha hızlı bir şekilde vermelerine sebep olduğu için bir dalgayı belli bir miktarda güçlendirmek için gereken atom sayısı artmıyordu.

İkincisi, artan frekansla beraber belli sayıda atomu yüksek enerji seviyesinde tutulmak için gerekli güç artmasına rağmen, görünür ışığı bile güçlendirmek için gerekli olacak olan toplam güç herhangi bir aşılamaz engel oluşturmuyordu. Mikrodalga frekanslarında, ışımanın kendiliğinden salımının belirlediği bekleyebilme süresi gerçekten de oldukça uzundur. Ancak bir elektron spininin bir durumda bekleyebildiği bu sürenin kısalması, onun içerisinde bulunduğu kristalle olan etkileşime bağlıdır, ışımaya değil. Tek başına bulunan bir atom için, kızılaltında veya görünür dalga boylarında ışıma milyarlarca kez daha hızlı olsa da, seviyeler arası geçiş hızı, engel oluşturacak biçimde fazla olmak zorunda değildir. Yalnızca bunlardan da yüksek frekanslarda, örneğin X ışınlarında, kendiliğinden ışımanın hızı ve atomları yüksek enerji seviyelerine çıkarmak için gerekli güç, başa çıkılması zor mertebelere ulaşır. (Gerçekten de, bugün yapılabilen X ışını laserleri bu kadar kısa dalga boylarında çalışabilmek için o denli yüksek güçlere ihtiyaç duyarlar ki, sistem her çalıştırıldığında bir kısmı parçalanır veya en azından kötü biçimde hasar görür).

Kısa dalga boylarına doğru yapılacak olan sıçramaya bir engel bulunmadığı gibi, bu girişim beraberinde büyük avantajlar da getiriyordu. Girişimin en önemli cazibe noktası, yakın kızılaltında ve görünür bölgede zaten pek çok deneyimimizin ve ekipmanımızın, örneğin optik birimlerimizin olmasıydı. Oysa 0,1 milimetre civarında dalga boyları ve kullanılacak teknikler ise görece daha az tanınıyordu. Büyük bir adım atmanın zamanı gelmişti.

Ancak önemli bir problem hâlâ çözülmemişti, o da rezonatör oyukluğu idi. Yeterince atom veya molekülü içinde bulundurabilmesi için oyukluğun, ışımanın dalga boyuna kıyasla çok büyük, belki de binlerce kat büyük olması gerekiyordu. Bunun da, oyukluğun bir ve yalnızca bir frekans için seçiciliğe sahip olmayacağı anlamına gelmesinden korkuyordum. Tüm atom ve molekül geçişleri, kesin bir frekanstan ziyade dar da olsa bir frekans aralığında gerçekleşirler. Bu durum aklımdaki gaz maseri için özellikle geçerliydi, çünkü bu yapı içerisinde moleküller farklı hızlarda hareket etmekteydi ve Doppler etkisi nedeniyle frekansları birbirlerinden az da olsa farklı olacaktı.

Oyukluğun herhangi bir dalga boyuna kıyasla büyük boyutları, birbirine yakın ancak nihayetinde biraz farklı dalga boylarının her birinin rezonansa geçme imkânı var demekti. Bunlardan önce biri, sonra diğeri baskın olacaktı. Bu durum mod sıçraması adı verilen olayı yaratacaktı. Bir frekanstan diğerine geçip duran bir maser arzulanan bir şey değildi. Yine de bir frekansta kısa bir süre de olsa sabit kalabilirdi. Optik ve biraz daha uzun olan yakın kızılaltı dalga boylarında çalışan herhangi bir salınım cihazı ilginç ve faydalı olacaktı. Bu nedenle bu yönde ilerlemeye karar verdim.

Henüz fazla yol kat etmemişken, büyük bir şans eseri hem yardım aldım hem de başka bir parlak fikir duydum. Yurtdışındaki iznimden döndükten sonra Bell Laboratuvarları'nda bir danışmanlık işine evet demiştim. Her ay toplam iki gün ya onların yanına gitmeyi ya da onların ilgisini çeken bir konu üzerinde kendi ofisimde çalışmayı kabul etmiştim. Temel görevim Bell Laboratuvarları'yla iyi ilişkiler sürdürmek ve şirketin, üniversiteyle etkileşim ve yapılan işleri entelek-

tüel olarak canlı tutma doğrultusundaki genel faaliyetlerinin bir parçası olmaktı.

Bell Laboratuvarları'na yaptığım bir veya iki ziyaretten sonra kıdemli bir Bell fizikçisi olan Albert Clogston'dan özellikle bir konu için ziyarette bulunmam önerisi geldi. Clogston sonraları, gelecekte önemli bir laser mucidi olacak olan Ali Javan isimli eski bir öğrencimin amiri olacaktı. O sıralarda ise, kayınbiraderim ve eski bir doktora sonrası araştırmacım olan Art Schawlow'un amiriydi. Al bana Art'ın verimsiz bir durumda çabaladığından bahsetmişti. Bense Art hakkında her zaman iyi şeyler düşünmüştüm, üstelik de akrabamdı. Columbia'da öğretim üyesi olarak kalması için elimden gelen çabayı gösterebilirdim, ancak bu yöndeki herhangi bir girişimim, üniversitenin kayırmacılığın engellenmesi ilkesine ters düşerdi. Bell Laboratuvarları'nda onu ziyaret etmekten büyük mutluluk duyacaktım.

Art ve ben, onun süper iletkenler üzerine yürüttüğü çalışmalardan bahsetmekle kalmadık. Doğal olarak ben de ona optik maserler üzerine neler düşünmekte olduğumu anlattım. Bununla son derece yakından ilgilenmişti; çünkü o da bir süredir tam da bu doğrultuda düşünmekteydi. Oyukluk problemi üzerine fikir yürüttük ve Art çözümü buldu. Ben hep iki ucunda aynalar bulunan, yan yüzeylerinde ise içerideki gaza enerji pompalamaya imkân verecek ve dalgaların yansımalar yapacağı kimi doğrultuları da engelleyebilecek büyüklükle delikler bulunan oldukça kapalı bir oyukluk düşünmüştüm. Art bunun yerine sadece iki uçta ayna kullanmayı ve tüm yan tarafları olduğu gibi boş bırakmayı önerdi. Bu tür paralel aynalardan oluşan düzenekler optikte başka amaçla ve farklı ölçeklere sahip olarak zaten kullanılmaktaydı. Bu yapılar Fabry-Perot girişimölçerler [*interferometer*] olarak biliniyordu. Yani temel yapı bilindik bir şeydi. Hatta birkaç yıl önce öğrencilerimden biri mikrodalgalar için bir Fabry-Perot sistemi üzerinde çalışmıştı. Optik sistemler için bu fikri kullanmayı neden akıl edemediğimi anlayamıyorum, sonuçta ben edemedim ama Art etti. Belki de bu durum, onun Toronto'da yaptığı tez çalışması sırasında Fabry-Perotlarla uğraşmış olmasıyla ilgiliydi.

Art, yan duvarlar olmadan içerideki yansımalardan kaynaklanan pek çok modun kendiliğinden ortadan kaybolacağını görmüştü. Uçtaki aynalara bir açıyla gelen herhangi bir şey nihayetinde oyukluk dışarısına çıkacak ve boş yere enerjiyi almayacaktı. Bu durumda varlığını sürdürerek salınım yapabilecek olan modlar yalnızca aynalara tam dik olarak gelip, ileri-geri yansıyanlar olacaktı.

Ayrıntılı bir inceleme ve bazı hesaplar, aynaların büyüklükleri ve aralarındaki mesafe uygun bir şekilde seçilirse büyük olasılıkla yalnızca tek bir modun, başka bir deyişle frekansın –her ne kadar polarizasyonu rastgele de olsa– salınım yapabileceğini gösterdi. Daha doğrusu, tıpkı bir piyano telinin titreştirildiğinde tek bir frekans yerine bir frekansın müziksel harmoniklerini oluşturması gibi, dalga boyu aynalar arasına tam katlar olarak sığan tüm dalgalar oyukluk içerisinde rezonans oluşturacaktı. Ancak iyi tasarlanmış bir sistemde, tam olarak ileri ve geri yansıyarak rezonans yapabilecek olan dalga boylarından yalnızca bir tanesi maser ortamının enerji geçişleriyle örtüşecekti. Olası diğer rezonans dalga boyları, spektral çizgiyle iyi örtüşemediklerinden kendilerini güçlendiremeyeceklerdi. Eğer güçlenen dalgalarda özel bir polarizasyon istenirse, yani elektrik alanları bir yönde artıp azalsın ama buna dik yönde bulunmasın istenirse, bu da çok çeşitli polarize birimlerden herhangi biri kullanılarak elde edilebilirdi. Matematiksel ve fiziksel olarak tüm bunlar oldukça derli topluydu ve hepsi beraber akla son derece yatkındı.

Art ve ben optik maserler üzerine beraberce bir makale yazmaya karar verdik. Böyle bir cihazı çalışır duruma getirebileceğimiz açıkça görülüyordu, ancak bu biraz vakit alacaktı. Maser konusu o kadar hareketliydi ki, geç olmadan optik maserle ilgili fikirlerimizi yayımlamamız ve deneysel olarak yapmayı sonraya bırakmamız gerektiğini düşündüm. Bu yaklaşım, Jim Gordon'un tez projesi olarak çalışır hale getirene dek, üç yıl kadar yayımlamayı beklettiğimiz ilk maserle ilgili yayın stratejimle taban tabana zıttı. Bu makaleyi hazırlamak için, boş zamanlarımızda üzerinde çalışarak yaklaşık dokuz ay harcadık. İşin mühendislik kısmını ve hangi malzemenin kullanılacağı gibi kimi ayrıntıları somutlaştırmamız ve

kuramsal olarak bazı kısımlara netlik kazandırmamız gerekiyordu. Makale o sırada yürüttüğümüz diğer çalışmaları aksatmadan hazırlanmıştı. Mikrodalga spektroskopisi kitabını beraberce yazmış olduğumuz için oldukça uyumlu bir şekilde ortak yazarlık yapabiliyorduk. Art ve ben bu konu üzerinde düşüyor, fikirleri sınayıp, telefonda konuşuyorduk ve benim bir sonraki Bell Laboratuvarları ziyaretim sırasında bir araya geliyorduk. Son düzeltmeleri, ben biyofizik üzerine bir yaz çalışması nedeniyle Colorado'dayken telefonda yaptık.

Aynı sıralarda Princeton Üniversitesi mikrodalga fizikçilerinden Bob Dicke'nin, milimetre altı maserlerde paralel levhaların kullanımına dair bir patent hazırlamakta olduğundan ve Moskova'daki Lebedev Enstitüsü'nden Alexander Prokhorov'un maserlerde paralel levhalar kullanımını içeren bir yayın göndermekte olduğundan haberdar değildik. İkisi de mikrodalga fizikçileriydi ve bu durum yine bu fikirlerin hangi branşta en kolay bir biçimde geliştiğini göstermekteydi. Ancak onların çalışmaları, istenmeyen modları elemek için kullanılması gereken sistemin tasarım ayrıntıları konusunda herhangi bir şey içermiyordu. Belki de durum, ikisinin de çok kısa dalgalara ulaşmak gibi bir amacı olmamasından ileri geliyordu.

Bu makaleyle ilgili doğabilecek bir patent hakkının Bell Laboratuvarları'na ait olması gerektiğine daha en başından karar verdiğim için, yaptığımız her şeyin üzerinde şirketin mülkiyet hakkı bulunduğunu düşünüyordum. Art'la ilk görüşmemizin ardından, biz son metnin bir kopyasını Bell'in patent bölümüne verene ve onlar da gerekli gördükleri işlemleri yapana kadar, bu konu hakkında Bell Laboratuvarları dışından kimseyle konuşmadım. Art, Bell Laboratuvarları'ndaki meslektaşlarıyla özgürce konuşma imkânına sahipti ve böyle de yaparak çeşitli yorumlar aldı.

Fikrin üzerinde mülkiyet hakkının bulunduğu düşüncesiyle hareket etmem nedeniyle, optik maserler üzerine düşünmeye başladığım zamandan beri yanımda doktora sonrası çalışması yapmakta olan Ali Javan, Columbia'dan ayrılana kadar bu konudan haberdar olmadı. Ancak Bell Laboratuvarları'na katılıp da bu yeni çalışma konusundan

haberdar olunca oldukça ilgilendi. Daha sonra da göreceğimiz gibi, Ali bu alandaki en önemli mucitlerden biri olacaktı.

1958'in yazında Art'la beraber metnin bir ön halini Bell Laboratuvarları'ndaki bazı meslektaşlarımıza verdik. Art'ın amiri olan Al Clogston, Fabry-Perot tip cihazda, yani yanlarda herhangi bir duvar olmadan sadece iki aynadan oluşan cihazda gerçekten bir rezonans elde edilebileceği konusunda ciddi şüpheleri olduğunu söyledi. Bu, mühendisler ile fizikçilerin arka planları arasındaki farkların su yüzüne çıktığı durumlardan biriydi. Art ve benim için fikir tutarlıydı ancak kapalı rezonatörlere alışık olan elektrik mühendislerinin sezgilerine ters düşüyordu. Clogston, Ali Javan'dan söylediklerimizi gözden geçirmesini ve bunların gerçekten doğru olup olmadığı konusunda kendisine bilgi vermesini istemişti. Javan'ın cevabı derhal "elbette doğru" olmuştu. Yine de, Bell Laboratuvarları'ndaki herkes kolayca ikna olmadığı için, rezonatörle ilgili metni tekrar yazmam ve daha fazla matematiksel açıklamayla içeriği genişletmem gerektiğine karar verdik.

Ağustos ayında metin hazır hale gelmişti. Bell Laboratuvarları patent avukatları da fikirleri hukuken koruyacak düzenlemeleri tamamladıklarını söyledikleri için, ağustos ayı sonlarında hem şirketteki hem de ülkedeki diğer meslektaşlarımızla paylaşmak üzere metni geniş bir kitleye gönderdik. Metni, *Physical Review*'a yolladık, onlar da 15 Aralık 1958 tarihli sayılarında yayımladılar.

Optik maserler konusunu ben henüz Art Schawlow'la görüşmeden önce, Columbia'da laser tarihinde önemli yer tutacak garip bir ilişki başlamıştı. Bu olaylar sonraları epey zor durumlar yaratacaktı, fakat o anda bunu tahmin etmem mümkün değildi. Polykarp Kusch'un bir doktora öğrencisi benimle tezi hakkında sık sık görüşürdü. Adı Gordon Gould idi. Kusch bana, Gould'un aslında parlak bir öğrenci olduğunu ancak nedense bir türlü ilerleme kaydedemediğini, bu nedenle de onun tezini bitiremeyeceğinden endişe duyduğunu söylemişti. Bu sebeple doğal olarak ben de Gould'a destek olmaya çalışıyordum.

Gould, benimle aynı koridorda, ofisimden birkaç oda ileride çalışıyordu. Maserlerden erken bir safhada haberdar

olmuştu; çünkü bu işler, binanın onun da kullandığı genel kısmında yürütülüyordu ve öğrencilerimden bazılarıyla yakınlığı vardı. Gould, talyum atomu ışınlarıyla uğraşıyor ve bunların yüksek enerji seviyelerini incelemek istiyordu. Avrupa'da yürütülmüş bazı çalışmaların sonuçlarına dayanarak I. I. Rabi'nin yaptığı öneriyle Gould, ışındaki talyum atomlarına enerji vermek için çok parlak bir talyum lambası kullanmayı amaçlıyordu. Fizikçilerin terimleriyle, talyum spektral çizgilerini kullanarak talyum atomlarına enerji veriyor böylece bunların üzerlerinde molekül ışını spektroskopisi yapmaya çalışıyordu.

Gould, bu talyum ışınını kullanarak mikrodalgaları güçlendirecek bir maser yapmayı düşünmüştü ve bu nedenle benimle konuşmaya gelmişti. Çalışır bir düzenek yapamasa dahi bu fikri için patent alma konusunda oldukça hevesli görünüyordu. Bu nedenle bir patentin nasıl alınabileceğine dair bana pek çok soru sormuştu. Yardımcı olmaktan mutluluk duymuştum. Bunun için, gerçekten işe yarayacağını düşündüğü bir şey varsa bunu yazılı hale getirir ve şahitlere imzalatırsa, ilerde birgün patent başvurusu yapmak istediğinde bunların yeterli olacağını açıklamıştım. Yalnız unutmaması gereken bir noktanın, bu fikirle ilgili yapılmış bir yayın olursa bunun üzerinden bir yıl geçmeden patent başvurusunun yapılması gerektiğini de anlattım. Takip edilmesi gereken işlemlerin ayrıntıları hakkında bana daha bir sürü soru sordu.

Gordon Gould talyum maserine enerji verme yöntemiyle ilgili bir patent başvurusunda asla bulunmadı. 19 Eylül 1957 tarihinde fikirlerimi kaydedip, öğrencim Joe Giordmaine'nin şahitlik imzasını aldıktan bir ay kadar sonra, Gould'u ofisime davet edip, Edmund Scientific Company firmasının ürettiği talyum lambasından ne kadar bir ışık gücü alabildiğini sormuştum. Talyum lambasını kullanmayı düşünmemekle beraber bu lambanın gücünün, optik maser için gerekli olduğunu hesapladığım gücün ne kadarını karşılayabildiğini öğrenmek istemiştim.

Bu konuyla neden ilgilendiğimi anlattım ve bir optik maserin yapılabileceğini düşündüğümü söyledim. Bu sırada he-

nüz Art Schawlow'la konuşmamıştım, dolayısıyla Bell Laboratuvarları konuya dahil olmamıştı. Ben de, her zamanki gibi, yapmakta olduğum işlerle ilgili olarak özgürce konuşmuştum. Gordon'a bu şekilde maserler yapılarak ışık kadar kısa dalga boylarına sahip dalgalar üretilebileceğini düşündüğümü söylediğimde, onun "bence de yapılabilir" dediğini hatırlıyorum. Lambanın performansıyla ilgili hatırlayabildiği değerleri bana memnuniyetle aktarmış hatta birkaç gün sonra daha güncel bilgilerle gelmiş ve bunları derinlemesine konuşmuştuk. Ona tekrar optik bir maserin pratik olarak mümkün olduğu konusunda ikna olduğumu söyledim. Konuyla ilgilendiği açıktı ancak bunun üzerinde daha fazla görüşmedik. Kısa bir süre sonra da ben bu konu hakkında konuşmayı tamamen kestim; çünkü Art ve Bell Laboratuvarları olaya dahil olmuştu ve konu üzerinde mülkiyet hakkı oluşmuştu.

Bir ay kadar sonra kasım ortalarında, Gould yakındaki bir şekerci dükkânında bulunan notere gitmişti. Defterine bir optik masere dair fikirleri oldukça kapsamlı bir biçimde yazmıştı, fakat notları arasında niceliksel bir kuram kapsamlı olarak bulunmuyordu. Gould o tarihten beri, görüştüğümüz hafta sonunda tüm fikirlerini kaydettiğini ve derhal bir notere onaylattığını söyleyegeldi. Gerçekte ise defterin notere onaylatılma tarihi, söylediğinden çok daha sonra olmuştu. Ancak bana aktardığı bazı yorumları, optik maserlerle ilgili bir süredir düşünmekte olduğunun bir göstergesi olabilirdi. Bu not defteri, patentlerle ilgili sonraki bölümde anlatılacağı üzere, Schawlow ve bana karşı patent haklarıyla ilgili açılan davada bir delil olarak gösterilecekti. Bu, Gould'un kaybedeceği bir dava olacak, fakat bir seri davanın ve Gould'la başkaları arasında, laser tasarımlarının çeşitli yönleriyle ilgili haklara dair çok uzun sürecek olan bir mücadelenin başlangıcını teşkil edecekti.

Uzun bir süre boyunca optik frekanslardaki maserler hakkında Gould bana her hangi bir şey söylemedi ve Long Island'da yeni kurulan Technical Research Group (TRG) isimli firmaya katılmak için doktora çalışmalarını tamamlamadan Columbia'dan ayrıldı. Gould sonradan, o dönemde laserler üzerine çalışmak istediğini, fakat Kusch'un asıl olarak temel

bilimlerle ilgilendiğini ve bunu yapmasına izin vermediğini söylemişti. Gerçekte ise Kusch'a böyle bir şey sorulmamıştı. Eğer Gould bana gelseydi, eminim ki destek bulacaktı. Bell Laboratuvarları sürece dahil olmadan önce kesinlikle ve olasılıkla dahil olduktan sonra da onun Columbia'da optik maserler üzerine çalışabilmesi için gerekli izni almasında ona yardımcı olurdum.

Laser terimi aşağı yukarı bu zamanlarda ortaya çıktı. Bu oldukça neşeli bir hikâyedir. Biz maser kelimesini bulunca laboratuvarımdaki öğrenciler de pek çok benzer kelime türetmeye başladılar. Örneğin *iraser** kelimesi, ışımanın uyarılmış salımıyla kızılaltının güçlendirilmesi anlamında kullanıldı. Gama ışınları için *gaser*,** radyo dalga boyları için *raser**** ve elbette ışık için de *laser* kullanıldı. Art Schawlow da espri olsun diye *dasar***** kelimesini, "ışımanın uyarılmış soğurumuyla karanlığın güçlendirilmesi" için kullandı. Bu özetle, "karanlık olan şey" anlamına geliyordu.

Anlaşıldığı kadarıyla defterine *laser* kelimesini kaydeden ilk kişi Gould olmuştu. Başlangıçta ben ve Art *laser* teriminden pek hoşnut olmamıştık. Temel cihaz maserdi ve bu cihazın farklı türleri için, tıpkı optik maser veya kızılaltı maser gibi bu ismin devamını kullanmak daha düzenli ve sistematik görünmüştü. Başlangıçtaki yayınlarımızın büyük çoğunluğunda bu terimi kullandık. Ama elbette laser daha kısa ve söylemesi daha kolaydı. Bu kavramın popülerliği arttıkça cihaz sonunda kendine ait kısa bir isme sahip olmak durumunda kaldı. Hatta laserin olağanüstü şöhreti tepetaklak bir terimin doğmasına sebep oldu. Öyle ki, kimi zaman masere, "mikrodalga laseri" dendiğine şahit oldum.

İyi bir fikir nihayet ortaya çıkınca pek çok kişinin, aynı şeyi uzun bir süredir düşünmekte olduğunu belirtmesi, son derece yaygındır. Gerçekten de aynı şey üzerinde fazla üste-

---

* Kelime İngilizce "silgi" kelimesiyle eşseslidir. [—*çev. notu.*]

** Kelime İngilizce "gayzer" kelimesiyle eşseslidir. [—*çev. notu.*]

*** Kelime İngilizce "tıraş bıçağı" kelimesiyle eşseslidir. [—*çev. notu.*]

**** İngilizce "kafa karıştırıcı, zihin bulandırıcı cihaz" anlamına gelecek şekilde bir okunuşu vardır. [—*çev. notu.*]

lemeden düşünüyor olabilirler ve bu fikir başka bir yerde ortaya konursa, konu üzerinde yayın yapmaya başlayabilirler. Ancak bu konu hakkında kimse bir şey yapmazsa, kendileri de belki hiçbir zaman buna ciddiyetle eğilmezler.

1957'nin sonbaharının sonlarından itibaren optik maserler hakkında suskunluk içerisine girişimden –çünkü bu konu üzerinde Bell Laboratuvarları'nın mülkiyet hakkı bulunuyordu– makalemiz 1958 yılında dolaşıma çıkana kadar, optik maserlerin cazip özellikleri olabileceği hakkında herhangi bir yayın veya kamuya açık bir belge yahut bu konu üzerinde çalışmalar yürütüldüğüne dair herhangi bir işaret bulunduğunu bilmiyorum. Konuyla yakından ilgilendiği beyanatında bulunan Gould bile, patentle ilgili davada, o dönemler gerçekten de lasere yönelik çalışmalar yaptığını ispat edemedi. Sonuç olarak makalemizin yayımlanmasından önceki aylarda bu alanda hiçbir hareket yoktu. Pek çok kişi bu konuyla ilgilendiklerini söylemiş olsa da, ki olasılıkla bunlar doğruydu, hiç kimse konuya herhangi bir şey yapacak şekilde ciddiyetle yaklaşmamıştı.

İnsanların sonuçları bilinen tarihsel olayları belirlemeye çalışırken yaygın olarak, aslında var olmayan bağlantılar ve amaçlar algıladıklarını gözlemledim. Belki de bu nedenle, bugün çok çeşitli askerî uygulaması olduğu için laser konusuna Silahlı Kuvvetlerin derhal ilgi gösterdiğini varsaymak doğaldır. Hatta bazıları, Silahlı Kuvvetlerin en başında beri bu doğrultuda bir yönlendirmesi olduğunu ve bu nedenle laserin geliştirildiğini –halbuki durumun tam da bunun tersi olduğunu gösteren belgeler varken– iddia etti. 1957 yazında bir ara, Hava Kuvvetlerine danışmanlık yapan bilimsel bir grupta yer aldım. 1945 yılında "Yeni Ufuklara Doğru" adı altında ilk kez düzenlenmiş ve son derece başarılı olmuş olan bir uygulamanın verdiği ilhamla böyle bir etkinlik ikinci kez düzenleniyordu. O ilk uygulama Caltech'teki ünlü havacılık mühendisi Theodore von Karman başkanlığında yürütülmüştü. İkinci çalışmanın amacı, kısmen ilkinde olduğu gibi gelecek 25 yılda, Hava Kuvvetleri için önemli olacak teknolojileri tahmin etmeye çalışmaktı. Von Karman çalışmaya yine başkanlık ediyordu, fakat artık çok yaşlıydı ve bu ikin-

ci çalışmada fazla aktif bir görev üstlenmemişti. Toplantılar Massachusetts'teki Cape Cod'da olacaktı. Burası ailecek hoşça vakit geçirilebilecek bir yerdi. Bu nedenle on kişilik bir gruba katılıp elektronik grubunda görev yaparak burada iki hafta geçirmeyi kabul ettim.

Çalışmada hakkında vurgu yaptığım bir şey, doğal olarak maserdi. Bu cihaz aklımı oldukça meşgul ediyordu ve çok önemli bir potansiyeli olduğunu düşünüyordum. Çalışma sonunda hazırladığımız raporda, Hava Kuvvetlerinin hassas güçlendiriciler ve zaman standartları gibi konular için, maserlerin daha da geliştirilmesi konusunda destek olmasına dair tavsiyelerimiz bulunuyordu. Ek olarak maser dalga boylarının en azından orta kızılaltı seviyelerine (milimetrenin yüzde biri kadar uzunluklara) kadar indirilmesi yönünde çaba gösterilmesi gerektiğini belirtmiştik. Bu değer, o dönemde pratik olarak mümkün olabileceğini düşündüğüm değerdi. Silahlı Kuvvetler gelişmiş iletişim teknolojileri ve elektronikle bu kadar ilgiliyken ve ufukta henüz araştırılmamış bir teknoloji görünürken, maser bağlantılı gelişmelere yapılacak yatırımın fayda sağlayacağını düşünüyordum. Çok kısa dalga boylarına ulaşmanın mümkün olabileceğine ikna olmamdan ve daha önce bahsettiğim gibi defterime bu konuyla ilgi notlar almamdan kısa bir süre önce, eylül ayında bu raporu tamamladık.

O sırada ortaya çıkan ve benim de ilgimi çeken bir öneri, uzay araştırmalarına da ilgi göstermekti. Hava Kuvvetleri temsilcileri bize kendilerinin de bu konuda bir şeyler düşündüğünü söyledi ve bizden uzayla ilgili şeyleri rapor dışında tutmamızı ısrarla rica ettiler. Kongre'nin kendilerine, daha mantıklı ve ciddi şeyler yerine uzay "zırvalıkları"yla uğraştıkları için bir şamar indireceğinden korkuyorlardı.

Bununla beraber ekim ayında, raporumuz baskıya girmeden biraz önce Sovyetler *Sputnik I*'i uzaya gönderdiler. Birden bire Kongre ve hatta herkes, Hava Kuvvetlerinin uzaya çıkmasını istedi. Uzayı göz ardı etmek ahmaklık olurdu. Elbette, verilen talimat doğrultusunda hazırlanan raporumuz, tam da bu şekilde uzay çalışmalarını göz ardı ediyordu. Gelecek 25 yıl için çizilecek yollar hakkında bir rapor yayımlayıp içerisinde

uzaya dair hiçbir şey bulunmaması büyük bir utanç kaynağı olacağı için, Hava Kuvvetleri raporu derhal askıya aldı.

Ancak bu, hikâyenin sonu olmamıştı. Bir yıl sonra, 1958 yılının yazında Hava Kuvvetleri, çalışma grubunun büyük bir kısmını geri çağırıp, raporu güncellemesini ve süslemesini istemişti. Elbette bu yeni rapor uzay faaliyetleri ve araştırmalarının askerî potansiyeli üzerine bir şeyler içeriyordu.

Bu hikâyedeki önemli bir nokta, benim 1958 yılında toplanan grubun içerisinde olmayışımdı. (Ben, o yıl "tatilimi" ailemle birlikte Colorado'da, daha önce bahsettiğim biyofizik grubuna katılarak geçirmiş ve bu sırada Art Schawlow'la beraber optik maserler üzerine yazdığımız makaleyi tamamlamıştım.) Ancak tekrar toplanan Hava Kuvvetleri çalışma grubu, maserin orta-kızılaltı bölgesi gibi kısa dalga boylarına doğru gelişmesi için çaba gösterilmesine dair kısmı rapordan çıkarmıştı. O sırada Art'la beraber yazmakta olduğumuz makale, 1958 yılının ancak ağustos ayında geniş kitlelerce erişilebilir olmuştu. Tahminimce Hava Kuvvetleri çalışma grubu üyelerinin büyük çoğunluğu yine de bu konuyu görmezden gelmişti. Belirttiğim gibi yayınımızdan önceki dokuz ay boyunca optik ve kızılaltı maserler hakkında hemen hemen hiçbir hareket yoktu. Bu nedenle Hava Kuvvetleri elektronik danışma grubu, bu alana vurgu yapmak bir yana, benim bu konunun önem kazanabileceğine dair yorumlarımı rapordan çıkarmaya karar vermişti.

Hava Kuvvetleri heyetinin üyeleri ya maserlerin kızılaltı gibi kısa dalga boylarına doğru geliştirilemeyeceğini düşünmüş ya da Hava Kuvvetlerinin bu konuya ilgi göstermesini haklı çıkaracak kadar önemli bir sebep olmadığına hükmetmişlerdi. Raporda yalnızca benim mikrodalga bölgesi üzerine taslak olarak hazırladığım kısmı bırakmışlardı. Ben orada bulunmadığım ve maserin çok daha kısa dalga boylarında çalışılabileceğine dair fikirleri öne çıkarmadığım için, bu konu hakkında gösterilen heves uçup gitmişti. Belki de diğer üyeler bu konunun benim özel bir ilgi alanım olduğunu ve pratik bir uygulamasının bulunmadığını düşünmüşlerdi. Hava Kuvvetleri temsilcileri elbette ki bir önceki yılın raporunda benim kızılaltı maserler üzerine kaleme aldığım

bölümü görmüşlerdi. Ancak önlerine gelen yeni raporda bu kısmın ortadan kaybolması konusunda herhangi bir kaygı duymamışlardı. Bugün hâlâ bazıları, başından beri Silahlı Kuvvetlerin laserin geliştirilmesi için yoğun çaba harcadığına inanmaya devam edebilir. Ancak deliller durumun bunun tam zıttı olduğunu gösteriyor.

Tüm bu süreç boyunca kimi Silahlı Kuvvetler temsilcilerinin bireysel olarak, yaptığımız işleri takip ettiği ve bunları anladığı bir gerçek. 1956 yılının sonunda ya da 1957'nin başlarında Bill Otting isminde bir Hava Kuvvetleri Bilimsel Araştırmalar Ofisi personeli beni ziyaret etti. Fizik alanında yüksek lisans yapmıştı. Hava Kuvvetlerinin Columbia Işıma Laboratuvarları'yla iyi ilişkilerini sürdürmekle yükümlüydü ve yaptığımız çalışmaları görmekten keyif alırdı. Maserleri kızılaltı bölgesine taşımak üzerine bir makale yazmam konusunda kendiliğinden ısrar etti. Ben de ona, kısa dalga boylarında çalışan maserlerin benim de istediğim bir şey olduğunu ancak henüz buna olanak verecek harika bir fikir üretemediğimi söyledim. Eğer doğru çözümü bulursam bu konuda büyük bir mutlulukla bir makale yazacağımı söyledim, ancak o sıralarda henüz bunu başaramamıştım. Bu konuya başka kimin ilgi gösterebileceğini sordu. Ben de ona, o esnada doktora sonrası araştırmacım olarak bulunan ve özellikle kuramsal yaklaşımda son derece başarılı olan Ali Javan'ın ismini verdim. Ancak Javan da buna yanaşmadı ve makale yazılamadı. Tüm bunlar, 1958 yazındaki Hava Kuvvetleri heyetinin toplantısından çok önce olmuştu. Sonunda heyet, kısa dalga boylu maserler hakkında bir şey söylememişti.

Makalemiz dolaşıma çıktıktan sonra, kısa dalga boylarında maserler için Silahlı Kuvvetlerin gösterdiği ilgisizlik fazla uzun sürmedi. 1959 yılının başlarında, Donanma Araştırma Ofisi'nin (ONR), New York City'deki Irving Rowe isimli bir temsilcisi bana, artık hareketli bir konu haline gelmiş olan maserler üzerine bir konferans için sponsor olmanın iyi bir fikir olup olmayacağını sordu. ONR'nin elektronik ve fizik bölümünün böyle bir konferans için para vermesini sağlayabilirdi ve bana bu toplantının yöneticisi olmak isteyip istemeyeceğimi de soruyordu. Kabul ettim. ONR, toplantıyı düzenlememize ve bir sekreter ile bir asistan tutmamıza ye-

tecek bir ödeneği Columbia'ya verdi.

Konferans için 11 kişilik bir düzenleme heyeti oluşturdum. Heyette Rowe, Harvard'dan Nico Bloembergen, Princeton Üniversitesi'nden Bob Dicke, Stanford'dan Tony Siegman, Hughes Araştırma Laboratuvarları'ndan George Birnbaum, California Üniversitesi Berkeley Kampüsü'nden Charlie Kittel, MIT'den Woody Strandberg ve Bell Laboratuvarları'ndan Rudi Kompfner bulunuyordu. Gruba hem fizikçileri hem de mühendisleri dahil etmeye çalışmış, kuramsal alanda iyi olanlardan, eldeki problemi en iyi anlayabilenlere kadar geniş bir yelpaze yapmaya gayret etmiştim. Çok geniş katılımlı bir toplantı düzenlemek yerine 100 tane kilit isme ulaşmaya karar vermiştim. Çok şükür ki düzenleme işlerinin büyük bir kısmını öğrencilerim Pat Thaddeus, Harold Lecar, Joe Giordmaine, Bill Rose, Frank Nash, Isaac Abella ve Herman Cummins üstlenebilmişti.

1959 yazının başlarında, planlanan toplantı henüz gerçekleştirilmeden önce, Washington D.C.'deki Savunma Analiz Enstitüsü'nün (IDA) araştırma direktörü ve başkan yardımcısı görevine geçmek için Columbia'dan bir süreliğine ayrılmayı kabul ettim. Bu dönem, Birleşik Devletler'in savunma alanı da dahil olmak üzere önemli bilimsel ve teknolojik alanlarda Sovyetler Birliği'nin gerisinde kaldığına dair kaygıların güçlü olduğu, *Sputnik*-sonrası dönemdi. IDA, kâr amacı gütmeyen, aralarında kendi üniversitem Columbia'nın rektörünün de bulunduğu büyük ölçüde rektörlerden oluşan bir grup tarafından idare edilen ve Pentagon'a danışmanlık yapan bir kuruluştu. Her zaman, bilimcilerin dönem dönem kamu hizmetinde bulunması gerektiğini düşünmüşümdür. Bu nedenle Washington'a giderek, Amerikan bilimsel çalışmalarının değerlendirilmesine yardımcı olmayı ve Pentagon ile diğer hükümet organlarına ihtiyacımız olan teknolojik gelişmeler konusunda danışmanlık yapmayı kabul ettim. Bu görevde 2 yıl kalmayı ve sonunda tekrar bir akademik ortama dönmeyi planlamıştım.

Washington'da kaldığım dönem boyunca cumartesi günleri düzenli olarak Columbia'ya giderek öğrencilerimle ve maser fiziği üzerine düzenlenen toplantının hazırlıklarıyla

ilgilendim. 1959'daki toplantı maser ve ilgili fizik konularının ayrı bir alt disiplin olarak resmen doğuşunu temsil ediyordu. İsim olarak heyet "Kuantum Elektroniği Konferansı – Rezonans Olgusu" üzerinde uzlaşmıştı. Bu isim, hem yeterince açıklayıcı hem de o zamanlar ilgili tüm konu başlıklarını kapsayacak kadar geniş görünmüştü. *Kuantum elektroniği* teriminin doğuşu da işte böylece olmuştu.

14-16 Eylül tarihleri arasında, New York Eyaleti'nin Catskills Bölgesi'ndeki Shawanga Lodge isimli tesiste bir araya geldik. Rowe, açılışta verdiği konuşmada kuantum elektroniğin "mikrodalga teknikleri konusunda bir devrim yarattığını" söyledi ve ekledi: "Aranızda Donanma Araştırma Ofisi hakkında fazla fikri olmayanlar, Donanmanın böyle bir bilimsel konferans için neden para harcadığını merak ediyor olabilir." Bu sorunun cevabını, maserin Donanma radyo teleskopundaki kullanımını ve Donanma Gözlemevi'ndeki ulusal resmî zaman ayarlarında bir atom saatinin kullanımıyla beraber maserin oynadığı rolü anlatarak verdi. ONR'nin amacını şöyle açıkladı: "Kısa dönemli pratik uygulamalara yönelik bir önceliğimiz yok. Öncelikli olarak doğanın temel işleyişine dair anlayışımızı geliştirmeye ağırlık veren temel bilimsel araştırmalarla ilgileniyoruz." Bunlar güzel ve yerinde açıklamalardı. Toplantı, 1940'ların sonunda ve 50'lerde Pentagon'un temel araştırmaların desteklenmesinde oynadığı hayati rolü gösteren iyi bir örnekti. Ulusal Bilim Kurumu (NSF) ve diğer kamu kaynakları o zamanlar bugün oldukları kadar etkin değillerdi.

Toplantı, diğer konuların yanında ana konusu maserler olmak üzere büyük ölçüde spektroskopi ve elektronik alanlarının bir araya gelişini incelemişti. Maserlerin kuramsal ve pratik yönlerine dair görüşmelere ek olarak atom saatleri, maser-dışı güçlendiriciler ile atom ve molekül enerjisi seviye geçişlerinin temel fiziği üzerine makaleler vardı. 60'ın üzerindeki makale, günleri ve akşamları dolduran tartışmalar, sohbetler ve fikir alışverişleri için bir katalizör görevi görmüştü. Yoğun bir çalışmayla geçen bir konferans olmuştu ve tatile uygun bir tesiste gerçekleştirilmiş olmasına rağmen çok az sayıda katılımcı eşiyle beraber gelmişti.

Bu, uzun yıllar sürecek olan uluslararası "Kuantum Elektroniği" toplantıları serisinin ilki olacaktı. Bunlardan geçenlerde katıldığım bir tanesi, 7.000'den fazla katılımcısıyla, ilk toplantıda planladığım 100 kişiyle kıyaslandığında devasaydı. Ek olarak artık bu tür toplantılara pek çok ticari ürünün sergilendiği geniş ve etkileyici bir de fuar eşlik ediyor. Bu fuarlarda bilimsel yayınlardan laboratuvar ve tıbbi araçlara, alet edevattan üretim cihazlarına kadar pek çok farklı ürün bulunuyor.

1959 Konferansı'nın etkinliklerini Jim Gordon, molekül ışını maserleri üzerine verdiği bir genel değerlendirmeyle açtı. Konuşmasında, dinleyicilerin arasında bulunan ve Birleşik Devletler'e ilk kez gelen Basov ve Prokhorov'un Rusya'da yürütmüş olduğu çalışmalara da atıfta bulundu. İkili, konferanstan sonra Columbia'daki laboratuvarımızı ziyaret etmişti. Frances ve ben, onları evimizde ağırlamaktan büyük mutluluk duymuştuk.



Resim 8: 1959'daki ilk uluslararası kuantum elektroniği toplantısında. Soldan sağa, James Gordon, Nikolai Basov, Herbert Zeiger, Alexander Prokhorov ve Charles Townes.

Toplantının son gününde Art Schawlow, optik maserler üzerine yorumlarımızı açıklayan bir değerlendirme sundu. Javan, gaz kullanan optik maserler üzerine "ikinci tip çarpışmaları" da içeren bir konuşma yaptı. Gordon Gould da toplantıya davet edilmişti. Bir sunum yapmadı ancak tahmin ettiğim gibi Javan'ın konuşması üzerine bazı yorumları olmuştu. Gould TRG'ye geçmek için Columbia'dan ayrıldıktan ve makalemizi gördükten sonra, 1958'in sonlarında ve 1959'da ara ara Columbia'ya gelerek benimle görüşmüştü. Optik maser yapmak için elektronları yüksek enerji seviyesine geçirmede yeni bir fikri olduğunu ve bunun için "ikinci tip" çarpışmaları kullanmayı düşündüğünü söylediğini hatırlıyorum. Bunu yaparken iyi bilinen bir fiziksel olaydan faydalanmak istiyordu. Eğer, elektronları yüksek enerji seviyesinde bulunan bir atom, düşük seviyede bulunan bir atomla çarpışırsa bazen yüksek enerjili atomdan diğerine enerji transferi olabilir. Bu olay, farklı elementlerin atomları çarpıştığında da meydana gelebilir. Yeter ki transfer edilecek olan enerji, enerjiyi alan atomda doğal olarak bulunan bir enerji geçişine denk gelsin. Bu olay kinetik enerjinin değil, elektronik bağlarda depolanan enerjinin, yani iç enerjinin transferidir.

Bundan tamamen bağımsız bir şekilde, Bell Laboratuvarları'nda çalışmakta olan Ali Javan aynı fikir hakkında benimle daha önce görüşmüştü. Ali'yi bunun üzerine gitmesi ve bu konuda bir yayın yapması için cesaretlendirmiştim. Javan, Art ve benim kurguladığımız gibi yakut veya başka bir katıyı kullanmayı hiç düşünmemişti. Sonraları verdiği bir röportajda "ben her zaman gaz halindeki ortamlarla ilgilendim. Katılarla ilgilenmem. Tekil atom veya tekil moleküllerdeki basit etkileşimleri tercih ederim" demişti.

Gould bana ikinci tip çarpışmaları bir enerji kaynağı olarak kullanma fikrinden bahsedince, kendimi birbirinin neredeyse aynı iki sır konusunda güvenilmiş buldum. Doğal olarak Gould'u da bu konunun üzerine gitmesi ve yayımlaması için cesaretlendirdim. Javan bu konu üzerinde Gould'a kıyasla daha kapsamlı bir çalışma yaptı ve 1959 yılında *Physical Review Letters*'da yayımladı. Bense, Art Schawlow'la bizim aklımıza gelmeyen bir fikri her ikisinin de bağımsız bir

şekilde üretmiş olmasından büyük keyif almıştım. Sayısı hızla artmakta olan laser fikirleriyle ilgili olarak bu tür sır tutmalar başıma bir kereden fazla geldi. Yarıiletken laserler ortaya çıkarken, ikisi büyük ticari firmalarda olmak üzere üç farklı grup, bana bu tür laserlere dair sırlarını anlattılar. Hiçbiri diğerinin çalışmalarından haberdar değildi. Ben de çenemi hep sıkı tuttum. Bilgileri, zaten kimlerin bildiğine veya kimlerin bilmesi gerektiğine dair kararların verilmesini gerektirecek başka can sıkıcı durumlar da olacaktı.

Aralık 1958'de, Gould'un çalışmakta olduğu TRG şirketi, Pentagon'un İleri Araştırma Projeleri Ajansı'na (ARPA) laser yapmak üzere bir öneriyle başvurdu. ARPA, *Sputnik*'in uzaya gönderilmesinin yarattığı şokun ardından Birleşik Devletler'in Sovyetler Birliği karşısında esaslı bir rakip olabilmesi amacıyla kurulmuştu. ARPA, kendisine yeni fikirleri ve teknolojik gelişmeleri desteklemesi için bolca ödenek verilmiş olduğu için, yeni teknik önerilere, o dönemde, oldukça özgür bir şekilde para aktarabiliyordu. TRG'nin ise desteğe ihtiyacı vardı ve ARPA'ya verdikleri önerinin kendilerine iyi bir sözleşme sağlayacağını umuyorlardı. Birleşik Devletler Savunma Bakanlığı, benden amacı "Laser Cihazlarının Özelliklerinin Araştırılması" olarak belirtilen proje önerisini değerlendirmemi istedi. TRG'nin ciddi şekilde bu alana girdiğinden ilk kez haberdar oluyordum. TRG'nin başkanı Larry Goldmuntz sonradan bana, proje önerisinin yazılabilmesi için Gordon Gould'la karşılıklı oturup çalıştığını söyledi. Bu proje önerisi TRG personelinden yedi kişi için ödenek sağlıyordu. Silahlı Kuvvetlere verilen bu tür proje önerilerinde alışılageldiği gibi belge oldukça uzundu. Bunu değerlendirebilmek için gerçekten boş vaktim olmadığını belirttim. Ancak Pentagon'dan bir yetkili beni tekrar aradı. Söylediğine göre TRG, değerlendirmeyi yapacak kişinin mutlaka ben olmam konusunda ısrar etmişti. Tahmin ediyorum şirket ticari sırları hakkında benden başka kimseye güvenmemişti ve benim bu konulara nasıl olsa aşina olduğumu bildiği için, konuya olumlu yaklaşacağımı düşünmüştü. Bu ısrarın üzerine görevi kabul ettim.

TRG'nin önerdiği çalışma laser kuramının, Fabry-Perot yapıların rezonans modlarını, laser yoluyla iletişimi, laser

radarı ve uydulara laser yoluyla güç aktarımı konularını içeriyor ama laser silahlarından bahsetmiyordu. Önerilerinin büyük çoğunluğu birkaç vatlık laser gücü elde edilebilirse neler yapılabileceğine dairdi, ancak bir olasılık olarak 100 kilovatlık güçte morötesi ışımaya da değiniliyordu.

Elbette o ana kadar henüz hiç kimse bir laser yapabilmiş değildi. Bizim makalelerimizde değindiğimiz laserler sadece birkaç milivat güce sahip olacaktı. TRG, ayrıntılı şekilde inceleyerek önerdiği yapıyla 100 milivat elde edeceğini hesaplıyordu. Ancak TRG genel olarak, 10 vata kadar güç üretebilecek laserler yapmayı umduğunu vurguluyordu. Bugün anlıyoruz ki, her ne kadar o dönemde ispat etmesi zor da olsa, TRG'nin ucu açık bir şekilde yaptığı birkaç vatlık laser vurgusu son derece yerindeymiş. Artık bazı devasa laserler, TRG'nin öngördüğü gibi morötesi dalga boylarında olmasa da sürekli çalışma düzeninde megavat (bir milyon vat) mertebesinde güç üretebilmektedir.

Özetle, projeyi gözden geçirdim ve evet, bu kıymetli bir çalışma olacaktır ve bu alanın geliştirilmesi gereklidir dedim. Kilovat seviyesinde güçlerin üretilebileceğinden emin olmasam da, birkaç yüz vatlık sabit bir çıkış gücü olası görünüyordu. Projenin adı belli herhangi bir hedefi yoktu, sadece "laserlerin özelliklerini" araştırmayı amaçlıyordu. Ödenek sağlanması yönünde görüş bildirmekten ve ARPA'nın TRG'ye 1 milyon dolar ayırmasından (firma yalnızca 30 bin dolar istemişti) memnuniyet duymakla beraber biraz rahatsız olduğum bir konu vardı. TRG, Art'la yazdığımız makaleden çokça kısmı kopya etmiş ancak bize herhangi bir atıfta bulunmamış veya referans göstermemişlerdi. Sonraki ilk karşılaşmamızda Gould'a "Gordon, bizim makalemizi görmemiş miydin?" diye sorduğumu hatırlıyorum. O da "görmüştüm" diye cevap vermişti. Kendi defterine düştüğü not, sonraları, gerçekten de makalemizi görmüş olduğunu ortaya koyacaktı.

TRG'nin başarılı olmasını istiyordum ancak şirket, işleri yoluna koymada zorluk çekiyordu. Özellikle laser çalışmaları çok iyi gitmiyordu. Bu nedenle 1959 konferansında Art'tan, optik maserler üzerine vereceği genel konuşma sırasında Gould'un çalışmalarıyla ilgili iyi bir şeyler söylemesini

rica ettim. Eğer bu, konuşmasına uygun düşerse, Gould ve TRG için bir destek sağlayabilirdi. Art da konuşmasında bazı olumlu yorumlar verme imkânı bulabildi.

Art'ın konuşmasının ardından genel tartışmalara Gould da katıldı ve atımlı olarak çalışacak laserlerin [*pulsing laser*] olabilirliğinden ve yaptığı hesaplara göre 1 megavata kadar çıkabilecek tepe güçlerinden bahsetti. Henüz kimse bir laser yapmamışken bu tahmin cüretkârdı ancak ortaya çıktı ki oldukça doğruydu.

Konuşmaları ilgiyle takip edenlerden birisi de Hughes Araştırma Laboratuvarları'ndan Theodore Maiman'dı. Ted, Hughes'a Harold Lyons tarafından yönetilen atom fiziği grubuna katılmak üzere geçmiş ve iyi bir pratik fizikçi ve deneyci olarak ün salıyordu. Yakut maserler üzerine çalışmaktaydı ve toplantının başlarında, bu tür mikrodalga cihazlarla yaptığı çalışmalarından bazılarını aktarmıştı. Ted, zaten daha o sıralarda yakut kullanarak bir optik maser, yani laser yapmayı düşünmekte olduğunu söyleyegelmişti.*

Art'ın konuşması genel olarak, potasyum lambasıyla pompalanacak olan bir potasyum-buharı gaz laseri ve bunu takiben Ali Javan'ın önerdiği helyum-neon gaz laseri üzerineydi. Ancak olasılıkla Ted, Art'ın konuşmasının katı-hal yakut laserinin olabilirliği üzerine olan kısmını can kulağıyla dinledi. Art'ın yorumu, pembe yakutun enerji seviyelerinin, bir laser için uygun olmadığı yönündeydi. Buradaki sorun, alt enerji seviyesi olarak kullanılacak olan seviyenin, aynı zamanda temel seviye olması, bu nedenle de nüfus oranını tersine çevirecek şekilde bu seviyenin boşaltılmasının zor oluşuydu. Bunun yerine, bu problemin bulunmadığı ve uygun enerji seviyelerinin olduğu daha koyu renkli yakutları kullanmayı önermişti. Art şu yorumu da eklemişti: "Belki de daha uygun katı malzemeler bulunabilir ve bizler de bunları araştırıyoruz."

Ted yıllar sonra, o gün Art'ın aşırı derece karamsar olduğunu düşündüğünü ve kendisinin toplantıdan pembe yakuttan bir katı-hal laseri yapmaya kararlı olarak ayrıldığını söyledi. Sonuç olarak takip eden aylarda Ted yakut üzerinde

* Theodore Maiman 5 Mayıs 2007 yılında vefat etti. [—*çev. notu.*]

çarpıcı ölçümler yaptı. Bu ölçümler en düşük enerji seviyesinin yoğun ışıkla enerji verilerek, en azından kısmen boşaltılabileceğini gösteriyordu. Bunun ardından daha da parlak ışık kaynaklarına yönelik çalışmalar yaptı. Maiman, 16 Mayıs 1960'ta, California Culver City'deki Hughes Laboratuvarı'nda, 1 santimetre çapında ve 1,5 santimetre uzunluğundaki bir yakut kristali etrafına yerleştirdiği General Electric firması tarafından üretilen flaş lambasını ateşledi ve böylece ilk laseri çalışır hale getirdi. Cihazın gerçekten çalıştığına dair delil biraz dolaylı olarak bulunmuştu. Hughes grubu, cihazı bir duvar veya benzeri bir şey üzerinde bir ışık beneği oluşturacak şekilde yerleştirmemişti. Laseri henüz yeni çalıştırdıkları bir dönemde kıdemli bir Hughes araştırmacısına bir ışın parlaması görüp görmediklerini defalarca sordum. Bu yapılabilecek en basit test gibi duruyordu. Verdiği olumsuz cevap elde ettikleri şeyin ne olduğuna dair bir miktar şüpheye yol açmıştı. Ancak ölçüm cihazları, salımın uyarılma sonucu olduğunun açık bir işareti olacak şekilde yakutun floresans spektrumunda önemli bir daralma olduğunu gösteriyordu. Işıma da bu tür bir etkinin meydana gelmesi için en olası olan dalga boylarında zirve yapıyordu. Bu cihaz gerçekten de düşünüldüğü gibi yüksek enerji seviyesine geçişin bir flaş lambasıyla sağlandığı atımlı bir laserdi. Ancak bunun tek kanıtı başlangıçta, tek dalga boyunda bir ışımanın varlığıydı. Kısa bir süre sonra hem Hughes grubu hem de Bell Laboratuvarları'nda çalışmakta olan Art Schawlow bağımsız birer şekilde, duvar üzerinde benekler yapan yüksek yönelimli parlak ışıkları gösterdiler. Bu laserin çalışmakta olduğunu gösteren ve görsel olarak kolayca anlaşılabilen açık bir kanıttı.

Hughes Araştırma Laboratuvarı ilk laserini kamuoyuna 7 Temmuz 1960'ta, New York'ta yaptığı bir basın konferansıyla duyurdu. Ertesi günkü *New York Times* gazetesinin ön sayfasında abartısız bir başlık olan "Bilimcinin Işığı Güçlendirme İddiası" adlı bir yazı çıkmış ve yazı daha önceki maser çalışmalarına tutarlı bir referansta bulunmuştu. Ancak kimi haberler böyle makul değildi. Hatta bazıları genel ifadelerle, Hughes Laboratuvarı'nın gelecekte savaş alanlarında kullanılabilecek bir ölüm-ışını silahı icat ettiğini ima ediyordu.

Ted, resmî sunumunun ardından etrafının gazeteciler tarafından çevrildiğini anlattı. Laserin olası kullanım alanları listesinde bir tür laser silahını, bilimsel uygulamalarından ve ölçüm cihazlarından sonra en alta koymuştu. Gazeteciler ise silah uygulaması konusunda daha fazla şey söylemesi için baskı yapıyorlardı. Konuyu istediği yere getiremediği için çileden çıkmış bir gazeteci Ted'e, laserin bir silah olarak kullanılabilmesinin imkânsız olduğunu söyleyebilir misiniz diye sormuştu. Ted de hayır cevabını vermişti. Böylece laser ölüm ışını hikâyesi doğmuş oldu.

Hughes, basın bildirisini çok geniş bir kitleye göndermişti. Hughes fotoğrafları içinde gazetelerin en çok sevdiği, koruma gözlükleri takmış olan Ted'in yüzünü neredeyse tüm kareyi dolduracak şekilde gösterendi. Ted bu pozda laseri tam burnunun önünde tutuyordu. Bu fotoğrafta yaklaşık 1 santimetre çapında ve birkaç santimetre uzunluğunda bir yakut kristali vardı. Bu tür ince ve uzun yapılar sonraki yakut laserlerinde sıkça kullanılacak olan iyi bir tasarımdı. Bu oranlar pek çok bilimci tarafından yakut laserinin prototipi olarak bilinir. Ancak resimdeki bu yakut ilk kristal değildi. Kullanılan ilk yakut kısa ve tombuldu.

Physical Review Letters dergisi o dönemde maserlerle ilgili yayın başvurularıyla kuşatılmıştı ve derginin editörleri, sonradan hayal kırıklığı duymalarına yol açacak bir biçimde Ted'in makalesini, herhangi bir hakeme göndermeden reddetmişti. Bu makalenin Ted'in daha önce üzerinde uğraştığı bir şeyle ilgili devam niteliğinde yine bir maser çalışması olduğunu düşünmüşlerdi. Sonuç olarak Ted, *Nature* dergisine yönelmişti. Dergi bu tarihi başarıyla ilgili kısa bir açıklamayı kabul etmiş ve 6 Ağustos'ta yayımlamıştı. Bu kısa yazı, benim ve belki de daha pek çoklarının kafasını karıştıracak bir şekilde laserin kalbi olarak "1 santimetre boyutlarında bir yakut kristalinden" bahsediyordu. Ted'in laseri yapmada tüm dünyayı geride bıraktığına dair bir şüphe yoktu, ancak yayımlanan o ilk fotoğraftaki boyutlar, Ted ve ekibinin bildirdikleri boyutlarla örtüşmüyordu.

Artık Santa Barbara'da yaşamakta olan Ted'den yakın bir zamanda öğrendiğime göre bu durumun basit bir açık-

laması vardı. Hughes'ın halkla ilişkiler bölümü Maiman'ın başarısını öğrenince laboratuvarına bir fotoğrafçı göndermişti. Ted fotoğraf çekimleri için içerisinde güdük bir kristal bulunan ilk laserini çıkarmıştı. Fotoğrafçı ise bunun yeterince etkileyici görünmediğini düşünmüş ve oradaki daha uzun ve çekici olan bir yakut kristalini gözüne kestirmişti. Bu diğer kristalin orada bulunma sebebi de basitti. Ted, General Electric'ten üç tane flaş lambası sipariş etmiş ve bunlardan en küçük olanı kullanmaya karar vermişti. Ancak yedek plan olarak, daha geniş kristalleri ve büyük lambaları kullanan prototipler için de hazırlık yapmıştı. Ted, fotoğrafçının bu uzun kristali kullanmasını kabul etmişti; çünkü bu kristalle yapılan düzenek de gayet güzel çalışmıştı. Sonuç olarak, birincinin değil de, ikinci veya üçüncü laserin portresi tüm dünyada yayımlanmıştı.

Pratik açıdan elbette bu ayrıntıların herhangi bir önemi yoktu. Pek çok harika insan laser üzerinde sıkı bir çalışma içerisindeydi. Yakut kristali bir başlangıç olmakla ve günümüzde hâlâ yoğun ışıkla yapılan deneylerde önem taşımaya devam etmekle beraber, laser türleri ve laser tekniklerinde bir patlama yaşandı. Kısa bir süre sonra gaz, katı ve hatta sıvı kullanan laserler (ve Art Schawlow'un daha önce bahsettiğim jöleden laseri) ortaya çıktı. Bu laserlerin çok sayıdaki uygulamaları artık modern teknoloji toplumuna yayılmış durumdadır. Yakutu takip eden iki katı-hal laser türünü, IBM laboratuvarlarındaki benim eski bir öğrencim olan Mirek Stevenson ile Nico Bloembergen'in eski bir öğrencisi olan Peter Sorokin ortaya çıkaracaktı. Ardından helyum-neon laserini Ali Javan, Bell Laboratuvarları'na Columbia Işıma Laboratuvarları'ndan geçmiş başka bir öğrencimiz olan Bill Bennett ve Bell'deki bir optikçi olan Don Herriott'la birlikte yapacaktı. Kökeni katı-hal fiziğine dayanan ve milyonlarca üretilebilen ufacık yarıiletken laserlerin sayısı yakın bir geçmişte helyum-neon laserlerin sayısını aştı.

Ben Washington D.C.'de IDA'daki görevimi sürdürürken Columbia Işıma Laboratuvarları'ndaki grubumuz laserler üzerinde çalışmaya devam ediyordu. Çalışmalar bir öğrenci tezi olacağı için, tüm hevese rağmen yine de normal bir tez

hızında, yani son derece yavaş olarak sürüyordu. Hughes ilk laseri yaptıktan sonra öğrencilerim Herman Cummins ve Isaac Abella tezlerini, sezyum buharında yüksek enerji seviyesine geçme olayı ve laserin sağladığı yoğunlukla elde edilebilen iki-foton soğurulmasıyla ilgili ilk çalışmalar üzerine hazırladılar. Bir süre sonra da, Art Schawlow'la beraber yazdığımız makalede ayrıntılı bir şekilde incelenmiş olan laser türlerinden biri TRG'deki bir grup tarafından çalışır hale getirildi. Ancak bu laser yalnızca gösterim amaçlıydı ve hiçbir zaman faydalı bir tür haline gelmedi.

Yapılan ilk laserlerin hemen hepsinin sanayi laboratuvarlarından çıkmış oluşu dikkate değerdir. Optik maserler, yani laserler üzerine ilk makalemizin hemen ardından bu konu oldukça hareketli bir çalışma alanı haline gelmişti. Sanayi laboratuvarlarının başarısı kısmen, bir konunun önemi kavrandığında üniversitelere kıyasla bu tür kuruluşların daha fazla kaynağı daha odaklı bir şekilde konu üzerine aktarabilmelerinde yatmaktadır. Hedef net olduğunda sanayi gerçekten de etkin olabilmektedir. Her ne kadar sanayi laboratuvarlarında yapılmış olsalar da ilk laserler, mikrodalga ve radyo spektroskopisi alanlarındaki üniversite araştırmalarının hemen ardından işe alınmış genç bilimciler tarafından icat edilip oluşturulmuştu. Bu genç araştırmacılar, Columbia Işıma Laboratuvarları'ndan Willis Lamb, Polycarp Kusch ve şahsım ile Harvard'daki Nico Bloembergen'in öğrencileriydi. Tüm alan, kökenini buralara dayanan fiziksel düşünce ve deneyim sayesinde gelişip serpildi.

Benim için, laserin kendisi üzerine yürüttüğüm çalışmalar artık bir sona yaklaşıyordu. Bundan sonra laseri çok geniş bir şekilde bilimsel deneyler için kullanacak ama laser teknolojilerinde yaşanacak olan sürekli ve etkileyici gelişimi başkalarına bırakacaktım. Yalnız bilmediğim bir şey vardı. Patentlerle ilgili sorunlar ve mahkemeler nedeniyle, kariyerimin laserin ortaya çıktığı dönemini tekrar ve tekrar gözden geçirmem gerekecekti.

7

PATENT OYUNU

Bir buluşun sahibi olma fikri, hatta buluş kavramının kendisi karışık bir şeydir. Örneğin faz kararlılığı yöntemini ve senkrotron cihazını ele alalım. Bu cihaz yüksek enerji fiziğinde kullanılan bir tür dairesel parçacık hızlandırıcısıdır.

Faz kararlılığı yöntemi, parçacıkların hızı ışık hızına yaklaştığında bunların artan kütlelerinin etkisini dengelemek için, parçacıkların ivmelenme zamanlamalarını zekice bir şekilde ayarlar. Bu yöntemi kullanan senkrotron cihazı, eski tip hızlandırıcıların görecelik kuramında kullanılan enerjilerde çalışmasını engelleyen zorlukların üstesinden gelebilmektedir. Yüksek enerji senkrotronunu kim icat etti diye hangi fizikçiye sorarsanız sorun, alacağınız cevap büyük olasılıkla rahmetli Edwin McMillan olacaktır. Plütonyumun sentezlenmesi nedeniyle Glenn Seaborg'la beraber 1951 Kimya Nobeli'ni kazanmış olan Ed, California Üniversitesi Berkeley Kampüsü'nde çalışan bir fizikçiydi. Ernest O. Lawrence'ın ölümünün ardından Ed, Lawrence Işıma Laboratuvarı'nın (şimdiki adı Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı'dır) yöneticisi olmuştu. Senkrotronları 100 milyon elektron volt enerji seviyelerinin üzerine çıkaran ilk kişi de o olmuştu. Bu gelişme, alanda hızlı bir büyümeyi tetiklemiş ve Lawrence'ın ölümünden sonra bile laboratuvarın yüksek enerji fiziğinde yıllarca süren mükemmeliyetinin ana sebebi olmuştu.

Pek çok "orijinal" fikirde olduğu gibi, Ed'in yüksek enerjileri olanaklı kılan faz kararlılığına dair fikirlerin kimi yönleri, aslında çok daha önce ortaya çıkmıştı. Rus bilimci Vladimir Veksler'in 1945 yılının Mart'ında yayımlanması için gönderdiği, bu olgunun kuramsal prensiplerini oldukça iyi bir şekilde

ortaya koyan bir makalesi su üstüne çıktı. Kimse bu makaleye pek dikkat etmemişti ve Ed de kendi makalesini yayımlanmak üzere 1945 Eylül'ünde gönderene kadar bu makaleyi görmemişti. Ed'in makalesi yayımlandıktan kısa bir süre sonra bu fikri ilk deneyenler, ellerinde küçük bir yüksek enerji makinesi bulunan General Electric fizikçileri olmuştu.

Cihazın kökenine dair çeşitli iddialardan bahsettiğimde Ed bana şöyle demişti: "Tüm söyleyebileceğim bu cihazı icat etmek zorunda kalan en son kişi ben oldum." Ed'in bu sözlerinde bir bilgelik yatar. Bir fikre sahip olmak iyi bir şeydir. Bunu yazıya döküp başkalarının da kullanmasını sağlamak ise daha da iyi bir şeydir. Bir şeyi bağımsız bir şekilde düşünmüş olmak iyidir. Ancak, bir fikri gerçeğe çevirerek, başkaları için bunu tekrar icat etmeyi lüzumsuz, hatta imkânsız hale getiren kişi olmak ise çok daha iyi bir şeydir.

Patent yasaları olmasaydı yalnızca prestij kazanma amacıyla buluşu kimin yaptığına dair farklı iddialar, büyük oranda akşam yemeği sonrası sohbetlerinin malzemesi olurdu. Patentler buluşlardan kimin para kazanacağını ve kimin bunları kullanmak için para ödemek zorunda olduğunu belirlemede hayati derecede önem taşır. Mahkemelerde patent işleri son derece ciddiye alınır ve Ed'in anlamlı esprisi, bir patent hakimini tatmin etmez. Bazı durumlarda kimin neyi icat ettiğine dair verilecek olan kararlar, ticari imparatorlukların kaderini belirleyebilir ve mahkemelerde saç baş yoldurtacak kadar çapraşık hukuki tartışmalarla uzun süreler harcatabilir.

Pek çok kişi bilimsel kefişler ile icatların benzer olduğunu düşünür. Gerçekten de benzerlikler vardır ve bazen bu ikisi yakından ilişkilidir. Ancak aralarında çok ciddi farklılıklar da vardır. Maser ve laserin durumunda da görüleceği üzere, patentler hukuki kurallara dayanır ve bunlarla ilgili ayrıntılar –icadın anafikrinde yapılan ufak değişiklikler veya fikrin resmi olarak kamuya açık olup olmaması gibi– patent hakkının verilmesinde belirleyici olur. Ek olarak avukatların önemi, jüriler ve hukuki sürecin finansmanı bilim dünyasının yabancı olduğu kavramlardır ve bunlar birtakım alışılmadık durumlara yol açarlar. Bir de, patenti alınabilecek olan şey bir cihazdır, yeni bir prensip ya da doğayla ilgili yeni

bir keşif için patent verilmez. Bilimcilerin doğayla ilgili olarak ortaya koyduğu yeni keşifler veya temel yasalar, patent kanunlarının gözünde yeni değildirler; bunlar doğada her zaman var ola gelen şeylerdir. Bilimciler yeni bir anlayışın getireceği heyecan ve tatmin için çalışırlar. Elde edilen ödül kısmen doğaya dair heyecan verici yeni bilgiler, kısmen de ulaşılan başarının hem şahsi olarak hem de meslektaşlar tarafından takdiridir. Bilimsel ilerleme, bilgilerin ve prensiplerin keşfiyle yol alır. Bunlar her ne kadar başlangıçtan beri doğanın kanunları olarak süre gelmişlerse de, insanlar tarafından daha önce algılanmamış oldukları için yenidirler. Bununla beraber bir icat amacı güden kişi, doğada var olmayan ve pratik kullanımı olabilecek yeni bir cihazı hedeflemelidir. Bunun ödülü işe yarar bir cihaz yapmanın vereceği büyük haz olabileceği gibi aslen maddi kazanç da olabilir. Birleşik Devletler'de patent almak, patent yasalarının kurallarından geçer. Bu kurallar 200 yıl önce öngörülü insanlar tarafından konmuştur. Kurallar zorunlu olarak keskin çizgilerle belirlenmiştir ve eldeki durumlara bazen çok iyi uyarlar ama bazen de pek uymazlar.

Bilimcilerin içgüdüleri meslektaşlarıyla açık olarak konuşmak ve fikir paylaşmak yönündedir, ama patentlerle ilgili kaygılar bu açıklığı gölgelemektedir. Çünkü bu durum bir patentin anafikri ve yasal gerekliliği olan, kimin neyi icat ettiği konusunu bulandırabilir. İşbirliği ve beyanat özgürlüğü medeniyetin temel işaretleridir ve neredeyse kaçınılmaz olarak toplu yaratıcılığı zenginleştirir; ama patentlerden gelecek maddi kazançlar büyük olduğunda, bu kazançlar meslektaşları gizliliğe ve mahkemelerde çirkin karşılaşmalara sürükleyebilir. Bu nedenle aralarında bazı genel örtüşmeler olmakla beraber, bilimin işlevsel kültürü ile patent yasalarının labirentleri arasında uyumsuzluklar vardır.

Savaş yıllarında Bell Laboratuvarları'nda çalışırken teknik gelişmelerin kayıt altına alınmasındaki pratik önem hakkında ayrıntılı bir şekilde bilgilendirilmiştim. Bir patent oluşturabilecek şeyler hakkında uyanık olmam gerekiyordu. Buradaki anafikir kullanım hakları satarak para kazanmak değil, şirketin son teknolojiyi kullanmada özgür olmasını

sağlamaktı. Bell Laboratuvarları'nda yürütülen araştırmalar sonucunda ortaya çıkan her patent zaten şirket mülkiyetinde olduğu için, bu durum şirket içinde açıklığı ve işbirliğini zora sokmuyordu. Orada bulunduğum süre içerisindeki çalışmalarım bir düzine kadar patentle sonuçlandı. Bunların arasında bir tane de molekül saati, yaygın adıyla "atom" saati vardı. Patentlerle ilgili olarak gösterilen gerçek tutkularla ve bunlarla ilgili tartışmaların yol açtığı yüksek maliyetli süreçlerle ilk kez karşılaşmam, Bell Laboratuvarları'ndan ayrılmamdan sonra olmuştu.

Columbia Üniversitesi'ne geçtikten sonra, Fakülte Kulübü'nde Binbaşı Edwin H. Armstrong'la vakit geçirme imkânım oluyordu. Kendisi bir elektrik mühendisliği profesörü ve harika bir mucitti. İcatları arasında düzeltici devreler, süper düzeltici yükselticiler, süper-heterodin algılama ve geniş bant FM radyo vardı. Oldukça yaratıcıydı ve imkân bulabildiği her şeyi patent altına almak konusunda oldukça tutkuluydu. Patentleri henüz 25 yaşında kendisini milyoner yapmıştı. Patentlerini koruma altına almak ve bunları savunmak önemli bir meşgalesi haline gelmişti.

Genellikle öğle yemekleri sonrasına denk gelen karşılaşmalarımızda sıkça bahsi geçen bir konu, frekans modülasyonu (FM radyonun temelini oluşturan teknik) üzerine olan patentini savunmada yaşadığı zorluk nedeniyle duyduğu burukluktu. Aralarında RCA'nın* da bulunduğu bir grup şirket, Binbaşı Armstrong'a hak ettiğini düşündüğü kullanım hakkı ücretini ödemeyi reddetmişti. Binbaşı ise ciddi miktardaki servetinin büyük bir kısmını bu kullanım haklarını savunmak için harcamış bulunuyordu.

Birgün Binbaşı Armstrong'un intihar ettiği haberiyle şok oldum. 13. kattaki bir pencereden atlamıştı. Bunun tam sebebini kimse bilmiyor. Anladığım kadarıyla bazı kişisel problemleri vardı, ancak kendisini neredeyse iflas noktasına getirmiş olan patent sorunları ve bunların maliyetinin yol açtığı sıkıntıların da önemli bir yer tuttuğu açıktı. Ölümünden sonra miras avukatı Dana Raymond, FM davasını canla baş-

* Radio Corporation of America [—*çev. notu.*]

la sürdürdü ve kazandı. Armstrong'un mirasçıları 10 milyon dolar kadar aldılar ve mülkleri iade edildi.

Patent sürecinde vurgulanması gereken bir nokta da finansmanın taşıdığı hayati önemdir. Patent davaları o kadar uzatılabilir ki, bu mücadelede kalmaya gücü yetmeyenler tükenip gidebilir. İyi bir avukat tutmak için para gerekir ve davayı kontrol altında tutabilen iyi bir avukat da çok büyük, belki de konuyla ilgili gerçeklerden bile fazla bir fark yaratabilir. Armstrong mirasçıları için farkı yaratan da tuttukları avukat olmuştu. Benim için para veya patent tartışmaları nedeniyle intiharı düşünmek olası değildir; ancak Armstrong'un başına gelenler patentlerin, haklarının ve hukuki kaygıların, bilimsel kariyerin önüne geçmesine izin vermenin tehlikeleri konusunda benim için önemli bir uyarı olmuştu.

Elbette, ailem için bir ekstra gelirden her zaman memnuniyet duymuşumdur. Patentten para kazanmak bir leke değildir ve ben de bu nedenle kendime eziyet etmiyorum. Patentlerle ilgili konularda çıkarlarımı korumak için dikkatli davranırım, ancak birinci önceliğim patentten sağlanacak geliri en üst seviyeye çıkarmak değildir. Bilim ve diğer değerler daha önce gelir. Bir şeyleri yalnızca para için yapıyor olmak içgüdüsel bir şekilde bana doğru gelmiyor ve bu şekilde zaman harcamak istemiyorum. Bell Laboratuvarları'ndaki çalışmalarımın herhangi birinin birgün çok para edeceğini hiçbir zaman hayal etmemiştim. Ancak maserler farklıydı. Birgün Columbia'daki meslektaşım bir profesöre maserden bahsedince bana derhal "Hey! Bundan milyonlar kazanacaksın!" demişti. Ben de "Olabilir" deyip gülmüştüm.

1950'lerde Columbia'da patentlere dair ayrıntıları belirgin olmayan biraz umursamaz bir yaklaşım vardı. Tıpkı benim çalışmalarımda olduğu gibi kamu kaynaklarını kullanarak yapacağımız araştırmalardan doğacak patentlerle ilgili olarak imzaladığımız sözleşme, bu patentlerin üniversite mülkiyetinde bulunduğunu, fakat ücretsiz kullanım hakkının hükümette olduğunu söylüyordu. Bu tür patent olasılıklarını değerlendirmek üzere görevlendirilmiş fakat pek aktif olmayan bir heyet bulunuyordu. Patent heyetinin yöneticisine maserin patentlenmesi gerektiğini söylediğimde bana üniver-

sitenin bu tür konulara dair net bir düzenlemesinin olmadığı cevabını vermişti. Heyet şu kararı vermişti: Eğer maser için patent istiyorsam, o zaman bunu kendi başıma halletmem gerekirdi. Cihaz için patent alınması gerektiği açıktı. Ancak, her ne kadar çokça para kazandırma ihtimali olsa da, kendimi patentlerle ilgili hukuki çatışmaların dikenli bölgelerinde bulmak istemiyordum.

Çok şükür ki bu tür patent işlerini devralmak üzere oluşturulmuş bir grup vardı (hâlâ da vardır). Bu gruptan yardım almak da benim son derece işime gelmişti. Grubun adı Araştırma Kurumu'ydu. Kurum 1912 yılında bir mucit ve kimyager olan Frederick G. Cottrell tarafından kurulmuştu. Cottorell oldukça enerjik, yaratıcı ve prensip sahibi bir kimseydi. Oakland California'da büyümüş, California Üniversitesi Berkeley Kampüsü'ne 16 yaşında kabul edilmiş ve derecesini sadece üç yıl içerisinde tamamlamıştı. Daha sonra, 1939 yılında Ulusal Bilimler Akademisi üyeliğine getirilmişti.

Cottorell 1907 yılında Berkeley'in kuzeyindeki Carquinez Boğazı'ndaki kurşun dökümhanesindeki bacalara kendi icadı olan bir cihaz takmıştı. Dökümhane sahipleri çevredeki öfkeli çiftçilerin can sıkıcı davalarına maruz kalıyordu; çünkü çiftçiler fabrika dumanının ürünlerini hatta evlerinin camlarını mahvettiğini iddia ediyordu. Cottorell bu problemin çözümü için ilk elektrostatik çökelticiyi keşfetmişti. Cihaz dökümhanenin bacalarından çıkan isi ve diğer kirletici maddeleri tutuyordu. Bu patentin kendisine iyi bir servet kazandıracağı kesindi, ama Cottorell toplumsal çıkarı ön planda tutarak bu patentin ve getirisinin idaresini Washington D.C.'de bulunan Smithsonian Enstitüsü'yle işbirliği içerisinde kurulan yeni bir kuruma devretmişti. Cottorell bu parayla bilimsel çalışmalardan faydalı ürünler çıkarılması için yardımcı olmak istemişti. O zamanki Amerikan Kimya Topluluğu'na şöyle hitap etmişti "Ülkenin her tarafında, kolejlerimizde ve teknik laboratuvarlarımızda, oldukları yerde çöpe giden bir sürü zekice tasarlanmış yan ürün var. Bunlar çöpe gidiyor, çünkü insanlar teknolojinin ticaret kısmıyla uğraşmak istemiyor."

Günümüzde pek çok kamu kurumu ve özel vakıf çok sayıda araştırma ödeneği sağlıyor, ancak 20. yüzyılın başında

araştırmacıların büyük çoğunluğu için yeni konular üzerine çalışma imkânı bulabilmenin ne denli zor olduğunu hatırlamamız önemlidir. Araştırma Kurumu Amerika'da bilimin gelişiminde, özellikle de II. Dünya Savaşı'ndan hemen önceki dönemde önemli bir rol oynamıştı. Örneğin Ernest Lawrence Berkeley'de ilk "cyclotron" cihazını geliştirirken Araştırma Kurumu'ndan destek almıştı. Columbia'da I. I. Rabi molekül ışınları üzerine çalışması nedeniyle Araştırma Kurumu desteğine layık görülmüştü. Kurum bugün de, Arizona'da bulunan genel merkezinden özellikle küçük kolejlerdeki araştırmacıları destekleyerek bilime maddi katkı sağlamayı sürdürmektedir.

Özetle bu kurum takdir ettiğim bir kurumdu. Patent problemlerimi üstlenebilirler ve beni bu can sıkıcı işlerden kurtarabilirlerdi. Araştırma Kurumu yetkilileriyle görüşüp, onlardan maser patentiyle ilgili hukuki işlerle ilgilenmelerini istedim. Böylece ben de sadece teknolojik şeylerle uğraşabilecektim. Patentten gelecek paranın öncelikle, oldukça yüklü bir meblağ tutacağı belli olan hukuki harcamaları karşılamak üzere Kurum'a verilmesi gerektiğini açıkça belirttim. Bundan sonra, yıllık 25.000 dolarlık bir gelir elde edene kadar gelirin %75'ni alacaktım. Neden 25.000 dolar? Bu o zamanki yıllık gelirimin üç katıydı ve ben daha fazlasına ihtiyacım olmadığına karar vermiştim. Bundan sonraki gelirin %75'ni kurum alacaktı %20'sini de ben. Geri kalan %5 de Jim Gordon'a gidecekti. Patent mülkiyetinde Jim'in herhangi bir hissesi olmasa da, ilk maseri çalışır hale getirmek için harcamış olduğu çabalar nedeniyle onun da takip eden kullanım hakkı ödeneklerinden pay alması gerektiğini düşünmüştüm. Ek olarak 1.000 dolar, maseri oluşturmaya yardım etmiş olan doktora sonrası araştırmacı Herb Zeiger'a ve 1.000 dolar da ikinci maseri oluşturmada ve maserin ulaşabileceği harika performansı göstermede yardımcı olan Çin asıllı göçmen Tien Chuan'a verilecekti.

Birleşik Devletler kanunlarına göre, patentin koruma altına alınabilmesi için başvurunun, patent altına alınabilecek cihaz veya sistemle ilgili bir yayını takiben bir yıl içerisinde yapılması gerekir. Maser üzerine ilk yayın Haziran 1954 yı-

lında çıkmıştı. Yayını patenti düşünmeden yapmıştım, ancak kanunu göz önünde tutarak başvuruyu ucu ucuna neredeyse bir yıl sonra yaptık. Araştırma Kurumu'nda beraber çalıştığım ilk avukat, Harold Stowell'di ve biraz yaşlıydı. Maser patentini oluşturabilmek için Stowell'le sıkça etkileşim halinde olmamız gerekmişti ve aramızdaki iletişim, ben *sabbatical* iznim nedeniyle Avrupa ve Japonya'dayken de sürmüştü. Patentte kullandığımız üslubu olabildiğince geniş tutmaya özen göstermiştim, çünkü eldeki yeni fikir, mikrodalga frekanslarında çalışan amonyak maserinden çok daha geniş bir alanı ortaya çıkarmıştı. Genel olarak elektromanyetik dalgaların güçlendirilmesinde kullanılan teknik için bir patent çıkarmaya çalışmıştım. Ana yöntemin mikrodalga dışındaki dalga boylarında ve amonyaktan farklı ortamlar kullanılarak da çalışacağı açıkça görülüyordu. Kesin bir şekilde, kaçınılmaz olarak tüm frekans aralıklarını ve sınırsız malzeme çeşitliliğini de dahil ederek geniş bir uygulama yelpazesini kapsayacak bir üslup kullanmıştık.

Patent başvurusu, bana göre, kimisi çok özel kimisi de çok geniş iddialarla tüm alanı kapsıyordu. Ancak asıl patentin alınması yıllar sürdü. Süreç çok yavaş işliyor bense bunu bir an önce tamamlamak için can atıyordum. Bunu Araştırma Kurumu'na ilettim. İşte o zaman, patent kanunlarıyla ilgili olarak burnumun sürtülmesini sağlayan öğütler aldım. Bana, bir patent sürecini hızlı bir şekilde sonlandırmanın nadiren akıllıca bir şey olduğunu açıkladılar.

Bilimde ve patent yasalarında bir fikri süratle ortaya koymak önemli olsa da, genellikle bir patent ne kadar geç yürürlüğe girerse o kadar çok para kazandırır. Hemen her yeni cihaz ve fikir, keşfedilişinden yıllar belki de on yıllar sonra asıl getiriyi sağlar. Halbuki patentlerin koruması 17 yıl sonra ortadan kalkar. O zaman yürürlükte olan kanunlar nedeniyle patentin başlangıç tarihi geciktirilerek, patentin bu 17 yıllık döneminin asıl para kazandıracağı sırada başlaması sağlanırdı. Gerçekten de pek çok durumda en çok parayı kazandıran şey orijinal patent değil, bunun en faydalı yıllarından istifade eden ve arkadan gelerek orijinal buluşa eklenen patentlenebilir küçük değişiklikler ve iyileştirmelerdir. Maser

fikri 1954 yılında yayımlanmış ve patentin başvurusu bir yıl içinde yapılmış olsa da ilgili patent 1959 yılına kadar, yani ilk laser yapılmadan biraz öncesine kadar yürürlüğe girmemişti. Araştırma Kurumu avukatları sonuna kadar haklı çıkmışlardı. Eğer nihai patenti bir on yıl kadar daha geciktirecek manevralar yapsaydım, patent çok daha fazla gelir getirecekti.

Araştırma Kurumu ve maserin durumdan farklı olarak laserle ilgili patent işleri Bell Laboratuvarları tarafından yürütülmüştü. Elbette, ışığı da içine alarak geniş bir dalga boyu bölgesini kapsayacak şekilde yazılmış olan maser patenti temel patent oluyordu. Laserde, kendi başına bir patente yetecek kadar yenilik olduysa da sonuç olarak maser patentinin bir alt türüydü.

Laser patentini Bell Laboratuvarları'na devretmeden önce bir dizi etik açmazla yüzleşmem gerekmişti. Patent mülkiyetinin kimde kalması gerektiği çok açık bir biçimde belirgin değildi. Çalışmalarım için ücret ödeyen kurum, patentin de yasal sahibi olmalıydı. Eğer bu Columbia Üniversitesi olsaydı, maserde olduğu gibi patentin mülkiyeti kısmen bende olacaktı. Aslında laser üzerine çalışmaya Columbia'daki ofisimde başlamıştım. Daha sonra Bell Laboratuvarları'nda Art Schawlow'la konuşmuştum ve o da önemli katkılarda bulunmuştu. Patent, Columbia ve Bell Laboratuvarları'nın ortak mülkiyeti mi olmalıydı? İkisinden birine mi verilmeliydi? Sözleşmem gereği Columbia için haftada 40 saat çalışmam gerekiyordu ama elbette bundan daha fazla süreler çalışıyordum. Ek olarak, adet olduğu üzere, haftada bir gün danışmanlık yapma hakkım vardı ve Bell Laboratuvarları'yla bu çalışmalarımı yürüttüğüm yer ve sürelerini fazla dikkate almayan rahat bir anlaşmam vardı. Çalıştığım saatlerin hangisinin kime ait olduğu basitçe söylenebilecek bir şey değildi. Bu konuya bir çözüm getirmek bana kalmıştı. Sonunda, yasal olarak patentin iki taraftan herhangi birine ait olabileceğini ancak maser patenti zaten tüm alanı kapsarken ve Bell Laboratuvarları'ndaki Art Schawlow açıkça önemli katkılar sağlamışken laser patentine de kısmen sahip olmamın bencillik olacağını düşündüm. Böylece her şeyi basitleştirmeye karar verdim ve hakkı tümüyle Bell Laboratuvarları'na devrettim.

Patent işlemlerine gelince; Bell Laboratuvarı'nda tamzamanlı olarak çalışmakta olduğu için Art'tan, o zamanlar "optik maser" adını verdiğimiz konuyla ilgili makalemizi alıp başvuru işlerini yürütmeleri için şirketin avukatlarına vermesini istedim. Art'a, Bell Laboratuvarları'nın patentlerle ilgili en kıdemli avukatı olan Arthur J. Torsiglieri'yle görüşmesini önerdim. Transistörlerle ilgili patenti o hazırlamıştı ve bunların mucitlerinden biri olan Bill Shockley bana, kendisinin bu konuda çok iyi olduğunu söylemişti. Ancak bizim başvurumuzla ilgili işler daha yeni bir avukata verilmişti. Art bu patent avukatının icadımız için patent alma konusunda pek de hevesli olmadığını bildirmişti. Şaşkınlık içinde "ama neden?" diye sorduğumda aldığım cevap; Bell Laboratuvarları ve onun sahibi olan ana şirket AT&T'nin iletişim sektöründe faaliyet gösterdiği, ancak avukatın ışık dalgalarının iletişimle pek ilgili olmadığını düşündüğü şeklindeydi. Patent avukatlarının, Art Schawlow'un ve benim bu olay hakkında hatırladıklarımız ayrıntılarda biraz farklılık göstermekle beraber, hatırladıklarım arasında Art'ın bana, eğer bunu patentlemek istiyorsak, durmayıp kendimizin yapabileceğini rapor ettiği de var. Durumun yalnızca avukatın teknik hayal gücünün yetersizliğinden kaynaklanan bir yanlış anlama olduğunu ve eğer patent alma konusunda ısrar etmezsek bunun Bell Laboratuvarları'na haksızlık yapmak olacağını düşünmüştüm. Belki de avukat bu cihazı sevimli ancak kendine has bilimsel bir fikir olarak değerlendirmişti. Art'a gidip onlarla tekrar görüşmesini önerdim. Bu kez de cihazın iletişimle ilgili bir uygulamasının örneğini gösterebilirsek, patent başvurusunda bulunacakları cevabıyla dönmüştü. Hatta avukatlardan biri Art'a, Laboratuvar'ın kurucusu ve koruyucu azizi olan Alexander Graham Bell'in, ışığı iletişim amacıyla kullanmaya çalışmasına dair bir hikâyesini anlatmıştı. Ama rastlantıların en garibi, Bell'in bu konudaki çalışmalarını Washington D.C.'deki Franklin Parkı'nın hemen yanındaki bir binada, yani ondan yıllar sonra maser fikrini akıl ettiğim yerde sürdürmüş olmasıydı. Ancak Bell'in fikirleri başarısız olmuştu. Onun bu başarısızlıkları belki de ışığı kullanarak mesaj gönderme konusunda zihinlerde bir önyargı bırakmış-

tı. Özetle avukat Art'a, eğer optik maserin iletişime dair bir uygulamasını gösterebilirsek Bell Laboratuvarları'nın bunu patentlemede daha açık bir iddiası olacağını söylemişti.

Sonuç olarak şirketin patent avukatlarına ışık ışınlarını kullanarak mesaj yollama uygulamaları hakkında elimizden gelen tüm desteği verdik. Doğrusunu söylemek gerekirse bu son derece de kolay olmuştu. Bu özelliği vurgulamak üzere, patentin ismi "Optik Maserler ve İletişim" olmuştu.

Bell Laboratuvarları avukatlarının laser patenti konusunda sergiledikleri isteksizlik yüzünden biraz usanmıştım ve bu arada başka şeylerle de meşguldüm. Bell Laboratuvarı'nın patenti alacağını, çünkü işlerini iyi yapacak deneyimli avukatları olduğunu varsaymış ve konuya bundan sonra çok az ilgi göstermiştim. Benim hatam bu olmuştu. Avukatların, böylesine yeni bir alanın teknik potansiyelini ve beklenmedik sonuçlarını bütünüyle anlamasını beklemek yerinde olmazdı. Gerçi o noktada bilimciler da anlayabilmiş değildi. Maser patenti üzerinde, başvurunun ilgili her şeyi uygun bir içimde içerdiğini görene kadar özenle çalışmış ve uzun dönemde de böyle olduğunu görmüştüm. Ancak benim ve Art'ın ilgisizliği nedeniyle laser patent başvurusu, optik masere, yani lasere dair yalnızca temel fikri kapsıyordu. Hazırladığımız belgede bahsi geçen pek çok çeşit türev ve genişletici fikir, başvuru belgesine uygun bir şekilde dahil edilmemişti ve bunlarla ilgili başvurular sonradan başkaları tarafından yapıldı. Eğer patent taslağına daha fazla ilgi gösterseydim, Bell Laboratuvarları'nı ve kendimi sonradan ortaya çıkacak pek çok dertten kurtarabilirdim.

Bu konuyla bağlantılı bir açmaz, yine bu dönemde ortaya çıkmıştı. Araştırma Kurumu avukatına maser patentini almasında yardımcı olduğum ve yakın ilgi gösterdiğim bir dönemde, Bell Laboratuvarı avukatları da bunun bir alt patentinin başvurusunu yürütüyordu. Bu iki grup avukatın koruma altına almaya çalıştıkları çıkarlar bir bakıma birbirine ters düşüyordu. Çünkü birinin kapsama alanını genişletmek, diğerine kalacak olan yasal bölgeyi kısıtlamak demek olabilirdi. Işımanın uyarılmış salımıyla güçlendirilme, açık bir biçimde temel prensipti ve bunun birçok beklenmedik

sonuçları vardı. Ancak patentlerin kapsamı adil ve uygun bir biçimde iki rakip grup tarafından nasıl bölüşülebilirdi? Araştırma Kurumu ve ben maser patentinin olabildiğince geniş olmasını istemiştik. Ama kurumun avukatlarına bir yandan da bu patentin Bell Laboratuvarları'nın mülkiyetinde olan optik versiyonu üzerine çalıştığımı ima bile edemezdim. İşte böylece kendimi iki farklı organizasyon tarafından yürütülen iki farklı patentle ilişkili ve bunları birbirinden gizli tutmak zorunda olduğum bir durumda buldum. Kendi kendime aldığım bir karar maser patentinde ışık dalgalarına dair herhangi bir ifade kullanmamak oldu. Maser patenti tüm elektromanyetik spektrumu kapsıyor olsa da, olası ışık dalgalarıyla ilgili açık bir ifadenin bulunması Bell Laboratuvarları'na karşı haksızlık olacaktı.

Karşıma çıkan tek bilmece bu değildi. Kısa bir süre sonra kendimi, her biri bir patentime sahip olan Araştırma Kurumu ve Bell Laboratuvarları arasındaki hukuk mücadelesinin ortasında buldum. Bell Laboratuvarları, uydulardan yansıyarak gelen mikrodalga sinyalleri alabilmek ve Atlantik-ötesi iletişimde kullanılabilme yöntemlerini denemek amacıyla maserler tasarlayıp üretmişti. Bell Laboratuvarları maserleri ve laserleri bir dizi araştırma projesinde kullanıyordu. Araştırma Kurumu ise maser patentini bir lisans veya izin olmadan kullandığı gerekçesiyle Bell Laboratuvarları'nı dava etmişti. Bell Laboratuvarları patente itiraz ederek herhangi bir şey ödemeyi reddetmişti. Bu olay, bir patentin yürürlükte olduğu dönemin başlarında sıkça görülen türden bir çatışmaydı. Eğer patent sahibi yoğun bir şekilde patenti korumazsa, başkaları ilgili teknolojiyi kullanmada kendilerini özgür hisseder.

Araştırma Kurumu, bir bakıma bu dava fırsatından memnunluk duymuştu. Eğer patenti Bell Sistemleri gibi bir dev balığa karşı koruyabilirlerse, holdingler denizinde yüzmekte olan diğer balıklar da hizaya gelip kullanım ücretlerini öderlerdi. Araştırma Kurumu, belki de benimle olan samimiyeti nedeniyle Bell Laboratuvarları'nın pes edeceğini ve böylece işi bağlayacağını ummuştu.

Ama işler çok ileriye gitmeden önce Bell Laboratuvar-

ları'ndaki büyük patronlar anlaşmazlığı çözmek için çalışmaya karar verdiler. Bell Laboratuvarları'nın başkanı Bill Baker, şirkete benimle aynı yıl girmişti ve eski bir dostumdu. İkimizin de Washington'da bulunduğu bir sırada beni Cosmos Kulübü'nde yemeğe davet etmişti. Son derece alçakgönüllüydü. Bana şöyle dediğini hatırlıyorum: "Bell Laboratuvarları'ndakiler olarak çalışmalarınızın takdire layık olduğunu düşünüyoruz ve bu nedenle size 100.000 dolarlık bir ödül vermek istiyoruz." Her şey kulağa hoş geliyordu. Ancak görüşmemizin ilerleyen safhalarında Bill, Araştırma Kurumu'nun Bell Laboratuvarları'na patentlenmiş bir araştırma tekniğini kullanmasıyla ilgili olarak açmış olduğu davanın, araştırma çalışmalarının açıklık özelliğiyle örtüşmeyen bir skandal olduğunu düşündüğünü söyledi. Bu durumu anlayabileceğimi ve Araştırma Kurumu'yla görüşüp davayı geri çekmelerini sağlayabileceğimi umuyordu.

Oldukça dostane bir tutum içerisindeydi. Ödülün kulağa hoş geldiğini ve araştırmalarda açıklık konusunda onu haklı bulduğumu söyledim. Ancak Araştırma Kurumu'nun bu durumu mahkemede çözmek istediğini biliyordum. Eğer bunu Bell Laboratuvarları'na karşı yapamazsa, sağlam bir mahkeme süreci sonunda maser patentine yasal bir zırh giydirinceye kadar, başka başka davalar açacaktı. Bill, özellikle laser üzerine, yani ortaya çıkmasında önemli rol oynadığı ve yalnızca araştırma projelerinde kullandığı bir cihaz nedeniyle mahkemeye veriliyor olmanın, Bell Laboratuvarları'nda burukluk hissi yarattığını belirtti. Ona patentin bana değil Araştırma Kurumu'na ait olduğunu ve bu konuda yollarına çıkmamın doğru olmayacağını anlattım. Belki de gerçekten eğer Araştırma Kurumu avukatlarıyla görüşmeyi kabul etseydim ve geri çekilmelerini isteseydim, bunu yapabilirlerdi. Ancak olaya müdahale etmemin uygun olmayacağını düşünmüştüm. 100.000 dolarlık ödülü almadım.

Kısa bir süre sonra AT&T'nin uzaktan tanıdığım bir başkan yardımcısıyla karşılaştım. Bana, savunmalar için bir sürü para ziyan etmek yerine şirketi, durumu mahkeme dışında bir uzlaşıya götürme konusunda ikna etmeyi dene-

yeceğini söyledi. Gerçekten de bunu becerdi. Araştırma Kurumu, Bell Laboratuvarları'na, bir ücret ve sonraki kullanım hakkı ödemeleri karşılığında maserleri ve laserleri kullanma izni verdi. Bu anlaşma Araştırma Kurumu'na bir gelir sağladı ancak patenti başka ihlallere karşı korumada ihtiyaç duyduğu sağlam mahkeme kararlarını vermedi. Bu kararlar bir sonraki davada, Araştırma Kurumu'nun en büyük laser üreticisi haline gelen Mountain View California'daki Spectra Physics firmasına karşı açtığı davada elde edildi. O dönemde Araştırma Kurumu'nun avukatı Harold Stowell emekli olmuş ve yerine, rahmetli Binbaşı Armstrong'un davasını alıp bunu mirasçıları adına kazanmış olan Dana Raymond geçmişti. Raymond'un bu patent davasının başına geçmesi muhtemelen bir şanstı.

Zorlu bir mücadele için kendimi kısmen hazırlamıştım, çünkü Stanford'daki fizikçi bir dostum Mel Schwartz, firmanın avukatını tanıyordu ve avukat ona, firmasının davayı kazanacağından emin olduğunu söylemişti. Bundan sonra yaşananlar, patent yasasının ince noktalardaki saç yoldurtan tezatlıklarının ve bunların oluşturduğu teknik labirentte ilerleyebilmek için avukatların kullandığı türden dolandırıcılığa duyulan ihtiyacın bir örneğiydi.

Her şeyden önce Spectra Physics, Bell Laboratuvarları avukatlarının sorunu mahkeme dışında çözmeye karar vermeden önce elde ettikleri bir bilgiye ulaşmıştı. Şaşırtıcı bir hukuki görüş oluşmuştu: Maser patenti işe yaramazdı çünkü Araştırma Kurumu başvuruyu ilgili yayından sonraki bir yıl içerisinde yapmamıştı. Bu benim için yeni bir haberdi. Columbia'daki ekibimle beraber bu konuyla ilgili ilk yayını 1954 yılında yapmıştım ve patent başvurusu da bununla ilgili son tarihten önce yapılmıştı.

Bell Laboratuvarları'nın hukukçuları Columbia Işıma Laboratuvarları'nda 3 ayda bir yayımladığımız raporlardan haberdar olmuşlardı. Maserlerden bahseden ilk rapor Aralık 1951 tarihliydi. Bu kurum içi bir belgeydi ve Genel Kurmay'ın araştırma fonlarının yöneticilerine verilen ilerleme raporu niteliğindeydi. İçeriğinde maserin mümkün olduğunu gösteren hesaplamalarla cihazın neye benzeyeceğinin bir tarifi bulunu-

yordu. Rapor, fikir alışverişini geliştirmek amacıyla bu ödeneklerden faydalanan diğer laboratuvarlara da gönderilmişti.

Üç aylık raporlar resmen birer yayın değildiler. Nasıl olabilirlerdi ki? Bunlar genel erişim olanağı bulunmayan, kamuya açık olmayan raporlardı, yalnızca kurum içi belgelerdi. Bu nedenle de bir sorun oluşturmuyorlardı. Raporları isteyen herkese gönderiyorduk. Herhangi bir gizleme kaygımız yoktu. Bu yayın kandırmacası, elbette hukuk tekniği bakımından bir ayrıntıydı ve davaya uysun diye kelimelerin anlamıyla oynanıyordu. Sonuç olarak, kelimenin alışılmış anlamıyla bu bir yayın değildi. Bu durum bize son derece açık görünüyordu.

Araştırma Kurumu, bir nokta hariç, bunun asla bir yayın sayılamayacağı şeklinde bir tutum takınmıştı. Bell Laboratuvarları avukatları raporumuzun bir kopyasının Harvard Üniversitesi Kütüphanesi'nde bir rafta bulunduğunu öğrenmişti. Herhangi birisi kütüphaneye gelip bunu okuyabilirdi. Ancak bunu biz yapmamıştık, hatta bundan haberdar bile değildik, ama Spectra Physics bunun yine de bir tür açık yayın sayıldığını öne sürüyordu. Eğer haklı iseler, Araştırma Kurumu patenti geçersiz olacaktı.

Bu teknik ayrıntıya karşılık verebilmek için Araştırma Kurumu'nun da kendisi lehine bir teknik ayrıntı bulması gerekiyordu. Kurumun avukatı Dana Raymond, özel bir görüşmemizde bana, 1951 tarihli Columbia Üniversitesi raporunda anlatılan ile nihayet çalışır duruma getirdiğimiz ve 1954 yılındaki makalemizde açıklanan cihaz arasında herhangi bir farkın, en ufak bir ihtimal de olsa bulunup bulunmadığını sordu. Aslında şunu soruyordu: Columbia Üniversitesi raporu bir maseri çalışabilecek hale getirmek için gerekli olan tüm açıklamaları içeriyor muydu? Sonradan yapılmış olan ufak değişikliklerden en azından birini hatırlayabiliyordum. Orijinal tasarım tarifinde maser rezonatör oyukluğunun sonunda yüzük benzeri bir parça bulunuyordu. Bu zorunlu bir parça değildi, hatta daha önce bahsedildiği üzere sorun bile oluyordu. Dolayısıyla Jim Gordon bunu çıkarmıştı. En önemlisi bundan önce maser çalışmıyordu, ancak çıkardıktan sonra çalışmıştı. "Mükemmel" dedi avukat. Bu demekti

ki, önceki raporlarda anlatılan cihaz, patentteki cihaz değildi. İnanılmaz bir şekilde bu delil ve Dana Raymond'un mahareti problemi çözüme götürdü. Raporun açık erişim imkânı olan bir kütüphane rafında bulunması, onu yasal olarak bir yayın yapıyor olmakla beraber, hukuki açıdan bakınca bu rapor patentin tüm içeriğini ortaya koymuyordu. Şimdi insan merak ediyor, acaba Jim Gordon'un sonradan yapmış olduğu küçük değişiklikler onu da, bu icadın mucitlerinden biri yapıyor mu?

Bu hikâyede yaşanan pek çok olay, patent yasalarıyla sağduyunun nasıl ters düşebileceğini gösteriyor. Birincisi, ilk tasarımda bulunan o yüzüğün asıl maser kavramıyla veya sonraki maserlerle herhangi bir ilgisi yoktu, ancak avukatlara göre bu temel bir farklılık yaratıyordu. İkincisi, Harvard Üniversitesi'ndeki birinin zaten yaygın bir şekilde ortalıkta gezinmekte olan bir raporu açık bir rafa koyma kararının bir patentin mülkiyetini belirleyebiliyor olması hiç mantıklı gelmiyordu. Sonuç olarak benim, kütüphanenin rafına neyin konup konmayacağı konusunda herhangi bir denetimim yoktu ve son olarak, konuyla en ilgili fizikçiler 1954'teki resmi yayından çok daha önce bizim maser çalışmalarımızdan haberdar olmuşlardı. Kimi raporlarımızı okumuştu, kimi laboratuvarımı ziyaret edip maseri görmüştü, kimi de maser üzerine verdiğim konuşmaları dinlemişti. Raporun kütüphane rafında olması yayın sayılırken tüm bunlar gerçek birer yayın sayılmıyordu ve maserle ilgili olarak bu yollarla "kamuoyu bilgi edinmiştir" anlamına gelmiyordu.

Bu raundu kaybeden Spetra Physics hemen pes etmedi. Sıradaki taktikleri, Maryland Üniversitesi'nden Joseph Weber'in çalışmalarını gündeme getirmekti. Weber 1953 sonlarında bir elektrik mühendisliği dergisinde moleküllerin mikrodalgalarının güçlendirilmesi üzerine kısa bir yazı yayımlamıştı. Burada herhangi bir geri besleme veya oyukluk bulunmuyordu, ama uyarılmış ışımayla güçlendirmeden bahsediliyordu. 1950'lerde bir dönem Joe bana biraz kızgındı. Maser fikrine dair ilk yayını kendisinin yaptığını ve hak ettiği takdiri görmediğini düşünüyordu. Aramızdaki bu burukluğu gidermek için beraberce maser tarihçesi üzerine bir

yayın yapmıştık. Gerçekten de Joe herkesten önce, yeni bir fikir üretmişti: Uyarılmış salımla güçlendirmeyi öngörmüş ve bunun eş-fazlı olacağını fark etmişti. Olayın bu özelliği daha önceki çalışmalarda fark edilmemişti. Bununla beraber tarifinde bazı ciddi uygulanabilirlik sınırları vardı. Bunları, karşı tarafın patent avukatları sorana kadar öne çıkarmamıştım. Gerçekte Weber'in sistemi ancak çok zayıf bir güçlendirme sağlayabilirdi ve Weber giriş veya çıkış pencerelerinde ortaya çıkacak olan kayıpları hesaba katmamıştı. Bu kayıplar oluşacak olan az miktardaki güçlendirmeyi tamamen ortadan kaldıracaktı. Ayrıca, amonyak molekülleri üzerine uygulamayı önerdiği elektrik alanları, umduğu gibi bir Stark etkisi, yani spektrumdaki çizgilerin bölünmesi olayını yaratmayacaktı. Bu elektrik alanları o kadar güçlüydü ki, molekülleri parçalayarak tüm gazı iyonize edecekti. Patent avukatları Joe'nun bizden iki yıl önce ortaya attığı bu önerisinin, maser icadıyla ilgili yapılmış ilk yayın olarak neden sayılamayacağını sorduklarında ben de bu problemleri anlattım. Spectra Physics bu iddiayı kullanmaktan vazgeçti. Joe ise oldukça dostane bir tutum sergilemişti. Belki de bunun sebebi, onun fikirlerinin orijinalliğini çok önceden teslim etmiş ancak bu problemleri daha önce gündeme getirmemiş olmamdı.

Bu kanıtlardan sonra Araştırma Kurumu, Spectra Physics karşısında davayı uzlaşı kararıyla kazandı. Böylece temel maser patenti 17 yıllık ömrünün geri kalanını, 1976 yılına kadar görece olarak pek itirazla karşılaşmadan sürdürdü. Patentin sağladığı mütevazı gelir kaynağı zaman zaman maaşımın iki üç katını buluyordu, ancak kazancın büyük kısmı Araştırma Kurumu'na gitti. Bu gelirin bir kısmı, içerisinde benim de görev yaptığım bir kurul tarafından belirlenen ve ülke genelindeki araştırmacılara verilen bir fona aktarıldı. Paranın iyi işlere harcanıyor olduğunu görmek gerçekten keyif vericiydi. Beni en çok mutlu eden ödeneklerden biri 32.800 dolarlık bir bütçeyle eski okulum Furman Üniversitesi'ndeki Lon B. Knight isimli bir kimya profesörüne verilmişti. Başka bir bütçe ise Harvard'da profesör olmuş eski bir öğrencim olan Pat Thaddeus'a verilmişti. O da, bu fondan aldığı destekle inşa ettiği anteni kullanarak galaksimizdeki karbon monoksit

(CO) gazıyla ilgili geniş kapsamlı ilk araştırmayı gerçekleştirdi. Bir başka ödenek de bir grup astronomun oluşturduğu ve merkezi Massachusetts'te bulunan Amerika Değişken Yıldız Gözlemcileri Derneği'ne ilk bilgisayarlarını alabilmeleri için verilmişti. Yakın bir geçmişte onların elde ettiği verilerden bazılarını kendi astronomi çalışmalarımda kullandım. Bu nedenle kendilerine minnettarım.

Bell Laboratuvarları'nın laser patenti büyük oranda başarılıydı, ancak daha iyi olabilirdi. Temel savları mahkemede iyi bir sınav verdi ancak kapsayabileceği her şeyi kapsamıyordu. Laser patentine ilk itiraz, eski bir Columbia Üniversitesi doktora öğrencisi olan ve 1957 yılında benden patentler hakkında tavsiye isteyen, aynı zamanda kendisine optik maserlerin –yani laserlerin– olanaklı olduğuna dair düşüncelerimi anlattığım Gordon Gould'dan geldi.

Gordon Gould hakkında edindiğim ilk izlenim, ne zaman benim bir şeyler üzerine çalıştığımı öğrense, derhal ve aklına gelebilen en geniş bir şekilde bunları kendi not defterine kaydetmiş olduğuydu. Tuttuğu ilk kayıt 13 Kasım 1957 tarihliydi. Bu, optik maserler üzerine ilk konuşmamızdan birkaç hafta sonraya denk geliyordu ve yakınlardaki bir şekerci dükkânındaki notere imzalattığı defteri işte bu defterdi. Notları laserin bir tarifini ve olası uygulamalarına dair bir listeyi içeriyordu. Laser üzerine kayda değer sonraki notları, Schawlow ve benim yaklaşık bir yıl sonraki yazımızın bir kopyasını elde etmesinden kısa bir süre sonrasına denk geliyordu. Ama her seferinde önemli miktarda şeyi defterine kaydetmişti.

Gould 1958 yılında TRG'ye geçtikten bir süre sonra firma, Bell Laboratuvarları'nın patentine itiraz davası için finansman sağlamıştı. Gould'un 1957 yılında tuttuğu defter, onun laser konusunda bizden sözde önde olduğunu gösteren bir delil olarak öne sürmüştü. Aslında 1957 tarihli bu defterde bazı ilginç fikirler vardı. Örneğin bir tür Fabry-Perot tip girişimölçere benzer şekilde iki paralel levhadan oluşan bir laserin ayrıntılı bir tarifi bulunuyordu. Ancak bu defteri ve bizim laser patentimizi inceleyen mahkeme sonunda iddiaları iki temel gerekçe nedeniyle reddetti.

Gerekçelerden ilki, Gould'un defterinde ilgili icadın gerçek anlamda bulunmayışıydı. Kayıtlarında laseri çevreleyen tüpün geçirgen olup olmadığını belirtmemişti. Biz ise bunun merkez eksen dışında kalan pek çok modu ortadan kaldırmak için geçirgen olması gerektiğini kaydetmiştik. Ek olarak kayıtlarında laserin yalnızca bir salınım modunda ve yüksek yönelimli olarak, yani tek dalga boyunda nasıl çalıştırılacağına dair herhangi bir şey bulunmuyordu. Tüm bunları Schawlow'la beraber akıl etmiştik ve defterde geri kalan fikirlerin büyük çoğunluğu da Gould'un benimle olan görüşmesinden önceki dönemlerde kendi defterime kaydedilmiş bulunuyordu.

Gould'un aleyhinde bulunan ikinci gerekçe ise "çaba" göstermemiş olmasıydı. Bu kavram patent yasasının özel bir gereğidir. Buna göre, buluşun sahibi olduğu iddia edilen mucidin kendi fikrini, ya kullanılabilir bir cihaz haline getirmek için çaba sarf ederek ya da bir patent başvurusu yaparak ilk önce kendisinin ciddiye aldığından emin olunması istenir. Temel olarak mahkeme, fikrini kaydedişi ve bizim yayınımızın çıkışı arasında geçen uzun süre boyunca Gould'un bu fikirle ilgili herhangi bir şey yapmamış olduğunu belirledi. Bu durumdan, ya fikrin olabilirliği yönünde kendisinin yeterince ikna olmadığı ya da fikrin geçerli bir başvuru yapacak kadar ilgisini çekmediği anlaşılıyordu. Patentimizi savunan Bell Laboratuvarları avukatlarının işlerinde iyi oldukları açıktı. Gould'un avukatlarının yapabileceklerinin en iyisini yaptıklarından emin değilim, ancak sonuç olarak davayı tümüyle kaybettiler.

Gould bu alanda çok uzun süre herhangi bir bilimsel yayın yapmamıştı. Sonradan yaptıkları ise nispeten az önemdeydi. Bana öyle geliyor ki Gould'un "çaba" sarf ettiğini gösteremediği bu sessizlik ve ilgisizlik dönemi, benim fikrin Bell Laboratuvarları'na ait olduğunu düşünüp çenemi sıkı tuttuğum dönem boyunca sürmüştü. Daha önce de belirtildiği üzere, öyle görünüyor ki o dönemde laserin olabilirliğini ciddi şekilde değerlendirenler yalnızca Art Schawlow ve bendim. Art'la beraber "optik maser" makalemiz üzerine çalışırken, bu konudan öğrencilerime ve Columbia'daki Ali Javan gibi

yakın meslektaşlarıma bile bahsetmeme konusunda özen göstermiştim. Ali konudan ancak 1958 yazı başlarında Bell Laboratuvarları'nda işe girince haberdar oldu. Bundan kısa bir süre sonra da, bugün yaygın bir şekilde kullanılmakta olan helyum-neon (He-Ne) laserinin ortaya çıkışında önemli katkılarda bulundu.

TRG, Gould'un defterini kullanarak temel laser patentimize yaptıkları itirazları başarısız olunca bu çabasından tamamen vazgeçti. Ancak Gould, patent için oynanacak kumarı finanse etmeye gönüllü başka firmalar bulmayı başardı. Hayret verici bir şekilde inatçıydı ve patent haklarını çok değerli bulduğu açıkça anlaşılıyordu. İlk olarak, asıl faaliyet alanı mucitler ve patentleri olan köklü Refac firmasıyla iş birliği yaptı. Refac'la birlik olarak, Bell Laboratuvarları'ndan Ali Javan, Bill Bennett ve Donald Herriott'a ait olan He-Ne laser patentinde hak iddia etti, ama yine davayı kaybetti. İlk laseri yapmış olan Hughes Araştırma Laboratuvarı'na ait olan bir patente karşı da bir dava açtı. Bu patent, "Q-anahtarlama" yöntemi kullanarak laserlerden atımlar elde etmek, yani dev enerji atımları verecek şekilde laseri açıp kapamakla ilgiliydi. Gould'un iddiaları yine başarısız oldu. Bu davayla ilgili olmayan bir patent avukatı bana, mahkemenin kararına rağmen, bunun belki de Gould'un kazanmayı en çok hak ettiği dava olduğunu söylemişti, ama herhalde Hughes avukatları fazla becerikliydiler.

Bu sıralarda TRG, laserleri geliştirmesi için Pentagon'un yeni kurulmuş olan İleri Araştırma Projeleri Ajansı'ndan bir milyon dolarlık bir ödenek almıştı. Ödenek aldıkları projeleri, o dönemde laserler için beklenebilecek olan değerlerin açıkça çok üzerinde performans ve kullanım alanları öngören hayali bir projeydi (ancak bu değerler sonradan, gerçek laserlerle ulaşılan değerlerin çok altında kalmıştı). Tüm bu iyi ödeneğe ve yoğun çalışmaya rağmen TRG laserlerle ilgili önemli bir başarı gösterememişti. Ancak, bahsettiğim gibi, TRG çalışanlarının elde ettiği bir başarı, orijinal makalemizde öngördüğümüz helyum-pompalı sezyum laserinin çalışır bir modelini yapabilmek olmuştu. Bu türden bir laserin çalışır bir örneğini görmekten memnuniyet duymuştum, ne var ki bu laserin

hiçbir zaman ticari bir kullanımı olmadı.

TRG'de çalıştığı dönemde Gould'un laserlerle ilgili olarak yalnız başına çalışmasının engellendiğine dair efsaneler, çeşitli popüler yayınlarda anlatılır olmuştu. Söylenene göre, 1940'ların sonunda genç bir öğrenciyken Marksist çalışma grubuna katılmış olduğu için Gould'un güvenlik onayı yoktu ve özellikle de Savunma Bakanlığı, TRG'nin laser çalışmaları üzerinde bir güvenlik ablukası başlatınca, kendi not defteri gizli bir belge haline gelmişti. Bu konu hakkında bir kafa karışıklığı yaşanmış olduğunu düşünüyorum. Hatta Gould'un kendisi bile, gerçeklerden pek haberdar değil gibiydi. O dönemde bir ara not defterinin bir kopyası benim de elime geçmişti ancak bunun hiç de gizli bir belge olmadığı görülüyordu. Gordon'a telefon edip, gazetelerde defterinin gizli hale geldiğine dair hikâyeler okuduğumu söyledim. Sonra da önümde bu defterin bir kopyası olduğunu ve üzerinde herhangi bir "gizlidir" ibaresi olmadığını, bir belgenin gizli sayılabilmesi için uygun mühürle damgalanmış olması gerektiğini hatırlattım. "Aa!" diye cevap verdi ve şöyle devam etti "bunu ilk kez senden duyuyorum".

Bence, tıpkı gizli belgeyle ilgili iddiada olduğu gibi, söylenenler gerçeklerden uzak olsa bile, Gordon Gould, davasında haklı olduğuna yürekten inanıyordu. En sonunda bir jüriyi ikna etmesini sağlayan şey belki de kısmen bu özelliğiydi.

Art'la beraber yazmış olduğumuz makale resmen Aralık 1958'de yayımlanmış olmasına rağmen, Bell Laboratuvarları avukatları uygun olduğuna karar verdikleri patent başvurusunu yapar yapmaz daha ağustos ayında, makaleyi merak eden herkese göndermeye başlamıştık.

Optik maserler üzerine makalemiz ortalıklarda dolaşmaya başladıktan kısa bir süre sonra Gould, Kasım 1958 tarihli ikinci bir deftere ayrıntılı kayıtlar almıştı. Bu kayıtlar laserlerin çeşitli unsurlarına dair sonradan elde edeceği patentler için temel sağladı. Bana göre bunların bir kısmı zaten makalemizde vardı ancak bunlar, Bell Laboratuvarları patent metninde uygun şekilde belirtilmemişti. Bu nedenle Bell Laboratuvarları avukatlarıyla beraber yeterince zaman harcamadığım ve patentin bu makaledeki çok çeşitli teknik

fikri, açık bir şekilde kapsamasını sağlamadığım için pişmanlık duyuyorum.

Gould adına bazı patentler almayı başaran firma, patentler konusunda çalışmak üzere nispeten yeni kurulmuş ve sağlam bir finansmanı olan Patlex isimli bir firmaydı. Çalışmaları Refac'tan devralmıştı. Patlex'in bol parası ve başında becerikli bir avukat olan Richard Samuel vardı. Firmanın taktiği birden fazla patent başvurusunda bulunmak, propagandaya büyük önem vermek ve en iyi avukatlara sahip en büyük firmaları dava etmekten kaçınmak şeklindeydi. General Motors ve AT&T gibi firmalara karşı Patlex, izinsiz kullanım iddialarında bulunup sonra bunları, karmaşık hukuki savunmalardan daha az maliyetli olan, mahkeme dışı uzlaşıyla sabit bir ödemeye bağlamaya çalıştı. Bu anlaşmayla firmalar, Gould'un gelecekte mahkeme kararlarıyla elde edebileceği patent haklarını herhangi bir ek ödeme yapmadan kullanma imkânına kavuşuyordu. Gelecekte ortaya yeni bir masrafın çıkmayacağına dair bu tür bir garanti açıkça tercih edilen bir şeydi. Patlex'in mahkemeye götürdüğü ilk iddiası General Photonics adında küçük ve özünde iflas etmiş olan bir California firmasına karşıydı. Patlex davayı kazandı, ancak diğer firmaların bu sonucu pek ciddiye aldığını düşünmüyorum. Patlex bundan sonra Gainesville, Florida'daki küçük bir laser firması olan Control Laser Corporation'ı mahkemeye verdi. Control Laser'in tahmin ediyorum kendisine ait bir patent bölümü yoktu ve bu nedenle yerel bir avukat olan Robert Duckworth'u tuttu.

Duckworth beni olası bir şahit olarak gördüğü için benimle temasa geçti. Olaya dahil olmak konusunda hevesli değildim, fakat şahitliğime ihtiyaç varsa bunu yapmam gerektiğini düşündüm. Bu nedenle Control Laser davasıyla ilgili olarak 1987 yılında Gainesville'de birkaç gün geçirdim. Jürinin sürece dahil olmasıyla, patent yasasında bulunan başka bazı acayiplikleri de yakından görme şansım oldu.

Oraya gittiğimde Patlex avukatı yüzünden canımı sıkmamam konusunda uyarıldım. Kendisi Florida'da iyi tanınan bir duruşma avukatıydı ve kullandığı taktiklerinden

birinin, karşı taraf şahitlerini kışkırtarak kontrollerini kaybetmelerini sağlamaya çalışmak olduğu söyleniyordu. Öyle ki; Control Laser ilk önce şahit olması için ilk laseri yapmış olan Hughes'tan Ted Maiman'a başvurmuştu ancak yapılan ön çapraz sorgu Ted'i o kadar bezdirmişti ki sonunda ifade vermeyi reddedip evine dönmüştü.

Jüri, doğal olarak bölgede yaşayan yerel halktandı. Patlex'in başvurduğu son derece yaratıcı bir taktik, yerel halktan bazı kimselere para verip mahkeme salonunda oturmalarını (Patlex için çalıştıklarını belli etmeden), davayı tıpkı jüriymiş gibi dinlemelerini ve tartışmalarıyla verilen ifadeler hakkında neler düşündüklerini sonrasında Patlex hukuk ekibine aktarmalarını sağlamak olmuştu. Öğrendiğim kadarıyla bu yöntem o zamanlar için oldukça yeniydi ancak o zamandan beri kullanılır olmuştu.

Patlex jürinin üzerinde etkili olmayı genel olarak başarmıştı. Bizim temel Bell Laboratuvarları patentimiz hâlâ geçerliydi ve tartışma konusu değildi. Ayrıca jüri, Schawlow'la olan makalemizin, Gould'un eline Kasım 1958'de yazdığı kritik kayıtlardan daha önce geçtiğini ve bu nedenle önceliğin makalede olduğunu tespit etti. Yine de Patlex önemli patentler elde etti. İddialarında laserler ve kullanımlarına dair çok çeşitli patentler vardı. Bu kritik davada Patlex'in elde ettiği patenlerin içinde en büyük önemi taşıyanlar belki de şu üçüydü:

1. Işıma kullanılarak yüksek enerji seviyesine çıkarılmış atomlar ve moleküllerden gelen uyarılmış salımla ve yansıtıcı aynalar olmadan ışığın güçlendirilmesi (güya bizim patentimizden farklıydı çünkü laserlerde normal olarak bulunan ve güçlendirmeyi artıran ileri-geri yansıma kullanılmamıştı).
2. Çarpışmalar kullanılarak yüksek enerji seviyesine çıkarılmış atomlar ve moleküllerden gelen uyarılmış salımla ve yine yansıtıcı aynalar olmadan ışığın güçlendirilmesi.
3. Dar emilim ve salım rezonansları olan malzemeler yerine geniş rezonans aralıkları olan laser malzemelerinin kullanılması.

Bir bilimci olarak bana göre bunlar patentlenebilir şeyler değildi; çünkü bu alanda çalışan herhangi biri için, laserlerle ilgili diğer fikirler ortaya konunca bunlar apaçık bir şekilde anlaşılacak şeylerdi. İlk madde özünde, jüri tarafından da daha temel olarak kabul edilen ve Bell Laboratuvarları'na ait olan Schawlow-Townes laser patentinin aynısıydı, yalnızca laser salınımına olanak veren rezonatör bulunmuyordu. O zamana kadar laser patenti alan herkes, salınımı ve gücün çok büyük bir şekilde artmasını sağlayan yansıtıcıları kullanmıştı. Hiç kimse güçlendirme olayını tek başına bir şekilde, başka bir deyişle, laserin içerisinde gerçekleşen olayı patentlemeyi düşünmemişti. İkinci madde ise, açıkça Bell Laboratuvarları'ndan Javan, Bennett ve Herriott'un çarpışmalarla enerji verilen ve aynalar kullanan patentiyle yapılan benzer bir oyundu. Birinci ve ikinci maddeler, basitçe yansıtıcı pencereleri çıkartıp içeride kalan şeyi, yani güçlendirmeyi patentliyordu. Gould daha önce bütünlük içerisinde olan bu iki patente dava açmış ve kaybetmişti. İleri-geri yansımalar büyük bir güçlendirme sağladığına göre, bilgi sahibi herhangi bir bilimci için, yansımalar olmadan da bir miktar güçlendirme olacağı apaçık ortada bir şey değil miydi?

Üçüncü madde, dar olanlarla değil de geniş rezonanslarla güçlendirmeyi patentlemekteydi. Neyin dar neyin ise geniş rezonans olduğuna dair açık bir bilimsel tanım yoktur. Doğa, genişlikte kesintisiz bir değişim sunmakta ve bunların arasında herhangi bir temel farklılık bulunmamaktadır. Eğer Bell Laboratuvarları avukatları katı-hal laserlerini ilk patente dahil etselerdi büyük ihtimalle bu durum ortaya çıkmazdı; çünkü makalemizde de anlattığımız bu tür laserler oldukça geniş bir rezonansa sahiptirler, ancak anlaşılıyor ki orijinal patent için buna gerek olmadığını düşünmüşlerdi.

İlk iki maddede bulunan yansımalar olmadan güçlendirme konusu benim için yeni bir şey değildi. Önceki maser patentini hazırlarken, konunun genişliğini idrak ettiğimiz için, Araştırma Kurumu'ndan Harold Stowell'le güçlendirme olayını patentleyip patentlememek konusunda görüşmüştük. Güçlendirmeyi tek başına mı yoksa rezonatörle beraber mi, yani güçlendirmeyi artırarak salınıma olanak veren düzeneği

mi patentlememiz daha uygun olur diye fikir yürütmüştük. Ta 1920'lerin başından beri pek çok kimsenin, tersine çevrilmiş enerji seviyesi oranlarıyla ve hiç yansıma kullanmadan güçlendirmenin olası olduğunu belirttiğini, bazılarının ise gerçekten yapmamakla beraber bu etkiyi kullanan düzenekler tasarladıklarını vurgulamıştım. Ayrıca, patent yasası doğada kendiliğinden olan herhangi bir şeyin patentlenemeyeceğini söylüyordu. O zamanlar Stowell'e henüz tespit edilmemiş olmasına rağmen bu tür bir güçlendirmenin patlamalarda veya yıldırımlarda zaman zaman kendiliğinden olma ihtimalinin bulunduğunu söylemiştim. Bu nedenlerden ötürü güçlendirme olayını ayrı bir patent olarak eklemenin faydasız olacağına karar vermiştik. Salınımın sağlandığı durumda güçlendirme fikrinin zaten apaçık ortada olacağını düşünmüştüm. Bir alanda çalışan insanlar için apaçık ortada olan bir fikir patentlenebilir değildi ve uygulamaların büyük çoğunluğu muhtemelen zaten bir rezonatör kullanacaktı. Herhalde laser patentini hazırladıkları sırada Bell Laboratuvarları avukatları da benzer şekilde düşünmüşlerdi; çünkü bu konuyu kendileriyle hiç görüşmemiş olsam da, onlar da güçlendirmeyi tek başına patentlemek ihtiyacını hissetmemişlerdi. Yani jürinin Patlex'e vermiş olduğu çok önemli iki şeyi avukatlar göz ardı etmişti. Bir de bunlara ek olarak, rezonatör kullanan laserler, güçlendirmeden faydalandığına göre yeni aldıkları patentin –hali hazırda patentlenmiş olan– normal laserleri de kapsaması gerektiğini iddia ettiler!

Patlex'in güçlendirmeye dair patent iddiasını çürütmek için, jürinin de yer aldığı bu dava sırasında güçlendirmenin (rezonansı sağlayan yansıtıcılar olmadan) doğal bir olay olduğuna dair bir argümanın görüşülmesi gerektiğini vurguladım. Duckworth'e NASA'nın Goddard Laboratuvarı'ndan Mike Mumma'nın ifadesine başvurmasını önerdim. Mumma'nın grubu, bizim Berkeley'deki grubumuz gibi, Mars atmosferine çarpan güneş ışınlarının karbondioksit (CO_2) moleküllerini uygun bir şekilde yüksek enerji seviyesine çıkararak bunların kızılaltı ışığı az miktarda güçlendirdiğini tespit etmişti. Goddard grubu bu konuyla ilgili özellikle güzel bir bilimsel çalışma yapmıştı. Bu nedenle Mumma, bana güçlendirmenin

doğal bir olay olduğunu, bundan ötürü patent yasası gereğince patentlenemez olduğunu gösterebilecek ideal kişi gibi görünmüştü.

Mumma, Mars atmosferinde doğal bir şekilde ortaya çıkan laser güçlendirmesini jüriye özenli bir şekilde anlattı. Patlex avukatının taktiği ise dalga geçmek şeklindeydi. Gözlerini yuvarlayıp "Mars'ta yaşayan küçük yeşil adamların yaptığını mı söylüyorsunuz?" demişti. Jüri de bu alaya kanıp uzaydan verilen bu örneğin Dünya'daki mahkemede geçerli olmayacağına hükmetmişti. Bu yola başvurmayı ben önermiştim ve işe yaramasını istiyordum. Fakat Mars laserlerini kapsam dışında bırakmaya dair jürinin vermiş olduğu karar, ortak akıl açısından bakıldığında çok da anlamsız değildi. Diğer bazı astronomik cisimlerde de başka tür laserler keşfedilmiş olmasına rağmen doğal laser güçlendirmesi herhangi bir şekilde açık bir biçimde ortada bulunmuyordu. Bununla beraber, daha önce katılmış olduğum ve halk jürisi yerine, sadece hakimlerle avukatların bulunduğu duruşmalar bende –ne kadar acayip olsa da– patent yasasına harfiyen uyulduğu şeklinde bir izlenim oluşturmuştu. Bu yüzden, normalde hukuki metin gereği herhangi bir patenti geçersiz kılacak olan küçük bir teknik ayrıntının bu sefer işe yaramaması beni hem şaşırtmış hem de eğlendirmişti. Yasayı yapan jüri olmuştu. Mars'taki güçlendirmeyi bir kenara bırakarak, çok daha tutarlı bir dayanak noktası olan, Patlex'in daha önceki laser patentlerinde zaten açık ve vazgeçilmez bir özellik olan, ancak tek başına öne çıkarılmamış bir laser özelliğini patentlemekte olduğu vurgusunun, jürinin son kararını verirken herhangi bir fayda sağlamayışı da bana oldukça tutarlı gelmişti.

Control Laser'in avukatı Duckworth işlerin böyle kolayca sona ermeyeceği konusunda beni uyardı. Davayı kaybedenin ikinci bir dava açmak isteyeceğini söyledi. İlk davanın aslında iddiaları ve argümanları ortaya koymaya yarayacağını, ikinci davanın ise süreci asıl sonucuna götüreceğini düşünüyordu. Patlex ya çok akıllıydı ya da çok şanslıydı. Patlex'in ısrarı üzerine hakim, Control Laser'in iddia edilmiş olan patentlerin ücretini derhal ödemesi yönünde karar verdi. Bunların toplamı milyon dolarlara varan çok ciddi bir meblağ tutuyordu ve

Control Laser'in bunu ödemesi mümkün değildi. Firma elinde bulunan tüm menkulü Patlex'e devretmek zorunda kalmıştı. Artık bir karşı dava söz konusu değildi. Dava kapanmıştı.

Florida'da görülen o davadan beri zannediyorum hiçbir firma Patlex'in patentine mahkeme yoluyla itiraz etmedi. Patentler çok çeşitli laserleri kapsadığı için firmaya onlarca milyon dolara varan paralar kazandırdı. Gould'un iddialarının patent ofisinde ve mahkemelerde yıllarca beklemesi meblağın bu kadar yüksek rakamlara ulaşmasını sağlamıştı. Benim 1959 yılında onaylanmış olan temel patentim 1976 yılında geçerliliğini henüz yitirmişken Gould'un patenti yürürlüğe girdi. Oyunun en başında avukatımın dediği gibi, en çok para kazandıran patentler onaylanması en uzun sürenler ile sonradan küçük değişikliklere dair elde edilen yan patentlerdi. Gould'un inatçılığı, uzun süren başarısızlıklar ve gecikmelerle birleşip sonunda başarıyla buluşunca oldukça iyi bir servete dönüştü.

Oyun nasıl ama? Bilimsel yaratıcılık açısından bakıldığında patent süreci hiçbir anlam ifade etmiyor. Eğer hukuki dalaşmaları ve kumarı değil de gerçekten bilimi seviyorsanız bu sürece hiç bulaşmamak lazım. Ted Maiman örneğin, çalışır ilk laseri yaptığı için yaratıcılık konusunda takdiri hak ediyor. Bununla beraber Ted, geniş uygulaması bulunan patentlerin hepsinin dışında bırakıldı. Bunun sebebi kısmen belki de Hughes avukatlarının ileri görüşlü davranmamaları ve saldırgan bir tavır takınmamalarıydı.

Günümüzde laser ticareti yıllık birkaç milyar dolarlık bir hacme ulaşmaktadır. Patlex'in önemli patentlerin büyük çoğunluğu 90'ların ortasına gelindiğinde geçerliliklerini yitirdiler. Elbette başka mucitlerin farklı türde laserlere ve uygulamalara dair hâlâ yürürlükte olan patentleri var, ancak bunların hiçbiri yukarıda anlatılanlar kadar ihtilaflı olmadı ve medyada onlar kadar yer tutmadı.

Yakın zamanda ise bu işler değişti. Patent yasası, eğer o dönemde olsaydı burada anlatılanlardan çok daha farklı sonuçlar doğuracak şekilde, iki noktada değiştirildi. Birincisi, 1995'ten beri bir patent, uzun gecikmeleri önlemek amacıyla onaylandıktan 17 yıl sonra değil, başvurudan 20 yıl sonra

geçersiz hale geliyor. Eğer bu kanun yürürlükte olsaydı, Patlex'in en sonunda elde ettiği patentler yürürlüğe girdikten herhalde birkaç yıl sonra hükümsüz hale gelecekti. İkincisi, artık bir patentin kapsamını belirlemede jüriye başvurulmuyor, bunu yalnızca hakimler yapıyor. Patentlerin artan teknik karmaşıklığı göz önüne alındığında, bu son derece iyi bir fikir olsa gerek.

8

AY TOZU VE BİLİM DANIŞMANLIĞI ÜZERİNE

1951 yazının sonlarında birgün, Güney California'da Ölüm Vadisi'nin batısı ile güney Sierra'ların keskin zirvelerinin doğusunda kalan bölgedeki kurumuş bir göle doğru yol alıyorduk. II. Dünya Savaşı sırasında roket test bölgesi olarak belirlenmiş ve Caltech tarafından işletilmiş olan China Lake'deki bir tesisi ziyaret edecektik. Savaştan sonraki dönemde bölgenin idaresini Donanma devralmıştı. Hedefimize varınca alkalin bir düzlük üzerinde, lav akıntıları ve kül tepecikleri arasında kurulmuş radar takip mevzileri, hangarlar, kışlalar ve laboratuvarlarla karşılaştık. Kuru göl tabanının bir uçak gemisi gibi düz ve geniş oluşu, ayrıca yoğun yerleşimden uzak bir konumda bulunuşu burayı roket, füze ve deneysel uçakların testleri için ideal bir yer yapmıştı.

Donanma bir süredir kızılaltı araştırmalarına destek sağlıyordu, fakat o aşamaya kadar henüz Donanmanın işine yarayacak bir sonuç elde edilememişti. İçerisinde bulunduğum grup, kızılaltı ışıma ve ilgili teknolojilerin askerî anlamda gerçekten önemli olup olmayacağını değerlendirmekle görevlendirilmiş bir bilimsel danışma heyetiydi. Brown Üniversitesi'nden bir kimyager ve kızılaltı spektroskopisti olan Donald F. Hornig heyetin başkanıydı ve Donanmanın mikrodalga heyetini hayata geçirmemden kısa bir süre sonra bana kızılaltı heyetine de katılmamı önermişti. Brown Üniversitesi'nde başkanlığını Don'un yapmakta olduğu Metcalf Araştırma Laboratuvarı'na ithafen Metcalf Projesi adı verilen bu gruba katılmaktan mutluluk duymuştum. Bu, hem kızılaltı konusunda bilgilenmek için hem de grubun diğer üyeleri olan Harvard fizikçilerin-

den J. H. ("Van") Van Vleck, Stanford fizikçilerinden "Pief" Panofsky, Leonard Schiff ve Bob Hofstadter, Cornell'den Dale Corson, Michigan'dan David Dennison, Cambridge Üniversitesi kimyagerlerinden Gordon Sutherland ve mühendis-fizikçi Gene Fubini'yle keyifli görüşmeler yapmak için iyi bir fırsattı. Aynı zamanda en sevdiğim hobilerimden birini yapıyor, yani laboratuvarları ziyaret ediyor ve diğer bilimcilerin nelerle uğraştıklarını görüyor olacaktım.

Meslek hayatım aslen bilimsel araştırmalar üzerine odaklanmıştır. Ama China Lake'e yaptığım bu seyahat, zamanımın önemli bir kısmını almış olan diğer bir faaliyete örnektir. Bu faaliyet de hükümete ve zaman zaman da sanayiye bilimsel danışmanlık yapmaktır.

Bilim ve teknoloji, toplumumuzda önemli bir role sahiptir ve bu konular hakkında verilecek kamusal kararlar sık sık uzman bilgisi gerektirmektedir. Bu nedenle bilimcilere, toplumun ve hükümetin karar aşamalarında giderek daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Tıpkı diğer bilimciler gibi benim de bu süreçlere dahil olmam, genellikle üzerinde uzmanlaştığım bilimsel konu nedeniyle olmuştu. Maser-laser gelişmelerinin sık sık gündeme gelişi benim bu çalışmalara katılmamda etkiliydi. İki farklı çalışma şekli olan yoğun araştırmalar ile hükümete veya sanayiye danışmanlık yapmak, bir arada pek iyi yürümezler. Ancak isim yapmış bilimciler, büyük olasılıkla bu tür hizmetler için çağrılırlar. Bu konuda bazı örnekleri ayrıntılarıyla vermek isterim.

China Lake, alışılmadık manzarası ve açık çöl havasıyla hiç tartışmasız ziyaret ettiğim en sıra dışı görünüme sahip araştırma bölgesiydi. Oradaki ilk günümüzde, Caltech'ten sınıf arkadaşım olan Bill McLean'le görüştük. Bill, mütevazı, açık sözlü bir kimse ve yaratıcı, pratik becerisi olan deneysel bir fizikçiydi. Kendisine ait olan bir fikir üzerinde çalışıyordu. Bölgeye has bir çıngıraklı yılan türünden esinlenilerek, projesine Sidewinder adı verilmişti. Çıngıraklı yılanlar saldırılarını, avlarının sıcaklıklarına bakarak planlar. McLean'ın Sidewinder projesi de benzer bir yaklaşımı kullanıyor ve çok önemli bir havadan-havaya füze türü için bir prototipi oluşturuyordu. Sistem bir kızılaltı ışıma kaynağına doğru yöne-

lebilmek gibi korku veren bir yeteneğe sahipti. Hava hedeflerinin motor ve egzozlarından yayılan ısı da bu tür bir ışıma kaynağıdır. Sistemin "gözü"nü dört kızılaltı algılayıcısından meydana gelen bir dizi oluşturuyordu. Bu yapı bir uçağın motorundan gelen ısıya duyarlı bir biçimde füzeyi sola, sağa, yukarı ve aşağıya yönlendirerek onu çarpışma rotası üzerinde tutabiliyordu. Bu fikir yerde denenmişti. Sonuçlar büyük ve ölümcül bir verimlilik vaat ediyordu.

China Lake'i ziyaret ettiğimiz dönemde Sidewinder, henüz geliştirme sürecinin başında ancak heyecan verici bir noktasındaydı ve "örtülü" bir proje olarak isimlendiriliyordu; yani McLean, Sidewinder üzerinde kendi inisiyatifiyle ve laboratuvarın genel ödeneklerini kullanarak çalışıyordu. Sidewinder'ın ilk sonuçları ve potansiyeli heyeti derhal etkiledi. Bununla beraber proje Pentagon'un ağır topları tarafından henüz onaylanmamıştı. Biz oraya varmazdan kısa bir süre önce Donanmanın patronu, Sidewinder'dan haberdar olmuştu. Tepkisi son derece net olmuştu. "Çalışmayı durdurun!" Araştırma direktörüne bu tesisin asıl amacının roket geliştirmek olduğunu ve havadan-havaya güdümlü bir füzenin görevleri arasında bulunmadığını söylemişlerdi.

Emir komuta zincirinin çok dışında tutulmuş olan heyetimizin, bu füzenin China Lake'in görev tanımına uyup uymadığını umursaması için hiçbir neden yoktu. Donanmanın bu projenin fişini çekmiş olmasının bir hata olduğu açıkça görülüyordu. Heyet başkanımız Hornig, sorumlu amirallerin isimlerini aldı, Pentagon'a telefon edip onlara ulaştı ve onları görmek için Washington'a gitti. Onlara, heyeti temsilen Sidewinder programının yürütmekte oldukları en iyi çalışmalardan biri olduğunu söyledi. Üst düzey amirallerden bazıları, uçağın arkasından gelerek kuyruk tarafındaki sıcak motor borusuna yönelen bu ısı güdümlü füzelerin yaptığının aksine, uçaklara önden saldırması gerektiğini söyleyerek itiraz ettiler. Ama Kore'de başarılı hava çarpışmalarında bulunmuş ve yakın zamanda dönerek China Lake'e geçmiş olan Wally Schirra ayağa kalkıp şöyle dedi: "Efendim, başarılı bir şekilde vurulduklarını gördüğüm uçaklar yalnızca arkadan ateş edilmiş olanlardı." Don, bu genç subayın amirallerle ters düşmede

gösterdiği cesur açık sözlülük nedeniyle hayrete düşmüştü. Don, o gün yaşanan bu olayın veya davranışın Schirra'nın sonunda NASA'ya geçerek astronot olmasında bir etkisi olduğunu düşünür.

Ziyareti takip eden yazılı raporumuz Sidewinder'ın potansiyelini öne çıkarmış ve bunun kızılaltı teknolojisinin Donanma için en umut verici uygulaması olduğunu belirtmişti. Böylesine açık bir tavsiye karşısında Donanma "peki" dedi. Eğer bu denli önemli olduğunu düşünüyorsak, proje devam edebilirdi. Hatta Don Hornig'in görüştüğü amirallerden "Deke" Parsons, projeyi kendi gözleriyle görmek için hemen o akşam China Lake'e uçmuştu. Ziyaretimizi takip eden birkaç gün içerisinde McLean, Sidewinder projesini sürdürmek için tüm imkânlara kavuştu.

Günümüzde bu ilk nesil Sidewinder'ların devamı niteliğinde olan füzeler hem Donanma hem de Hava Kuvvetleri savaş uçakları tarafından kullanılan en etkili silahlar arasında bulunmaktadırlar. Donanmanın bu füze projesini neredeyse iptal edecek olmasının sebebi, temel bir teknik gerekçe değil, organizasyon şemaları ve bütçe planlarına sadık kalma konusunda gösterdikleri hassasiyetti. Pentagon'daki amiraller aslında sistemlerinin gereklerini yerine getiriyorlardı. Ancak dışarıdan konunun uzmanlarınca ve tarafsız bir değerlendirme sunulduğunda mantıklı şekilde hareket ettiler. Metcalf Projesi'nin sonuç raporu kızılaltının olası uygulamalarını geniş bir şekilde ele alıyordu. Raporda Sidewinder'ın dışında daha pek çok şey vardı, fakat özellikle bu füze programının tekrar faaliyete geçirilmesi önemli bir noktaydı.

Bilimsel tavsiyelerde bulunmak ve bunlara uyulmasını sağlamak keşke her zaman bu kadar kolay olsa! Bilim danışmanının çalışma alanı politik oyunlar ve tuzaklarla doludur. Bununla beraber şöhrete kavuşmuş bir bilimci büyük olasılıkla, önünde sonunda hükümete bağlı bir kuruluş tarafından fikir vermesi için aranacaktır. Bizden düzenli olarak çeşitli konularda değerlendirme ve tavsiye istenir. Sıklıkla bunlar hükümet politikalarının derinlerine uzanan konulardır. Tavsiyenin biçimi ve bunun sonucunda izlenen yolun seçim süreci çok nadiren Sidewinder projesinde olduğu gibi basit ve olumludur.

Siyasi bilimler, sosyoloji, ekonomi gibi hükümet kararlarıyla doğrudan ilişkili alanlarda çalışan kimseler, özellikle de üniversitelerde çalışanlar, sık sık bazı bilimcilerin hükümete danışman olarak neden özellikle ismen istendiklerini veya "ayrıcalıklı" olduklarını sorarlar. Bunun oldukça insani bir nedeni var. Politikacılar, siyaset bilimcilerden veya benzer konularda çalışanlardan tavsiye almaya ihtiyaçları olduğunu düşünmezler. Nihayetinde profesyonel olarak yöneticilik yaptıkları için politikacılar, sosyal ve politik konularda işi bilenlerin asıl kendileri olduğunu düşünürler.

Bilim ise politikacıların hakkında pek az şey bildiği bir konudur. Ancak özellikle II. Dünya Savaşı'ndan bu yana, Kongre ve yürütme organları kendilerini sıklıkla, doğrudan askerî amaçlar için veya umut edilen bir ekonomik gelişme için bilime büyük paralar ayırmak durumunda buluyorlar. Kısmen, bilimi entelektüel değeri nedeniyle takdir ediyorlar. Daha önemlisi bilimin Birleşik Devletler'e hem ekonomik hem de askerî başarı kazanmada fayda sağladığına inanıyorlar. Washington'un bilim ve teknolojiye verdiği ölçekte desteği başka hangi entelektüel veya akademik konunun alma olasılığı var? Kültürel olarak ilginç, hatta moral verici oldukları için sanat dalları ve beşeri bilimler için katkılar ve benzeri destekler var, fakat Kongre bunlardan doğrudan bir fayda sağlayacağını düşünmüyor. Politikacılar, bilim ve teknoloji konusunda önemli kararlar vermek zorunda oldukları ve bunlara yüklü miktarda para ayıracakları için, genellikle de bu konu hakkında çok az şey bildiklerini de kabul ettikleri için, danışmanlığa fazlasıyla ihtiyaç duyabilirler. Yüksek rütbeli askerî yetkililer de benzer bir tutum içerisindedirler. Bunun ironik bir sonucu olarak, sosyal bilimciler, yani kamu politikalarının ince noktaları konusunda en üst seviye de uzmanlaşmış ve hükümete tavsiyelerde bulunmaya en meyilli ve hazırlıklı olan akademisyenler, Beyaz Saray'a, Kongre'ye ve Pentagon'a diğer bilimcilere göre belki de çok daha az davet edilirler.

Elbette hükümet için çalışırken hiç kimse politikalardan kaçıp kurtulamaz. Eğer politik bir aşırı uçta değilseniz şahsi politik görüşler, bilim ve teknoloji üzerine tavsiyeler söz konusu olduğunda genellikle pek etkili değildir. Kendimi Güneyli

bir liberal olarak değerlendiririm. Ekonomi politikalarında muhafazakâr, fakat sosyal politikalarda oldukça liberal görüşlere sahibim. Bu beni orta yolcu yapar. Herhangi bir grup için fanatik veya dogmatik bir bağlılık hissetmiyorum, kararlarımı konulara göre veriyorum. Cumhuriyetçilerden aldığım kadar Demokratlardan da danışmanlık için teklif aldım.

1950'ler boyunca, özellikle Silahlı Kuvvetler, NASA ve Beyaz Saray için danışmanlık yapan heyetlerde aşırıya kaçmayan sürelerle görev yaptım. Bir heyet, üç aşağı beş yukarı benim çalışma alanımda olan bir konuyu değerlendirmek istediğinde, bu benim de ilgimi çekerdi ve bu çalışmayla benim de bir şeyler öğrenebileceğimi düşünürdüm.

Hükümetin ilgilendiği konularda yürüttüğüm bol miktardaki çalışmaya rağmen kendimi asla manevi olarak hükümet politikalarıyla ilgili bulmadım. Hükümetin problemlerine gösterdiğim alaka daha ziyade kamuya karşı duyduğum sorumluluktan kaynaklandı. Belki de bu bir erdemdi. Problemlerin çoğuna önyargısız bir şekilde bakabiliyor ve yapılabilecek en iyi şeyin ne olduğunu bulmaya çabalıyordum. Hükümetin problemleri ile kişisel kariyerim ve duygularım arasındaki mesafe, hükümetin verdiği görevler üzerinde yoğun bir şekilde çalışıyor olmama rağmen, bunlar bittikten sonra ilgili ayrıntıların çoğunu unutmam anlamına geliyordu. Bilimsel çalışmalar ve olaylar zihnimde daha çok yer tutuyordu ve bunları ayrıntılarıyla hatırlamam daha kolay oluyordu. Sonuç olarak, tavsiyelerime veya idari katkılarıma ihtiyaç duyulmadığı durumlarda veya benim varlığım özellikle önemli olarak görülmediğinde, mutlulukla bilimsel araştırmalarıma dönüyordum.

Pek çok yarı-zamanlı heyet üyeliği deneyimimin ardından, hükümetin bilim politikalarına derinlemesine dalışım ve hükümetin nasıl işlediğine yakından şahit oluşum, 1959 yılında ilk laserin çalışmasından biraz önce New York'ta toplanmış olan kuantum elektroniği toplantısının olduğu döneme denk geldi.

Bu Soğuk Savaş'ın özellikle gergin olduğu bir zamandı. *Sputnik* herkesin hatıralarında tazeliğini koruyordu. Bu 40 kiloluk Sovyet uydusu Ekim 1957'de yörüngeye yükselip Amerikan semalarında sinyaller gönderdiğinde hem top-

lumda hem hükümette, ama özellikle de Silahlı Kuvvetlerde alarm zillerinin çalmasına sebep oldu. Kimse Demir Perde'nin ardında neler olduğunu bilmiyordu, ama bu uydu hiç de iyi bir habere benzemiyordu. Bu olay Sovyetler'in kıtalararası füzeler konusunda tehlikeli şekilde önde olabilecekleri korkusunu uyandırdı. 1959'un sonlarında Sovyetler bir de Ay'a roket göndermişti. Sovyetler uzay roketi teknolojisinde çok ileri gibi görünüyordu; ama ulusal güvenliğimiz açısından daha önemlisi, Rusya'nın ortasından gönderecekleri nükleer başlık taşıyan füzelerle Birleşik Devletler'i vurabilecek olmalarıydı. Sovyetler'in gizlilik sevdası ise teknolojik gelişmelerine dair kaçamak bilgilerin çok daha karamsar bir tablo çizmesine sebep oluyordu. II. Dünya Savaşı'nın sonundan beri Birleşik Devletler uluslararası askerî baskıyı kontrol etmedeki gücünden ilk kez emin olamıyordu. Yine ilk kez teknolojimiz bütünüyle egemen değildi. Liderlerinin bizleri teknolojik ve ekonomik olarak gömmeye ant içmiş olan bu yabancı ideolojiden gelen yeni bir korku dalgasının ortaya çıktığı bir dönemde, 1957'de Joe (Senatör Joseph) McCarthy duruşmaları ve bunların Amerikan kurumlarından komünizmin kökünü kazımaya dair çarpık gayretleri daha henüz bitmişti.

Bağlılık yeminleri, komünist olmakla suçlanma ve "pinko"* yaftasıyla acımasız politik saldırılara maruz kalma ihtimaliyle öğrencilerimin, Rusça öğrenmekten korkmasına sebep olan McCarthy aşırılıkları zaten yeterince kötüydü. Bu tür olaylar büyük oranda kendi kabahatimizdi ve elbette zaman içinde aklımız başımıza geldi. Ama bu kıtalararası balistik füze ve uzay silahları şeklinde ortaya çıkan harici tehlike gerçek olabilirdi.

Yaygın bir panik havası vardı diyemem. En başta Başkan Eisenhower topluma güven vermeye çalışıyordu. Demeçlerinde füze veya uzay araştırmalarında geri kalmadığımıza dair güvence veriyordu. Ama halkı ve politik rakiplerini ikna etme konusunda pek başarılı değildi. Bu konulara acilen, uzman ve şöhretli kişiler kullanarak eğilmesi gerektiğini biliyordu. Bilimsel ve teknolojik konuları takip edebilmesine

* İngilizce "kızıl" anlamında *red* kelimesi kullanılırken "pinko"ya esin veren "pink" kelimesi pembe anlamına gelir. [—*çev. notu.*]

ve bunları değerlendirebilmesine yardımcı olması amacıyla Başkanlık Bilimsel Danışma Heyeti'ni (PSAC) oluşturdu. Heyet, Vannevar Bush'un II. Dünya Savaşı sırasında oluşturduğu bilimsel tavsiye geleneğini takip ediyordu, fakat bunu daha ciddi ve resmi bir temelde yapıyordu. Heyetin başkanı ve modern zamanlardaki başkanlık bilim danışmanlarının ilki, MIT rektörü Jim Killian'dı. Killian teknik bir kişi değildi ama bilimsel yetenekleri bir araya getirme ve dengeli bir danışmanlık sağlama konusunda maharetliydi.

1959 başlarında moleküllere, atomlara ve çekirdeğe hayran olmuş bir biçimde Columbia'da görev yapıyordum. Bir yandan da çalışan bir laser yapmak için hazırlanıyordum. Birgün, eskiden ün yapmış bir muhasebeci olan Garrison Norton'dan bir telefon aldım. Washington'da iyi tanınıyordu ve kâr amacı gütmeyen ve bir grup rektör tarafından hükümete yardımcı olmak amacıyla kurulmuş bulunan Savunma Analizi Enstitüsü'ne (IDA) başkan olmuştu. Norton, New York'a gelmiş bana IDA'nın başkan yardımcısı ve araştırmalar direktörü olmamı teklif etmişti. O zamana kadar bazı askerî danışma heyetlerinde görev almış ve bilimsel çevrelerde tanınır hale gelmiş olmam dışında bu görevi neden bana teklif ettiğini bilemiyordum. Ama bunun benim yapmış olduğum bir bilimsel çalışma nedeniyle olmadığından eminim; çünkü Norton teknik konuları yakından takip eden bir kişi değildi ve maser ile optik maserlerin, yani laserlerin heyecan verici imkânlarına dair fazlaca bilgiye sahip olmadığı kesindi.

Bu teklifi almak bir onurdu. Bununla beraber bir miktar da çaresiz kaldıklarını biliyordum. Princeton Üniversitesi'nden saygın bir fizikçi olan John Wheeler bu görevi reddetmişti. Wheeler'la birbirimizi yakinen tanıyorduk. Beni IDA'daki pozisyon için öneren belki de oydu.

Meslektaşlarım bana çeşitli uyarılarda bulunuyordu: "O yoldan gitme. Burada kal ve laseri yap. Bu çalışma sana Nobel Ödülü kazandıracak". Ben de maserin ve laserin gerçekten bir Nobel kazanabileceğini düşünüyordum. Ama ilk laseri kimin yapacağının aslında çok da önemli olmadığı görüşündeydim. Fikirler artık ortadaydı. Sadece bir ödül kazanmak gayesiyle kariyerime yön verecek değildim.

Bununla beraber Columbia'daki laboratuvarımda oldukça ilginç çalışmalar yürütüyordum ve Washington'daki iş kulağa hiç de eğlenceli gelmiyordu. I. I. Rabi, oraya gitmeyi değerlendirirken Washington'un umutsuz bir durumda olduğunu hatırlamam gerektiğini söyledi. Konuyu Frances ve çocuklarla konuştum. Onlara bir tür sorumluluk hissi taşıdığımı söyledim. Rabi gibi çok sayıda kıdemli bilimci tavsiyelerde bulunmaları için düzenli bir şekilde çağrılırken, artık benim kuşağımdan bilimcilerin de katkıda bulunmaya başlamalarının zamanı geldiğini düşünüyordum. Belki de benim yeni şeyler denemeye duyduğum heves kararımı verirken etkili oldu.

Washington'da tamzamanlı çalışan üst düzey bilimci sayısı çok azdı. Daha fazla bilimciye ihtiyaç olduğunu düşünmemin bir sebebi de buydu. Bir istisna olarak Herb York, meslektaşlarının bir çoğunu şaşırtarak Sovyetler'in yakın zamanda gösterdikleri başarılara bir cevap vermesi amacıyla kurulan ve Silahlı Kuvvetlerin küçük ama bağımsız bir birimi olan İleri Araştırma Projeleri Ajansı'nın (ARPA) Bilimsel Çalışmalar Yöneticisi pozisyonuna geçmek için Berkeley'de Lawrence Işıma Laboratuvarı'ndaki görevinden ayrılmıştı. Şimdiki görevi bilhassa yeni ve çoğunlukla gizli silah teknolojilerini araştırmaktı. O dönemde Herb'e neden böyle bir şey yaptığını sorduğumda "Çünkü bana dünyanın parasını teklif ettiler" diye şaka yaptığını hatırlıyorum. Bu şakaydı aslında, Washington'da çalışmayı kabul etmesinin sebepleri her ne olursa olsun, bunların arasında bilim yapmaktan duyulan haz veya profesyonel şöhret edinme olmadığını söylemenin bir yoluydu.

IDA'nın yöneticilerini büyük oranda üniversite rektörleri ve iyi isim yapmış, kamu çıkarı gözeten kişiler oluşturuyordu. Özellikle *Sputnik* gibi olaylar Washington'u teknik danışmanlık almaya hevesli ve bilimcilere güvenmeye meyilli bir ruh haline soktu. Bu şartlar altında IDA çok ama çok etkili olabilecek bir konumda bulunuyordu. Burada iki yıl görev yapabileceğimi düşünüyordum. Sonuç olarak 1959 sonbaharında Washington'a gittim.

Washington'da çocuklar için uygun bir semtte ve ihti-

yaçlarımızı iyi şekilde karşılayan mütevazı bir ev bulduk. Bu evde bir zamanlar Başkan Woodrow Wilson'un kısa bir süre yaşamış olması beni özellikle mutlu ediyordu. Washington'un gerçekten de heyecan verici ve ilginç yönleri vardı. Hükümet çalışanlarıyla sosyal ve başka bağlantılar kurulabiliyordu. Kokteyl partilerine; arkadaşlık ilişkilerinin yürütülmesi, gayri resmi pazarlıklar ve dedikodular için –sonunda bunlardan bezmiştim– büyük önem veriliyordu; ama yine de Washington ilginç bir şehirdi. Yeni bir tür akademisyen grubunun hükümete girdiği, heyecan verici Kennedy devrinin başlangıcı, orada bulunduğumuz dönemin ortalarına denk gelmişti. Başkanın göreve başlama balosuna gitme olanağımız doğmuştu. Elbette biz de bu fırsatı kaçırmamıştık.

Uzman sekreterlik ve idari destek hizmetleri de aldığım ofisim Beyaz Saray'dan üç blok kadar uzakta güzel bir binadaydı. Asli görevim ufukta beliren yeni teknolojik gelişmeler konusunda danışmanlık verebilecek nitelikli personel bulmak, IDA'nın araştırma ve analiz çalışmalarının sonuçları ile bunların kalitesini denetlemekti.

Göreve başladıktan kısa bir süre sonra Merkezi İstihbarat Ajansı'nın (CIA) direktörü Allen Dulles beni bir brifinge davet etti. Brifing, CIA'ye yaraşır biçimde şehrin alelade bir bölgesinde göze batmayan bir binada, ağır güvenlik altında ve yarım düzine en üst düzey istihbarat çalışanının katılımıyla yapılıyordu. Gündem maddesi Sovyetler'in kıtalararası balistik füzelerine (ICBM) dair CIA'in elinde bulunan bilgilerdi. Elbette bu konu hakkında herhangi bir özel bilgim yoktu ancak yine de bilgilendirilmekten memnunluk duymuştum. Bildikleri her şeyi bana anlatmışlardı.

Sabahın büyük bölümü boyunca süren brifing sona erdiğinde Dulles bana dönüp şöyle sordu "Ne düşünüyorsun? Sence Rusların elinde kaç tane ICBM vardır?" Böylesine sürpriz bir soru beni şaşkına çevirmişti. Konuyla ilgili bildiğim tüm özel bilgileri, bu brifing sırasında öğrenmiştim ve ben de aynı şeyi merak ediyordum: elimizdeki tüm bu bilgiler sonuç olarak ne anlama geliyordu?

Dulles'a cevabı bilmediğimizi düşündüğümü söyledim. ICBM sayısı 0 ila 100 arasında herhangi bir şey olabilirdi.

Söylediğimi hatırladığım bir şey de, yapabileceğimiz tek şeyin bunlardan kaç tane üretmiş olabileceklerine dair bir üst sınır belirlemek olacağıydı. Bunlardan önemli bir kısmını üretmiş olabilirlerdi ve bunlar çalışıyor ya da çalışmıyor olabilirdi. CIA direktörünün, kendi analizcilerinin üzerinde belki de aylardır çalışmış oldukları ama cevabını bulamadıkları bir sorunun cevabını bir anda benden istemesi, ne kadar kaygılı olduklarının ve belki de bilimcilerin hızlıca ve bilgece cevaplar verebileceğine dair nasıl abartılı bir inanç beslediklerinin bir göstergesidir. Uzay programı ve gözetleme uyduları sayesinde günümüzde artık bu tür soruları iyi bir şekilde ve büyük bir kesinlikle cevaplayabiliyoruz. O zamanlar bile sorunun cevabı oldukça hızlı bir şekilde bulundu. John F. Kennedy başkan seçildikten kısa bir süre sonra, Eisenhower-Nixon yönetimini eleştirmek için demeçlerinde yer verdiği "füze açığının" aslında abartılmış olduğunu öğrendi. Çok yüksek irtifadan uçarak casusluk yapan U2 uçaklarımız, o dönemde aslında Sovyetler'in elinde Birleşik Devletler için gerçek bir tehlike olabilecek kıtalararası balistik füzelerin bulunmadığını ortaya çıkardı.

Washington'a gelişimden yaklaşık sekiz ay sonra Hughes'deki Ted Maiman ilk laseri yaptı ve kısa süre sonra diğer laser çeşitleri bunu takip etti. Kaçınılmaz bir şekilde, Silahlı Kuvvetlerin desteklediği laser araştırmaları hakkında tavsiyelerde bulunmam ve bunların askerî faydaları hakkındaki önemli kaygılara (ve abartılmış umutlara) cevap vermem için göreve çağrıldım. Laserlerle ilgili çalışan bilimcilerden biri olarak IDA'da görev verdiğim Robert Collins, laserlerin askerî uygulamaları hakkında özellikle olumsuz görüşlere sahipti. Elbette ben de bu cihazların performansı hakkında emin olamıyordum ama bunları incelemenin faydalı olacağından emindim. Collins bir keresinde bana, füzeler üzerinde herhangi bir etki yaratacak bir laseri pompalamak için "bir gökdeleni dolduracak kadar çok dinamitin enerjisine" gerek duyduğumuzun farkında olup olmadığımı sormuştu. Benzer şekilde büyük bir laser toplantısı sırasında bir mühendis olan ve o zamanlar savunma sekreter yardımcılığı yapan Eugene Fubini, laserlerin Silahlı Kuvvetler için faydalı olacak seviyelerde güç üretebilmesinin asla

mümkün olmadığını söylemişti. O dönemki laserler açısından haklıydı. Laserlerin yüksek imha gücüne sahip silahlar olabileceklerini ben de düşünmüyordum, ancak laserin işleyişinin temelinde herhangi bir verimsizlik olmadığını ve bu cihazın da bir buhar tribünü veya pratikte kullanılan herhangi başka bir alet gibi enerji dönüşümü yapabileceğini vurgulamam gerekmişti. Sorun, uygun tekniklerin bulunması sorunuydu. Sonuç olarak çalışmalar sürdü. Silahlı Kuvvetlerin elinde hâlâ işlevsel bir ölüm-ışını laseri yok ve belki de asla olmayacak, ama yüksek verimli laserler günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır ve bunlardan bazıları kilometrelerce mesafeden metali eritebilmektedir.

Uzun toplantılar yapmak ve IDA'nın çeşitli heyet ve gruplarını idare etmek yoğun bir çalışmayı gerektiriyordu. Az miktarda bilimsel çalışma yapabildim, fakat bunlar istisnaydı. Örneğin, Cornell Üniversitesi'nden Philip Morrison ve G. Cocconi dünya dışı medeniyetlerden gelebilecek radyo sinyallerinin dinlenmesi hakkında ilgimi çeken bir makale yayımlamıştı. Mantıklı bir frekansın spektrumunun mikrodalga bölgesinde, doğal hidrojenin 21-santimetre çizgisinin yakınlarında olabileceğini düşünüyorlardı. Bu frekansta bir sinyalin tıpkı spektrumun görünür ışık veya kızılaltı bölgesinde çalışan laserlerde olduğu gibi kolayca elde edilebileceğini hesapladım ve IDA'daki genç bilimcilerden birisi olan R. N. Schwartz'la beraber uzaylı laser sinyallerinin olası tespitine dair bir makale yayımladık. Bu makale kısmen IDA'nın karşılaştığı teknik sorulardan yola çıkmıştı, ama aynı zamanda bilimsel bir çalışmaydı.

Kendimi çoğu zaman, iç içe geçmiş ajansları ve heyetleri temsil eden kısaltmalar denizinde yüzerken buluyordum. George Kistiakowsky'nin Killian'dan devralmış olduğu Başkanlık Bilimsel Danışma Heyeti PSAC en üst düzeydeki bilimsel danışma kurumuydu ve George benim dönem dönem buraya katılmamdan memnunluk duyuyordu. İleri Araştırma Projeleri Ajansı ARPA, ileri teknolojiyi ve uzay çalışmalarını geliştirmek için çabalıyordu ve doğrudan savunma sekreterine bağlıydı (ajansın o dönemki başkanı, General Electric'in buzdolabı bölümünün eski başkanıydı ve teknik bir kişi değildi).

Kâr amacı gütmeyen ve kamu çıkarını gözeten bir yapı olarak kurulan IDA, işe aldığı bilimcileri Pentagon'a yerleştiriyor, ARPA için teknik kararlar veriyor ve bunları ARPA'da görev yapan az sayıdaki hükümet yetkilisine aktarıyordu.

Bu ajanslar teknolojik başarıya büyük önem veriyordu. Washington'a gelişimden kısa bir süre sonra Birleşik Devletler uzaya bir uydu göndermiş ve Asya üzerinde uçan bu uydu birkaç dakikalığına Başkan Dwight D. Eisenhower'ın bir mesajını dünyaya yayımlamıştı. Bu olay ARPA tarafından Amerika'nın *Sputnik*'e eşdeğer olan teknolojisinin bir gösterisi olarak planlanmıştı. Ajanstaki herkes cihazın çalışmasıyla büyük bir mutluluk yaşamıştı. O kısa süre boyunca dünyanın ne kadarının roketin yayını için ayar yaptığı ve Eisenhower'ın sesini duyduğu ve bunun nasıl bir fayda sağladığı tartışılır; ancak bu olay, o dönemdeki gergin ve kaygılı havanın iyi bir göstergesidir.

Silahlı Kuvvetler adına IDA yapısı içerisinde oluşturulan önemli bir diğer grup Silah Sistemleri Değerlendirme Grubu'ydu (WSEG). Grubun üyeleri Pentagon'un merkezinde görev yapıyor, hangi yeni silahların ve taktiklerin ortaya çıkacağı ve bunların performansının ne olacağına dair danışmanlık yapıyordu. Silahlı Kuvvetlerin destek istediği bir sürü konu vardı. Bunların arasında uzay teknolojileri, denizaltı tespiti, yeni malzemeler ve radarlarla ilgili yeni uygulamalar bulunuyordu. Ek olarak generaller ve amiraller sanayi kuruluşlarının, hakkında pek az kişinin bilgi sahibi olduğu yeni teknolojiler kullanan silah sistemleri için verdiği teklifleri değerlendirecek, bağımsız uzmanların yardımını istiyordu.

O dönem yaşanan işbirliği bir miktar sıra dışıydı. İyi bir teknik danışmanlığın en etkili olduğu durum, yeni bir teknik problemin ortaya çıktığı ve yeni bir hükümet yetkilisinin göreve başladığı durumdur. Zaman geçtikçe organizasyonların liderleri kendilerinden çok emin hale gelirler ve dışarıdan birilerini dinlemek konusunda giderek daha az istekli olurlar. Yapılan planlar ve üretilen fikirler oldukları yerde kalır. Bu tür güven ve güvensizlik döngüleri son derece anlaşılabilir şeylerdir ve ben bu tür döngü süreçlerini defalarca yaşadım.

Yeni bir başlangıç yapıldığında yaşanan açıklık dönemi-

nin çarpıcı bir örneği, yeni seçilmiş olan Başkan Richard M. Nixon'a bağlı olacak ve uzay çalışmaları planları için toplanacak bir heyete başkanlık yapmam istendiğinde yaşandı. Nixon tüm heyet üyeleriyle bir araya geldiğinde ortaya çıktı ki, üyeler arasında Cumhuriyetçilerden daha fazla sayıda Demokrat vardı. Başkan Nixon da, başkanlık görevini sürdüreceği dönem boyunca işte böyle bir açıklık ve etkileşim olmasını istediğini söyledi.

Açıklıktan uzaklaşarak her şeyi kontrol altına alma arzusuna doğru değişimin örneği de Washington'da bulunduğum dönemin sonlarında yaşandı. IDA danışmanlarının oluşturduğu Silah Sistemleri Değerlendirme Grubu'nun bir toplantısındayken masanın başında oturan general bana toplantıyı terk etmem gerektiğini söyledi. Grubun üyeleri IDA tarafından –yani aslında benim tarafımdan– güvenlik incelemesinden geçirilmekte, işe alınmakta ve maaşları ödenmekteyken, grubun resmi başkanı oydu ve bana oraya ait olmadığımı söylüyordu. Böylece, IDA'nın başkan yardımcısı ve hesapta bu bilimcilerin amirliğini yapan ben, kapıları yüzüme kapanmış buldum. Zaten Washington'da kalmaya pek de hevesli değildim ve generalin isteklerini kabul edecek bir yapım da yoktu. Pentagon yetkilerine doğrudan bir itirazda bulundum. Onlara "Bu insanları yönetmem isteniyorsa, bunu, toplantılarını takip etmeden nasıl yapacağım? Bu şartlar altında nasıl verimli çalışabilirim?" dedim.

Başlangıçta işler istediğim gibi yola girdi, ancak bazı ordu personeli baskı yapmayı sürdürdü ve biz de sonunda IDA'nın Silah Sistemleri Değerlendirme Grubu'nu kapatmaya karar verdik. Generaller bilimsel danışmanlık istiyordu ancak bilimcileri doğrudan bir kadroya geçirerek onları komutaları altına almak ve böylece kendi fikirlerini daha baskın kılmak istiyorlardı. Bu doğal bir davranıştı ve IDA'nın teknik danışmanlık sağlama hizmetlerinin büyük çoğunluğunun başına gelen de bu olmuştu. Giderek daha fazla sayıda bilimci Pentagon tarafından işe alındı ve sonunda büyük patron, dışarıdan uzmanlara ihtiyaçları olmadığına karar verdi. IDA günümüzde hâlâ etkili ve faydalıdır; ancak giderek Washington'daki pek çok düşünce kuruluşlarından biri ha-

line indirgenmiştir.

Bu yıllar boyunca IDA'nın en önemli ve uzun soluklu katkısı belki de temeli 1960'ta atılan Jason adı verilen kuruluştur. Günümüzde bu kuruluşun en öncelikli işlevi, düzenli bir şekilde her yaz San Diego'da ve birkaç yılda bir de Washington'da akademisyenlerin geniş katılımıyla ve sanayiden birkaç temsilciyle toplantılar düzenlemektir. Bu toplantıların konu başlıkları arasında, bazıları son derece gizli olan askerî sistemler, istihbarat toplama cihazları, silahların kontrolü, nükleer enerji, atmosfer kirliliği ve sera etkisi, uzay programı, kimyasal ve biyolojik silahların kontrolü ve diplomatik konuların teknolojik yönleri bulunur. Hükümetlere bilimsel danışmanlık konusunda Jasonların çok özel ve etkili bir yeri vardır. Çekirdek kadroda, halkla ilişkiler konusunda katkıda bulunmak isteyen üstün nitelikli akademik bilimciler bulunur ve bunlar, bilim ve teknolojiyle ilgili ulusal konuların tarafsız bir şekilde değerlendirilebilmesi için büyük çaba gösterirler. Jason kurulduğunda genç seçkin bilimcilerden oluşuyordu ancak geçen zamanla ve yeni atanan üyelerle beraber artık kuruluş geniş bir yaş çeşitliliğine sahip.

Jason fikrini sıfırdan keşfetmemiştik. IDA'ya katılmamdan birkaç yıl önce, bir grup genç ve başarılı bilimci her yaz Los Alamos Ulusal Laboratuvarları'nda buluşup askerî problemlerle ilgili fikir alış verişinde bulunmayı adet edinmişti. Bundan bağımsız bir şekilde, ancak benzer bir yaklaşım içerisinde Princeton'dan John Wheeler, Eugene Wigner ve Oscar Morgenstern 1958 yılında "Proje 137"yi düzenlemiş ve bir grup akademisyenin hükümetin ilgilendiği konular hakkında bilgi edinmesini sağlamıştı. Los Alamos'taki bu buluşmanın, genellikle ailelerini de yanlarında getiren katılımcılar için bir tür çalışmalı-tatil imkânı vermesi cazip olmuştu. Los Alamos, katılımcılara ücret ödemiş, onlar da hükümet, askerî ve ulusal güvenlik konularında etkileri olabilecek bilimsel ve teknik konularda tartışmışlardı. Bu grubun düzenli katılımcıları arasında Caltech'ten Murray Gell-Mann, California Üniversitesi Berkeley Kampüsü'nden Ken Watson, Princeton'dan Marvin (Murph) Goldberger ve California Üniversitesi San Diego Kampüsü'nden Keith Brueckner vardı.

Bu gruptan 1960 yılında, Batı Sahili'nde yaşayan genç bir matematikçi olan Marvin Stern aracılığıyla haberdar oldum. Stern bana grup üyelerinin, bu tür işleri daha ileri bir seviyede yapmalarına olanak verecek bir şirket kurma ve böylece Los Alamos, Atom Enerjisi Komisyonu veya sanayi kuruluşlarına muhtaç kalmadan, işleri kendileri idare etmeyi planladıklarını söylemişti. Bu bana kamu çıkarını gözeten ve kâr amacı gütmeyen bir yaklaşım içerisinde IDA'nın uygulayabileceği mükemmel bir fikir gibi görünmüştü. Los Alamos faaliyetleri, tam da benim hükümete danışmanlık yapma sürecine dahil olmasını arzuladığım, birinci sınıf genç bilimcilerin ilgisini çekmişti. Hükümetin II. Dünya Savaşı'ndan beri görev verdiği eski kuşak bilimciler sahneden çekildiğinde konulara aşina, hükümet birimlerinde görev almaya hazır, ancak akademik pozisyonları sayesinde bağımsızlıklarını koruyan başka bir grup bilimcinin bulunması hayati önem taşıyacaktı. Bu fikri Garrison Norton'a açtım. Hemen ikna oldu. Ardından beraberce Savunma Sekreteri Thomas S. Gates'i görmeye gittik, o da görüşlerimize katıldı.

Los Alamos toplantılarına ek olarak, zaman zaman belli başlı bazı konuları görüşmek amacıyla yaz aylarında oluşturulan çalışma grupları bulunuyordu. Bu tür çalışma grupları Jason için örnek olmuştu. Bunların ilki olasılıkla, MIT'den Jerrold Zacharias'ın düzenlediği ve özellikle denizaltı tespiti konusunu incelemek için tertiplenen gruptu. Jasonlardan* önce, kalıcı ve sürekli bir şekilde hükümetin ilgilendiği geniş yelpazeli konulara aşina olan, bununla beraber hükümet ödeneklerine önemli ölçüde ihtiyaç duymayarak tam anlamıyla bağımsız kalabilen akademisyen grupları olmamıştı.

Grup üyelerinin güvenlik soruşturması onaylarının alınması büyük bir sorundu. Doğal olarak Silahlı Kuvvetler bilgilere erişim konusunda bir sürü kısıtlama koyar. Projeleri parçalara bölerek insanların, işlerini yapmaları için ihtiyaç duyduklarından daha fazla bilgi edinmesini engellemeye çalışır. Jasonlar ise, doğal olarak, geniş kapsamlı sorularla ilgilenir. Bu sorulardan bazılarının, her biri diğerinden yalıtılmış

* "Jason" kuruluşu üyelerine "Jasonlar" adı verilir. [—*çev. notu.*]

farklı programlara ilişkin olması olasıdır. Güvenlik onaylarını alıp işleri yoluna koymamız biraz vakit almıştı. Ancak sonunda iyi bir bilimsel danışmanlığa duyulan ihtiyaç, bize neredeyse her şeye ulaşmamızın yolunu açan bir düzenleme yapma imkânı vermişti.

Pentagon'un yöneticilerine çabalarımızın temel felsefesini açıkladığımızda bireysel güvenlik onaylarının büyük çoğunluğu otomatik olarak gelmişti, ancak bazı istisnalar da vardı. Örneğin askerî yöneticilerin Murray Gell-Mann'a onay vermesi epey bir süre aldı. Kendisi oldukça açık sözlü bir insandı (hâlâ da öyledir) ve saçma bulduğu düşünceleri, parmakla göstermekten hiç çekinmezdi. Pek çok akademisyen gibi o da, hükümet hakkında her zaman saygı dolu fikirler beslemezdi. Pentagon'daki bazıları, bir kimsenin hem iyi ve güvenilir bir yurttaş olabileceği hem de yürürlükteki uygulamalara karşı bu denli sert eleştiriler yapabileceği fikrini kabul etmede zorlandı. Bu insanların yargıları genellikle siyah-beyaz şeklindeydi. Onlara göre bazı Jasonlar fazlaca sorumsuz ve sol fikirlere karşı hoşgörülü akademik liberallerdi.

Jason yapısını, ilk yöneticisinin Goldberger olduğu bir yönlendirici heyeti de içerecek şekilde oluşturduk. Gruba biraz daha itibar kazandırmak ve deneyim aktarabilmek için dört kıdemli danışmanı da bu heyete aldık. Bunlar Princeton'dan John Wheeler ve Eugene Wigner, California Üniversitesi'nden Edward Teller ve Cornell'den Hans Bethe'ydi. Teller muhafazakâr kanadı temsil ederken Bethe ise daha liberal olarak biliniyordu. Kasıtlı olarak farklı görüşlerin oluşturduğu bir spektrum elde etmeye çalışmıştım. Bu kıdemli danışmanlar yirmi kadar üyeyle düzenli olarak toplanacak ve akademik hayatı bırakmadan hükümetin ilgi alanları üzerinde çalışacaklardı. Günümüzde kıdemli danışmanlar gruptan çıkarılmış olmakla beraber, kuruluşun ana prensibi o günden beri iyi işlemektedir. Üyeler çeşitli konularda toplanarak bilgi almakta, kendi aralarında olasılıkları değerlendirmekte, eğer ilgilerini çekerse bunlar üzerinde kendi başlarına çalışmaya devam etmekte ve her yaz daha odaklı ve ayrıntılı çalışmalar yapmaktadırlar. Ayrıca tatmin edici bir danışmanlık ücreti de almaktadırlar.

1960 yazında Berkeley'de düzenlenen ilk toplantıyla Jasonlar faaliyetlerine başladı. Sonraları bu yaz toplantıları San Diego'da düzenlenir oldu ve hâlâ bu şekilde sürmektedir. Başlarda IDA yönetimini temsilen bu toplantılara katılıyordum, sonraları ise Jason grubunun normal bir üyesi oldum. Toplantılar için gerekli idari düzenlemelerin ve ayarlamaların yapılmasında önceleri IDA yardım ederdi. Birkaç yıl sonra MITRE adında kâr amacı gütmeyen bir kuruluş, Jason'ın idari fonksiyonlarını devraldı.

Jason etkileyici bir biçimde bağımsızlığını ve aktif rolünü sürdürdü. En baştan umulduğu şekilde Jasonlar başka görevlere geçtiler: Bazıları Başkanlık Bilimsel Danışma Heyeti PSAC'da ve NASA, CIA, Kongre ile çeşitli silah denetim faaliyetlerinin danışma kurumlarında hizmet verdi. Jason Grubu bağımsızlığını halen sürdürmekte. Bunun bir örneği olarak üyelerimizden Dick Garwin'in son yıllarda hükümet politikaları hakkında ve istikrarı bozucu veya israf olarak değerlendirdiği bazı silah harcamaları hakkında yaptığı sert açıklamaları vermek mümkün. Sık sık yaptığı sert dilli kamuoyu açıklamaları onu askerî çevrelerde pek gözde bir danışman yapmıyor, fakat o bir Jason üyesi, çok bilgili ve pek çok konuda etkin. Yaptığı önemli katkılar yakın zamanda takdir edilerek kendisine CIA'in R. V. Jones istihbarat ödülü verildi.

Bir dönem ARPA'nın başkanı (ya da sonraki adıyla DARPA yani Savunma İleri Araştırma Projeleri Ajansı) Jasonları hükümetin kontrolü altına doğru itmeye çalıştı. Onların yalnızca DARPA'nın belirlediği konular üzerinde çalışmasını istemiş aksi takdirde ödeneklerini keseceğini söylemişti. Jasonlarla beraber uzun yıllardır çalışmakta olan pek çok kişiyi de yanıma alarak Savunma Müsteşarı Don Atwood'la görüşmeye gittim. Kendisini General Motors'da çalıştığı dönemden tanıyor ve takdir ediyordum. Görüşmemizin ardından bu talihsiz girişimi durdurmayı başarmış olduğu anlaşılıyor.

Jasonlar, fikir ve analiz konusunda önemli katkılarda bulundu. Bugün çok iyi bir itibara sahipler ve yaygın olarak tanınıyorlar. Üstelik çok sayıda dostları var. Bu nedenle onların özgür çalışma ufkunu ve tarafsızlığını kısıtlamayı tercih

edebilecek hükümet yetkililerine karşı oldukça iyi korunuyor gibi görünüyorlar.

Hem etik hem de teknik problemler içeren Vietnam Savaşı kaçınılmaz olarak Jasonlar üzerinde de etkili oldu. Jason grubunun önerilerinden biri "McNamara Duvarı" adıyla anılmaya başlanmıştı. Bu sistem, sızmaları ve Komünist güçlerin Kuzey Vietnam'dan ikmal sağlamasını engelleyecek biçimde Güney Vietnam'ın sınırlarını kapatacak algılayıcılar ve ilgili cihazlardan oluşan bir ağ olarak öngörülmüştü. Bu fikir ileri teknolojileri seven Savunma Sekreteri Robert McNamara'ya oldukça cazip gelmişti. Jasonların planını şevkle onayladı ve bu nedenle proje halkın zihninde onunla ilişkilendirilerek yer etti.

Jasonlar hep birden Birleşik Devletler'in Vietnam politikalarına sıcak bakıyor değildi. Modern elektronik cihazları kullanarak sınırların kontrolüne destek olmak, böylece kullanılan bomba ve füze sayısını azaltmak ve savaşın şiddetini düşürmek gibi fikirler hoşlarına gitmiş olabilir. O dönemde henüz resmen Jason olmamakla beraber George Kistiakowsky projeye katıldı ve sonunda Savunma Departmanı'nın, çoğunluğunu Jasonların oluşturduğu McNamara Duvarı heyetinin başına geçti. Kistiakowsky, kaba kuvvete iyi bir alternatif olarak gördüğü Duvar'a destek verdi. Elbette Duvar bir tür savaş sistemi olarak işlev görecekti. Sistemin algılayıcıları Komünist kuvvetlerin önemli bir hareketini tespit ettiğinde, sınırdan sızmayı durdurmak amacıyla bir topçu, hava kuvvetleri veya kara kuvvetleri saldırısı düzenlenecekti. Öngörü, Güney Vietnam'da bulunan Kuzey Vietnam askerlerine ve Viet Cong'a gönderilen ikmali tespit etmede elektronik cihazların faydalı olacağı ve sistemin bu olayı önemli ölçüde engelleyerek her iki taraftan da can kaybını azaltacağı şeklindeydi.

Silahlı Kuvvetlerin üst düzey kadrolarındaki bazı komutanlar McNamara Duvarı konusunda hevesli değildi. Belki de onlara göre Duvar bir grup entelin işe yaramaz bir ürünüydü ve grubun başını da McNamara enteli çekiyordu. Onların şüpheciliği projeyi büyük ölçekli olarak deneme çabalarını baltalamıştı.

O dönemlerde ben artık IDA'dan ayrılmış ve MIT'ye rektör yardımcısı olarak geçmiş bulunuyordum. Duvar fik-

rinin geliştirilmesine katkıda bulunmamış olmakla beraber, projeyle ilgili tartışmalar zirveye çıkarken Jasonlarla tekrar bağlantıya geçmiştim. Sorun olan şey yalnızca Duvar değildi. Hükümete ve askerî operasyonlara muhalefet eden dostlarımız ve meslektaşlarımız, Jasonları ateş altına almışlardı. Jasonların bir çoğu, Vietnam'daki savaşı destekler gibi görünen her şeye karşı düşmanca tavır takınan öğrencilerin ve akademisyenlerin bulunduğu üniversitelerde çalışıyordu. Aralarında Columbia'dan Henry Foley'in de bulunduğu bazı Jason üyesi dostlarım, kampüslerde kendilerini tehdit altında hissediyor, aileleri ve ofisleri için kaygı duyuyorlardı. Bir süredir bu duruma katlanıyorlardı. Ancak benim tekrar bağlantıya geçtiğim dönemde artık bu grubu dağıtmanın zamanı geldiği şeklinde düşünceler oluşuyordu.

Problem yalnızca Jasonların baskılara dayanamaması değildi. Pek çok üyemiz, hükümetin Vietnam'da çökmeye yüz tutan çabalarına destek olacak tavsiyeler verme konusunda etik olarak içten bir rahatsızlık duyuyordu. Bu durumu anlıyordum. Bu savaşın üzüntü verici bir hata olduğu fikrine ben de kesinlikle katılıyordum. Ancak hem Birleşik Devletler'e hem de Vietnam'a büyük zararlar veren bu olaylar dizisine bir çözüm bulmak için çalışmamız gerektiğini düşünüyordum.

Birgün, Jasonların çoğunun katıldığı bir toplantıda bir masa etrafında oturmuş artık paydos demenin zamanının gelip gelmediğini tartışıyorduk. Oldukça gergin bir hava vardı. Şöyle dediğimi hatırlıyorum: "Hepinizin bildiği gibi orada pek çok Amerikalı, tıpkı Vietnamlılar gibi mücadele içerisinde. Hayatları tehlikede ve çevremiz ne düşünürse düşünsün onlara yardımcı olmaya çalışmamız gerektiğine inanıyorum. Onların hayatları tehlikede ve benim tehlikeye attığım şey sadece zamanım, arkadaşlarım ve itibarım. Ben bu riski almaya razıyım."

Üyelerin bir kısmı ayrıldı, ancak çoğunluk yola devam etti. Hükümete danışmanlık sağlamaktan vazgeçenlerin arasında Kistiakowski de vardı. Bence sonuç olarak bazılarının ayrılması, çoğunluğun ise kalarak en iyi tavsiyeleri vermeye çalışması iyi olmuştu. George istifasını kamuoyuna geniş bir

şekilde duyurmuş ve bir daha asla Silahlı Kuvvetlerle ilgili herhangi bir şey yapmayacağını söylemişti. Kendisine büyük saygı duyuyordum. Toplum önünde yapılan bu tür çıkışlar belki de Amerikan halkının savaşla ilgili düşüncelerinin değişmesinde faydalı olmuştu. Ancak hepimizin birden istifa etmesi çok kötü olurdu.

Kistiakowski'nin istifasının ardından McNamara Duvarı heyetinin başına geçmem önerildi. Bu konuda fikrine başvurduğum kişilerden biri Kistiakowski'nin kendisiydi. Bunu kabul etmem gerektiğini düşünüyordu ve her ne kadar kamuoyu önünde protestoda bulunması gerektiğini hissetmişse de, bu heyete ihtiyaç bulunduğunu söylüyordu. O sıralarda Paul Nitze Savunma Müsteşarıydı ve tavsiyelerini almak için onunla da görüştüm. Ona şöyle dedim "Bakın, ülkemizin yaptığı şeyi desteklemiyorum. Ölümlere bir sınır getirmek ve savaşı bitirmek için bir yol bulmalıyız. Kesinlikle yapmamamız gereken şey, Kuzey Vietnam'ı ağır bombardıman altına alarak savaşı tırmandırmak." Nitze temelde bu fikrime katıldığını ancak kayıtlara geçecek şekilde Başkan'ın politikalarına muhalefet eden beyanatlar veremeyeceğini söyledi. Ona, kendi hedefinin özünde benimkiyle aynı olduğu sürece heyette görev yapacağımı söyledim.

Nitze'e Savunma Sekreteri Clark Clifford'la görüşüp görüşemeyeceğimi sordum. Cevabı Kuzey Vietnam'ın bombalanması konusunda Clifford'un hiç kimseyle görüşmediği oldu. Ancak Clifford'un da benzer bir eğilim içerisinde olduğunu ima etti. Gerçekten de çok geçmeden Başkan Johnson'un emriyle bombardıman durdu ve inanıyorum ki bu olayda Clifford etkili olmuştu.

Yapabileceğim en iyi şeyin içeriden danışmanlık vermek olduğunu düşündüysem de bu hizmetin bazı sınırları vardı. Ben de McNamara Duvarı Heyeti'nde uzun süre kalmadım. Heyetle iki kez toplandık. Jack Lavelle isminde bir Hava Kuvvetleri generali Pentagon'un irtibat görevlisi olarak bulunuyordu. McNamara ne isterse istesin bu generalin Jasonların önerdiği şekliyle Duvar'a karşı olduğu açıktı.

General Lavelle, Jasonların tasarladığı teknolojileri kullanmak istiyordu; ancak bunları, sınırların güvenlik altına

alınması amacıyla istemiyordu. Bu durum karşısında projeyi yürürlüğe koymanın herhangi bir olanağı yoktu, ben de bu nedenle istifa ettim. Heyet dağıldı. Anlaşılan o ki adı geçen general sabit fikirliydi ve emirlere uyma konusunda da sıkıntıları vardı. Birkaç ay sonra, Johnson'ın durmasını emretmesinin ardından, Kuzey Vietnam'a bir bombardıman saldırısı düzenlemek ve buna önderlik etmek suçuyla askerî mahkemeye verildi.

İlginçtir Silahlı Kuvvetler, McNamara Duvarı algılayıcılarını gerçekten de verimli bir şekilde kullandı. 1968 başlarında Tet harekatı sırasında 6.000 kadar Birleşik Devletler deniz piyadesi Khe Sanh'da kuşatılmıştı. Kuzey Vietnam birimleri çevrelerini tümüyle sarmıştı. Gazeteler durumu potansiyel olarak Dien Bien Phu'nun bir tekrarı şeklinde yorumluyordu. 1950'lerin sonlarında yaşanan o olayda, uzun bir kuşatma sonunda Fransız kuvvetleri yenik düşmüş ve bu durum Fransa'nın Güneydoğu Asya'daki kolonisi Fransız Hindiçini'nden derhal çekilmesine yol açmıştı. Khe Sanh'da bir katliam yaşanması ihtimali vardı, ancak Amerikan kuvvetleri hayatta kaldı. Bir jeolog olan ve Vietnam'da Silahlı



Resim 9: 1966 yılında Başkanlık Bilimsel Danışma Heyeti (PSAC) Başkan Lyndon B. Johnson ile Beyaz Saray'daki kabine odasında toplantı halinde. Johnson üst sıranın ortasında görünüyor ve biraz önce bir espri yapmış. Solundakiler Herbert York, Charles Townes ve Lewis Branscomb. Sağındakiler George Pake, Philip Handler ve Sidney Drell.

Kuvvetler için danışmanlık yapan David Griggs bana, kendisinin önerisi üzerine Hava Kuvvetlerinin garnizon etrafına Jason tasarımı olan algılayıcılardan çok miktarda serptiğini söyledi. Bunlar Kuzey Vietnam hareketleri hakkında o kadar kesin bilgiler vermişti ki Amerikan topçusu, bu kuvvetlerin toplanma çabalarını engelleyebilmiş ve sonunda düşman saldırıdan vazgeçmişti.

Bir keresinde Vietnam Savaşı'yla ilgili olarak en üst düzey bilim danışmanı olmam önerilmişti. Bu, ailemle birlikte ana karargâhın bulunduğu Hawaii'ye taşınmam ve hükümetin savaş meraklısı politikalarına karşı açıkça muhalefet edemeyeceğim bir pozisyona geçmem demek olacaktı. Böyle bir şey söz konusu olamazdı. Yardım etmek istiyordum, ama hükümete yaptıklarında destek olmak ya da onlar için sözcülük etmek istemiyordum. Daha düşük pozisyondaki bağımsız bir danışman olarak, her hangi bir şeyi onaylamadığım zaman bunu ve sebebini istediğim kişiye söylemekte özgürdüm. Eğer bu işlerine gelmezse, hiç dert etmeden ilişkimi kesip araştırmalarıma daha fazla zaman ayırabilirdim. Hükümetin temelden karşı olduğum bazı uygulamalarını zaman zaman savunmak durumunda kalacağım bir liderlik pozisyonunu kabul etmem olanaksızdı.

Jasonlarla olan bağlantım yaygın bir şekilde biliniyordu. Bu durum o dönemde bazı tatsız olayların yaşanmasına sebep oldu. McNamara Duvarı'yla ilgili şeylerden kısa bir süre sonra uluslararası bilimsel bir toplantı için İtalya'da bulunuyordum. Avrupa'daki eylemciler, Jasonları militarizmle ve dünyada yanlış olduğunu düşündükleri pek çok şeyle ilişkilendirmişti. Hem üstün bir bilimci hem de iyi bir dost olarak değerlendirdiğim Hollandalı fizikçi Hendrik Casimir toplantının başkanlığını yapıyordu ve bilimsel oturumlardan birine öğrencilerin girmesine müsaade etmişti. Onlar da Jasonları ve doğrudan bir imayla beni ağır şekilde kınamıştı. Bilimsel bir toplantı yapılıyor olmasına rağmen öğrencilerin politik bir nutuk çekebilmeleri için içeriye girilmesine izin verilmişti. Elimi kaldırarak yorum yapmak ve cevap vermek için izin istedim; fakat başkan konuşmama müsaade etmedi. Liberal

görüşleriyle tanınan ve artık Jasonlarla doğrudan bir bağlantısı bulunmayan Hans Bethe'nin dişe dokunur birkaç kelam etmesine izin verildi; özetle bu olay bir tür siyasi tuzaktı.

Bu durumun kesinlikle kabul edilemez olduğunu düşünmüştüm. Eve döndüğümde Casimir'e bir protesto mektubu yazarak, siyasi amaçlı grupların toplantılara girmesine ve özellikle de kendilerini savunmalarına fırsat tanınmadan bilimcileri kınamasına izin vermenin uluslararası bilimsel toplantıların sonunu getireceğini bildirdim. Mektubun kopyalarını toplantıyı düzenleyen diğer kişilere de gönderdim. Sonuçta bütünüyle özür dileyen cevaplar aldım, fakat bu olay, o günlerde insanların uluslararası politikalar hakkında ne kadar ateşli görüşler taşıdığını ve normalde makul olan insanların denetimlerini kaybederek yaptıkları şeylerin ne kadar yakışıksız olduğunu anlayamadıklarını gösteriyordu.

IDA'da çalıştığım yıllarda (1959-1961), Vietnam'la ilgili sorunların büyük çoğunluğu henüz ortaya çıkmamışken, nükleer silahsızlanmanın çok özenli bir yaklaşım gerektirdiği anlaşıldı. Konular hem teknik hem de politik olarak karmaşıktı. Kısmen bu nedenle IDA içerisinde, aslen uluslararası siyasi ilişkiler üzerine çalışacak olan bir bölüm oluşturduk. Bazı Amerikalılar normal hükümet kanalları dışına çıkarak Sovyetler'le buluşuyor, nükleer problemleri ve ilgili konuları görüşüyordu. Bu görüşmelere dahil olmak istemiştim. IDA'da çalışmaktayken Sovyetler Birliği'nde düzenlenecek olan Pugwash toplantılarının ilkine katılmayı planlıyordum. Nükleer sorunlarla ilgili konuların görüşülmesini amaçlayan Pugwash toplantılarına, büyük ölçüde Bertrand Russell önayak olmuştu ve bu grubun tam o sıralar Moskova'da toplanması iyi olacak gibi görünüyordu. Bertrand Russell Birleşik Devletler hükümet çevrelerinde elbette pek sevilmiyordu ve benim toplantıya katılma niyetime dair haberler Pentagon'a hızlıca ulaşmıştı. Çok geçmeden, IDA'nın başkan yardımcısının bir tür pasifist gibi görüneceği böyle bir toplantıya katılmasının iyi olmayacağına dair dedikoduların döndüğü kulağıma geldi. Bu konuyla ilgili olarak Garry Norton'la görüştüm ve bu tür siyasi bakımdan hassas konulardaki toplantılara IDA'dan ayrılıncaya kadar katılmamamın daha yerinde ola-

cağına karar verdik.

Eylül 1961 başlarında IDA'dan ayrılmamdan hemen sonra, Ulusal Bilimler Akademisi ile Amerikan Sanat ve Bilimler Akademisi'nin ortaklaşa sponsorluğunda Stowe, Vermont'ta düzenlenen Pugwash toplantısına katıldım. Toplantıya katılan Amerikalıların arasında Jerome Wiesner, Eugene Rabinovitch, Bentley Glass, I. I. Rabi, Bernard Feld, Robert Frost, Paul Doty ve daha pek çokları vardı. Bu sağlam ve büyük oranda liberal bir gruptu. Sovyetler de aralarında Nikolai Bogoliubov, Lev Artsimovich ve Igor Tamm'ın da bulunduğu en üst düzeydeki bilimcilerini göndermişlerdi. Bu konuk bilimciler toplantı sırasında çok can sıkıcı bir çıkmazla karşılaşacaklardı.

Toplantıdan önceki birkaç ay boyunca Kremlin Birleşik Devletler'i, nükleer silahların atmosfer testlerini sürdürdüğü için kınamış ve kendisi bu tür testleri erteleme kararı ilan etmişti. Sovyet delegasyonu da toplantıya, bu testler nedeniyle Birleşik Devletler'i azarlayan konuşmalar hazırlayarak gelmişlerdi. Ancak toplantıdan hemen önce Sovyetler, atmosferde muazzam bir nükleer patlama gerçekleştirmişti. 25 megatonluk muazzam gücüyle bu patlama, gerçekleştirilen en büyük patlamaydı. Rus delegeleri böyle bir şeyin olacağından haberdar değillerdi ve şimdi ne yapmaları gerektiğini bilemiyorlardı. Toplantıların ilk akşamı otel girişinin yanındaki verandada otururken, birkaç dakikada bir, Rusların ikili ya da üçerli gruplar halinde ne söylemeleri gerektiğini tartışmak için yakındaki koruluğa doğru yürüdüklerini görmüştüm. Tüm mikrofonlardan uzakta hep beraberce tavırlarının ne olması gerektiği üzerine görüşmüşlerdi. Hükümetlerine ulaşma imkânları pek yoktu ve burada tek başlarına kalmışlardı. Bu zor durumdan kurtulmak için en saygın bilimcilerden biri olan kimyager Mikhail Mikhailovich Dubinin'e Birleşik Devletler hakkında uzun ve sert bir konuşma yaptırarak, konuyu savuşturmaya çalışmak gibi bir kurnazlığa başvurdular. Ne var ki bu manevraları pek işe yaramadı. Konuşması sırasında ve sonrasında bana öyle geldi ki Dubinin, Birleşik Devletler hakkında böyle acayip şeyler söylüyor olmak nedeniyle kendisini kötü hissetmişti. Onun adına ben de üzüntü duydum.

Sonraki yıl Kraliyet Topluluğu tarafından desteklenen Pushwag toplantısı çok daha iyi bir katılımla Cambridge, İngiltere'de gerçekleştirildi. Bu toplantıda, gerçekte uzay programlarını yürüten güçlü fakat gizli bir kuruluş için paravan olarak kullanılan, Sovyet Uzay Keşif ve Kullanım Heyeti'nin başkanı Anatoly Blagonravov'la benim beraberce, uzayın herkese açık olması ve uzay araçlarına saldırıların yasaklanması konusunda görüşmelerin yapılması için girişimde bulunma imkânımız oldu. Kendisi kibar ve yaşlı bir topçu generaliydi. Roketlerle ilgili deneyimi sebebiyle uzay heyetinin başına geçmişti. Yörüngede dolaşan uzay araçlarına saldırıların ve kitle imha silahlarının uzaya çıkarılmasının yasaklanmasının iyi bir fikir olduğu konusunda bana katılıyordu. Bu gayri resmi bir görüşme olmakla beraber bu konuda vardığımız uzlaşmayı elbette hükümetimize rapor ettim. Hiç şüphem yok ki o da bu toplantımızı Moskova'daki yetkililerle beraber değerlendirdi. Bir yıl geçmeden Birleşik Devletler ve SSCB resmi bir anlaşma imzaladı. Bu hayırlı anlaşma, iki ülke üzerinde uydu aracılığıyla düzenli gözlemlerin yapılmasına ve SSCB'nde olan bitenler hakkındaki bilgilerimizi önemli ölçüde artırmamıza olanak veriyor, böylece küresel istikrara büyük katkı sağlıyordu.

IDA'daki çalışma sürem sona erer ermez akademik hayata dönmek konusunda karar vermiştim. MIT Senatosu başkanı Jim Killian ve MIT rektörü Julius Stratton beni rektör yardımcısı olarak katılmak üzere MIT'ye davet ettiler. Okulda temel bilim çalışmalarına özellikle önem verilmesini istediklerini belirtiler. Üniversite bu alanda aslında iyiydi, ancak daha ziyade bir mühendislik merkezi olarak şöhret yapmıştı. Başka üniversitelerdeki idari pozisyonlar için de teklifler almıştım, ancak bunlar ya ilgimi çekmemişti ya da önerilen iş için uygun kişinin ben olduğuma dair özel bir sebep göremiştim. MIT ise farklıydı. Bir bilim ve mühendislik okulu olarak lider pozisyonlarda, teknik eğitim almış kişilere ihtiyaç duyuyordu. Ayrıca okulun bilimsel yönüne bir ivme kazandırmak kaçınılmaz olarak mühendislik ve sanayi yönüne de bir zindelik getirecekti. Bilimsel ve teknik bir geçmişe sahip bir yönetici arayan bu kuruma katılmamın

uygun olacağını düşünmüştüm. Bilimcilerin çoğu idari işler yapma konusunda hevesli değillerdir, ama benim yeni şeyler denemeye duyduğum değişmez merak, herhalde bu sefer de etkili olmuştu.

MIT'deki çalışmalarım genel olarak verimli oldu ve kurum çabalarıma karşı tepkisiz kalmadı. Ancak önemli olduğunu düşündüğüm bazı değişikliklerin, okulun sanayi ve mühendislik cephesinde pek de heyecan yaratmadığı, çok geçmeden açık bir şekilde anlaşıldı. Örneğin özel bir şirkette önemli bir görevde çalışmak ile MIT'de öğretim üyesi olmak arasında bir çizgi çizmek istedim. Ben Perkin Elmer şirketinin yönetim kurulunda bir pozisyon için teklif aldım ancak bunu kabul etmedim. Bir rektör yardımcısı üniversitedeki tüm araştırmalara gerekli ilgiyi göstermekle yükümlüydü ve eğer bu pozisyonu kabul etseydim tek bir sanayi uygulamasına dönük kayırmacılığın önünü açma olasılığı ortaya çıkabilirdi. Sonradan, sanayi kuruluşlarıyla bağlantısı olan bazı MIT çalışanlarının yaklaşımımdan rahatsız olduğunu duydum. Anlaşılan benim sanayiyle bağlantılı olmamı daha çok tercih ederlerdi. Tutunduğum tavırdan sanayiyle ilgilenmediğim hatta düşmanca bir yaklaşım içerisinde olduğum anlamını çıkarmışlardı. Görülen o ki, ben onların kültürüne yabancıydım.

Eskiden pek çoklarının yaptığı gibi hem tamzamanlı olarak öğretim üyeliği yapmanın hem de bir mühendislik veya bilim temelli çalışan firmalarda yöneticilik veya icra görevi almanın önüne geçecek bir kural önerisini gündeme getirdim. Bana göre böyle bir pozisyonda bulunan bir profesör, özel şirketinin kendi geleceği için daha önemli olduğunu düşünerek kaçınılmaz bir şekilde bu işe, akademik sorumluluklarından daha fazla enerji harcayacaktı. Doğru ve faydalı olan düzenlemenin; bir profesöre danışmanlık yapma veya şirket kurulunda bulunma izni vermesi, ama günlük olarak zaman ve enerji harcamasını gerektirecek icrayla ilgili pozisyonlarda bulunmasına izin vermemesi gerektiğini düşünüyordum. Bu konu akademik senatoda defalarca görüşüldü. Bazı mühendislerin itirazına sebep olmakla beraber sonunda bu uygulama benimsendi.

Bilimciler ile mühendislerin farklı ilgi alanları ulusal seviyede de açıkça görülüyordu. Başkan Kennedy, aralarında Alman göçmen Werner von Braun'un da bulunduğu çoğunluğu mühendislerden oluşan ekip tarafından geliştirilen cüretkâr Apollo (insanlı Ay yolculuğu) Programı'nı kamuoyuna duyurmuştu. Bilimciler ve bazı akademik mühendisler bu insanlı Ay görevine sıcak bakmıyordu. Bence problemin sebeplerinden biri Ay görevine karar verilirken bilimcilerin görüşünün alınmamış olmasıydı. Ayrıca yapılacak harcamalara oranla bu programın yeterli bilimsel değer taşımadığı ve bunun olasılıkla teknolojik bir hata olduğunu düşünüyorlardı. Bilimciler Ay'ın elbette çalışmaya değer bir konu olduğunu düşünüyor. Ama akademisyenlerin çoğu, birkaç otomatik sondanın insan olmadan aynı işi, insan taşıyan uzay gemilerine kıyasla çok daha ucuz bir şekilde yapabileceği düşüncesindeydi.

Sonunda bir bilimsel muhalefet infiali yaşandı. Bir fizikçi ve Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı direktörü olan Alvin Weinberg, kozmik ışınların Ay'a yapılacak olan yolculuk için çok büyük bir tehlike unsuru olduğuna dair bir makale yayımladı. Jim Killian, mühendislik yeteneklerimizi sömürerek başka pek bir şey yapmaya olanak bırakmadığı için Apollo Programı'nın ülke adına bir ekonomik felaket olduğunu söyledi. Benimle aynı yıl Bell Laboratuvarları'na girmiş ve artık o dönemde şirketin başkanlığını yapmakta olan Jim Fisk, Apollo Programı için öngörülen 25 milyar dolarlık maliyetin gerçek değerin çok altında kalacağını öne sürdü. Onun hesabına göre projenin maliyeti 100 milyar doları bulacak ve tamamlanması planlanan on yıllık süreden daha uzun sürecekti. İtirazlar böylece sürüp gitti.

1963 yılında birgün, Apollo Programı'nın başına yeni geçmiş olan George Mueller'le karşılaştım. Ona şöyle dedim: "Sana ve programa muhalefet eden bir sürü insan var. Yapman gereken şey bunlardan bazılarını bir araya getirerek seninle doğrudan görüşmelerini sağlamak. Gazetelere demeçler vereceklerine sana tavsiyede bulunmalarını sağla." Ona, itirazda bulunan kişilerin aslında parlak kişiler olduklarını ve itiraz ettikleri noktalarda ciddi olduklarını söyledim. Bütünüyle haklı olmayabilirlerdi, ancak dinlenmeleri gerekirdi.

Üst düzey teknik kişilerden bir danışma heyeti kurulmasını ve muhaliflerden bazılarına özellikle bu heyette yer verilmesini, böylece bu büyük ulusal proje için hem taraf hem de karşı olanların en iyi tavsiyelerinden fayda sağlanmasını önerdim.

Mueller, Ulusal Havacılık ve Uzay Ajansı'nın (NASA) başkanı olan James Webb'le görüşmüş ve bana telefon etmişti. "Jim bunun iyi bir fikir olduğunu düşünüyor" dedi ve devam etti: "Bu heyeti senin oluşturmanı ve heyete başkanlık yapmanı istiyoruz."

MIT'de işlerim yoğundu, ancak bunun önemli ve benzersiz bir program olduğunu düşünüyordum. Heyete olabildiğince çok farklı açıdan bakabilecek geniş bir yelpazeden insanlar almaya gayret ettim. Bunların arasında tıpçılar, mühendisler, astronomlar, jeologlar, fizikçiler ve kimyacılar ve ayrıca projeden şüphe eden kimseler vardı. Bu kişileri gruba davet ederken standart bir konuşma yapıyordum. Konuşmam aşağı yukarı şöyleydi: "Bu proje, Kennedy'nin ortaya attığı bir şey ve bunu sonuna kadar götürecek. Ulusumuz bu işe kendisini açık bir şekilde vakfetmiş durumda. Onlara fikir vermemiz ve ülkemizin gerçekçi davrandığından, bu işi iyi ve doğru bir şekilde yaptığından emin olmamız gerekir. Bu heyette yer almak ister misiniz?" Biri hariç herkes, Apollo Programı'nın yeni Bilim ve Teknoloji Danışma Heyeti'nde (STAC) görev almayı kabul etti. Bell Laboratuvarları'ndan tanıdığım ve çok başarılı bir elektrik mühendisi olan John Pierce hayır demişti. Bu önerimi zekice bir cevapla reddetmişti: "Her zaman, aslında yapmaya değmeyecek bir şeyi, iyi yapmaya gerek olmadığını düşünmüşümdür."

Heyetle beraber bir dizi düzenli toplantı yapmaya karar verdik. Katkı sağlayabilmeleri, aynı zamanda programın genelinden haberdar olabilmeleri ve kritik problemlerin farkına varabilmeleri için sanayiden ana yüklenicilerin üst düzey temsilcileri sık sık bu toplantılara davet edilirdi. George Mueller toplantılara her zaman katılır ve büyük ilgi gösterirdi. George bir de projede yer alan tüm firmaların üst düzey yöneticilerinden oluşan bir heyet oluşturmuştu. Onlardan birbirlerinin fabrikalarını ziyaret etmelerini, birbirlerine kendi şirketlerinin ne yapmakta olduğunu net bir şekilde açıkla-

malarını istemiş böylece hem rekabet hem de yurtsever takım çalışması duygusunu güçlendirmeye çalışmıştı. MIT'den Stark Draper, laboratuvarında Apollo Programı'nın ataletle yön bulma sisteminin geliştirilmesi için çalışan önemli bir gruba başkanlık ediyordu. Bu çalışmalar nedeniyle MIT'yi temsilen ben de bu yöneticiler heyetine davet edilmiştim.

Thomas Gold adında, genelde parlak ve hayal gücü oldukça kuvvetli olan bir astrofizikçi, hatıralarımızdan hiç çıkmayacak bir konuyu danışma heyetimizin gündemine getirmişti. Tommy, çok ciddi bir Ay tozu problemiyle karşı karşıya olduğumuzdan emindi. O ve o sıralarda birkaç kişi daha, milyarlarca yıl boyunca Ay yüzeyinde olağanüstü kalın ve yumuşak bir toz tabakasının oluştuğuna inanıyordu. Havanın ve rüzgarın olmadığı ancak morötesi ışımanın bulunduğu yüzeyde toz zerrecikleri iyonize olacak, etrafta sürüklenecek ve sonunda kesintisiz ancak dokunduğunda çökecek, kırılgan ve derin bir katman oluşturacaklardı. Gold son derece ikna edici bir tartışmacıydı. Bu toz tabakasının neden derin olması gerektiğine dair önemli miktarda sebep ileri sürmüş ve iniş yapan uzay aracının yüzlerce metre kalınlığındaki toz tabakası tarafından bütünüyle gözden yitinceye kadar yutuluşuna dair bir resim çizmişti. Bu, alarm çanlarının çalmasına sebep olacak bir düşünceydi. Heyette Apollo Programı'ndan zaten temel olarak şüphe duymakta olan bilimciler vardı ve bunlar Gold'un fikirlerine inanmaya hazırdı.

Bununla beraber, Gould'un Ay'ın tüm yüzeyini eşit bir şekilde kaplayan toz tabakası iddiasından şüphe etmeyi gerektirecek güçlü sebepler de vardı. Daha önce Ay'ın fotoğraflanması için düzenlenmiş olan *Ranger* görevinin başbilimcisi olan Hollanda doğumlu Gerard Kuiper'den heyetimize bir sunum yapmasını istedik. Kuiper, Ay yüzeyinin farklı bölgelerinde ölçtüğü morötesi yansımalar arasındaki büyük farklılıklara işaret etti. Bu durum, Ay yüzeyinin en üst katmanının bile bölgeden bölgeye farklılık gösterdiği anlamına geliyordu. Kuiper, Gold'un retorik maharetlerine sahip değildi ama heyetteki bir jeologun dediği gibi "tartışma yapma konusunda burada kimin daha becerikli olduğunu aklımızdan çıkarmamalı ve dikkatli olmalıydık." Lincoln Laboratuvarları, Ay'dan

yansıyan değişik radyo dalga boylarıyla ölçümler yapmıştı. Sonuçlar gösteriyordu ki yüzeyde küçük taşlardan büyük kayalara kadar değişen boyutlarda sert yapılar vardı. Bu kayaların bu zamana kadar herhangi bir toz tabakasının derinliklerine kadar batmadığı açıktı. Arecibo, Puerto Rico'da büyük antenlere sahip olan radyo astronomlarından ölçümler yapmaları istenmişti. Onların sonuçları da toz tabakasının yarım metreden daha derin olamayacağını gösteriyordu.

Gold, uzay aracının yutulmayla son bulacak olan Ay inişi senaryosuna ek olarak yine tozlarla ilgili başka bir Apollo-karşıtı sav ortaya attı. Söylediğine göre kendisi, bir kuramcı olarak, Dünya'da bizim alıştığımızdan çok farklı bir ortam olan Ay yüzeyinin nasıl davranması gerektiği üzerine ayrıntılı ve uzun uzun düşünmüştü. Apollo çalışmalarına karşı bu ikinci girişimini, 1968 yılında Başkanlık Bilimsel Danışma Heyeti'nin bir alt grubuna verilen bir sunumda yapmıştı. Sunumda şöyle yapılması gerektiğini duyurdu: Heyetin acilen Başkan'dan, NASA'nın Ay'a yalnızca tek bir görev planladığından emin olmasını istemesi gerekiyordu. Ona göre birden fazla görev, yapılacak masrafı ve tehlikeye atılacak hayatları bilimsel değer açısından haklı çıkarmayacaktı. Öne sürdüğü düşünceye göre; suyun bulunmadığı Ay ortamında statik elektrikle yüklenmiş olan Ay tozları, çok hızlı bir şekilde etrafta savrulacak ve Ay bunlarla eşit ve düzgün bir şekilde kaplanmış olacaktı. Ay yüzeyinde ikinci bir bölgeye yapılacak olan iniş, yeni bir bilgi vermeyecekti; çünkü Ay'ın bir yerini görmek her yerini görmek demekti. Grubun yönetimini sürdürmekte olan George Kistiakowski üyelerin görüşlerini sordu. Bir düzine kadar bilimcinin hepsi temel olarak ikinci bir Ay görevinin önüne geçmesi için, Başkan'ın kulağına fısıldamamız gerektiğine karar verdi. Bu toz problemiyle bir süredir ilgilendiğim için fikirlerimi söylemem gerektiğini düşündüm ve Ay yüzeyinin radar yansıtma bilgileriyle Kuiper'in morötesi (UV) ölçümleriyle ilgili değerlendirmeleri hatırlattım. Bu kanıtlar tozun Gold'un öne sürdürdüğü kadar çok olmadığını göstermekle kalmıyor aynı zamanda bölgeden bölgeye değişiklik göstererek Ay'da önemli miktarda jeolojik çeşitlilik olduğuna işaret ediyordu. Kistiakowski, bu konu üzerinde

önemli fikir ayrılıkları olduğunu ayırt edecek kadar yetkin bir kimseydi. "Belki de ilk iniş yapılana kadar beklesek daha iyi olacak" dedi. "Böylece Başkan'la görüşmeden önce Charlie'nin haklı olup olmadığını görmüş oluruz."

Genel olarak Apollo danışma heyetinin NASA'ya iyi bir hizmet verdiğini ve George Mueller'in idari olarak mükemmel bir iş çıkardığını düşünüyorum. Ay inişi elbette başarılı oldu. Takip eden Apollo görevlerinden bazıları birinci sınıf jeolojik incelemeler ve çeşitli konularda bilimsel çalışmalar gerçekleştirdi. Heyet üyelerinin önemli bir kısmı başlangıçta bu göreve şüpheyle yaklaşmışlardı, ancak programın ayrıntılarını inceledikçe ve karşılaşılan problemlerle getirilen çözümleri gördükçe, genel olarak bu çalışma hakkında olumlu düşünmeye başladılar. Mueller bize gerçekten güvendi, toplantılarımıza her zaman katıldı, söylediklerimizi can kulağıyla dinledi ve bunlara uygun kararlar aldı. Hep pişmanlık duyduğum ve acaba daha iyisini yapabilir miydik diye düşündüğüm tek konu, Ocak 1967'de astronotlar Virgil Grissom, Edward White ve Roger Chaffee'nin hayatını kaybetmesine sebep olan fırlatma kulesi yangınıydı. Kapsülün içerisinde saf oksijenden oluşan bir atmosfer vardı. NASA bu durumu, yangından sonra değiştirdi. Bize yangın olasılığı hakkında özel olarak herhangi bir şey sorulmamıştı, ancak yine de bunu düşünmemiz gerekirdi. Bu trajedi program için korkunç bir darbe olmuştu. George Mueller çok sarsılmıştı ve NASA başkanı Jim Webb, bu trajik dönemde George'a duygusal olarak destek olabilmek için yoğun çaba sarf etmişti. Sonuç olarak, danışma heyetimizin özünde Apollo Programı'na önemli katkıları olduğuna inanıyorum. Teknik olarak gözetmenlik yapmanın yanında heyet bilimsel deneylerin planlanmasında da önemli bir rol oynadı. Diğer pek çok şeye ek olarak, bir tür hareketli aracın, bir gezici taşıtın kullanılmasını önerdik ve Ay'a, laser deneyleri için bir geri-yansıtıcının yerleştirilmesinde önayak olduk. Bir de uzay mekiği çalışmalarının başlatılmasına destek verdik ancak ne yazık ki uzay mekiği, ilk başta planlanana kıyasla çok büyük ve çok pahalı oldu.

Ay'a yapılan ilk insanlı inişi elbette çok iyi hatırlıyorum. Heyetimiz George Mueller'le beraber Houston'daki Uzay

Merkezi'nde bulunuyordu ve gelişmeleri doğrudan takip edebiliyorduk. Astronotların güvenli bir şekilde geri dönmeleri gerekiyordu, ama inişin kendisi bile büyük bir zafer ve rahatlama anı olmuştu.

Bu gelişmelerin yaşandığı yıllarda zamanımın büyük bölümünü MIT'deki idari işlerle ilgilenmekle geçiriyordum. Bu sırada bir miktar da araştırma yapma imkânım olmuştu. Özellikle mükemmel birer doktora öğrencileri olan Ray Chiao ve Elsa Garmire ile beraber doğrusal olmayan optik üzerine çalışmalar yapmıştık. Bilimsel çalışmalarımız bana keyif vermekle kalmıyor aynı zamanda öğrencilerim bana MIT'deki hayata dair, diğer profesörler ile idarecilerin verebildiğinden farklı bir bakış açısı kazandırıyordu. Böylece edindiğim fikirler bana idari kararlar almamda yardımcı oluyordu. MIT'de kurumsal açıdan genel olarak mutlu bir dönem yaşanıyordu. Hem idareci hem de kişisel olarak ayrıcalıklı nitelikleri



Resim 10: 20 Temmuz 1969'da ilk Ay inişi esnasında Houston, Texas'da toplantı halinde bulunan Apollo Programı Bilim ve Teknoloji Danışma Heyeti (STAC). Uzak köşede Apollo Programı'nın başkanı George Mueller ve solunda heyetin başkanı Charles Townes bulunuyor. Odanın sonunda bulunan ekranda sürmekte olan Ay inişi görülüyor.

bulunan Jim Killian ve Jay Stratton'la beraber çalışmaktan memnuniyet duyuyordum. Yönetim, akademik kadro ve öğrenciler uyum içerisindeydi. MIT'den ayrılmamdan birkaç yıl sonra, 1960'ların sonlarında sıkıntılara yol açacak öğrenci isyanları başlayacaktı. Bu olaylar 1960'ların başlarında California Üniversitesi Berkeley Kampüsü'nde başlayan olaylara göre biraz rötarlı olarak ortaya çıkacaktı.

MIT'deki görevi kabul etmiştim; çünkü rektör yardımcısı olarak gerçekten bir fark yaratabileceğimi düşünmüştüm. Örneğin bilimsel çalışmaları artırarak okulun birinci sınıf mühendislik yeteneklerini daha da güçlendirebilirdim. Ben bu düşüncelerle çalışırken bir yandan da, sonraki rektörün ben olacağıma dair yaygın bir kanı oluşmuştu. Bu açık bir şekilde belirtilmiyordu ancak sürecin doğal bir sonucu olacaktı. Mühendislik fakültesi dekanı Gordon Brown'un bazı kararlarımı beğenmediği açıktı (bununla beraber mühendislerin çoğuyla samimi bir ilişkim vardı). Vannevar Bush, MIT'de hâlâ çok önemli bir kişiydi ve yönetim kurulu başkanlığı yapıyordu. Van roketleri hiçbir zaman sevmemişti. Tüm uzay programının bir hata ve israf olduğunu düşünerek, etik olmayacağı gerekçesiyle MIT'nin uzay araştırmaları laboratuvarı için NASA'dan ödenek sağlamama karşı çıkmıştı. Van'ın tutumu onun roketler ve kıtalar arası balistik füzeler hakkındaki değişmeyen şüphesini gösteriyordu. Van bir yandan da Apollo Programı için gerekli olan büyüklüklerdeki roket motorlarında yanma dengesizliklerinin oluşacağını ve bunun itki gücünde kontrol edilemez düzensizliklere yol açacağını öne sürüyordu. O sırada ben Apollo Heyeti'nde görev yapıyordum ve motorların zaten dengeli olacak şekilde tasarlanmış olduklarını biliyordum.

Bana karşı bir cephenin oluştuğu kesindi. Van Bush, yeni rektörü belirlemekle görevli heyetin başına getirilmişti. Kararın duyurulması için özel bir akademik toplantı düzenlendi. Odaya girdiğimde pek çok kişi koşarak yanıma geldi ve beni tebrik etti; ancak ben neler olduğunu biliyordum ve onlara "Durun bir saniye. Yeni rektör ben değilim" dedim. MIT'nin yeni rektörü olarak seçilen kişi işletme fakültesi dekanı Howard Johnson'dı.

Bu olay bazılarında şok etkisi yaratmıştı. Johnson oldukça iyi bir kişiydi ancak bilim ve teknoloji çevrelerinde tanınmıyordu. Bununla beraber başarılı bir yöneticiydi. Kararı öğrendiğimde ben de şaşırmıştım, ama kendi kendime "peki" dedim "demek benim tarzımda bir rektör istemiyorlar, öyleyse tekrar araştırmalarıma dönmemin zamanı geldi". Bu olaydan kısa bir süre sonra Van Bush benden özür diledi ve kendisi gibi bir "moruğun" kariyerimi berbat ettiği için kendini kötü hissettiğini söyledi. Sonuçtan kendisini sorumlu tuttuğu açıktı; ancak ben, kariyerimi mahvettiğini hiç düşünmemiştim. Olsa olsa yapmaktan en çok zevk aldığım şeylere dönmeme yardımcı olmuş olabilirdi. Rektör yardımcılığı görevimden istifa ettim ve bana bir profesörlük verildi. Yeni rektör Johnson'ın bana karşı yaklaşımı son derece iyi olmuş ve üniversitede kalıcı olmam için bana rektör yardımcılığında aldığımdan da fazla, harika bir maaş önermişti.

Hiçbir idari yükümlülüğüm olmadan araştırmalarımla ilgilenmek için bir yıl izin istedim. MIT bunu kabul etti. Bu sürenin önemli bir kısmını Harvard'daki astronomlarla beraber astrofizik konularını inceleyerek geçirdim. Bu esnada başka kurumlara geçmeyi de değerlendirdim. Pek çok teklif almıştım. Bunların arasında Harvard'da astronomi alanında sabit bir pozisyon, Tufts'ın rektörlüğü, Chicago'da dekanlık veya idari bir pozisyon ile Duke'ün rektörlüğü vardı. Kısa süre önce Nobel Ödülü'nü kazanmıştım ve bunun gösterilen ilgide (ve hükümetten gelen yeni danışmanlık tekliflerinde) önemli bir etkisi olduğu kesindi.

Hem IBM hem de General Electric, araştırma faaliyetlerinin başkan yardımcısı olmamı teklif etti. Hatta IBM'in önerisini görüşmeye gidecek kadar ciddi şekilde düşündüm. O sırada IBM'in araştırma başkanlığını yapan Emanuel (Manny) Piore'u yakından tanıyordum. Ancak sanayi çalışmaları bana fazla cazip gelmiyordu ve ertesi gün onları arayarak, akademik çalışmalar yapmayı tercih ettiğimi bildirdim. Sanayide teklif edilen ücretler elbette MIT'de aldığımdan ya da akademik kurumların herhangi birinden alabileceğimden kat ve kat daha yüksekti. Bu nedenle Piore kararımı biraz akıl almaz buldu. "Bu konuda eşinle görüştün mü?" diye sordu.

Ben de kibar şekilde, evet görüştüm dedim. Gerçekten de görüşmüştüm. Piore özür diledi. Bu soru, Frances'i eğlendirmiş ancak sanki bana parayı tercih etmemi söyleyeceği düşünüldüğü için biraz da rencide etmişti.

Ana hedefim temel araştırmalara geri dönmekti. İdari işlerin katlanılabilir ve önemli olduğunu düşünmekle beraber, araştırma yapmak benim için daha eğlenceliydi. Bir bilimcinin üstlenmesi gereken önemli idari bir işte verimli olamayacaksam o zaman o iş, benim için yapmaya değer olmuyordu.

Hayatıma bir de Nobel Ödülü girmişti. 1964 yılında Nikolai Basov ve Alexander Prokhorov'la ortaklaşa kazandığım bu ödül hem yeni fırsatlar hem de yeni zorluklar doğurdu. Bu ödül resmi olarak "maser-laser prensibiyle çalışan salınım cihazları ve güçlendiricilere olanak sağlayan kuantum elektroniği alanındaki temel çalışmalar" için verilmişti ya da Nobel töreninde bizleri takdim eden fizikçi Bengt Edlen'in basitçe söylediği gibi "maser ve laserin keşfi" için verilmişti. Adı geçen Edlen, Ike Bowen'in güneş koronasında tespit ettiği ancak açıklayamadığı spektral çizgileri tartışmak için kendisini Caltech'e davet ettiği ve henüz ben bir öğrenciyken tanışma şansını yakalamış olduğum Edlen'di.

Nobel Ödülü almak, bir bilimcinin kamuoyundan alabileceği en büyük takdirdir ve elbette harika bir şeydir. Frances'le beraber dört çocuğumuzu da alarak bu olay için İsveç'e gittik. Aziz Lucia Günü'yle ilişkilendirilmiş ve kışın ortasında tüm Stockholm'u bir festival havasına sokan bu günde gerçekleştirilen ışıltılı Kraliyet etkinliğinden hepimiz büyük haz aldık. Nobel gününde kutlamalara İsveç bir bütün olarak katılır ve Nobel'i Nobel yapan şeylerden biri de budur. Kral VI. Gustavus, bir akademisyen ve bir arkeolog olarak ilginç bir kişiydi. Torunu, onun yerine geçeceği gün için eğitim görüyordu. O yılki Nobel sahipleri de ilginç bir grup oluşturuyordu. Edebiyat dalındaki ödüle Jean-Paul Sartre seçilmişti. Ancak Sartre, küçük bir heyetin dönemin en büyük edebi çalışmalarını seçmek konusunda yetkin olamayacağı mesajını vermek için bu ödülü kamuoyu önünde reddetmişti. Bu nedenle de törene gelmemişti. Birkaç yıl sonra, Nobel heyeti üyelerinden birisiyle konuşurken Sartre'la

tanışma fırsatını kaçırdığım için üzüldüğümü söylediğimde bana "Biliyor musun, sonradan bize tekrar yazdı ve ödülü reddetse de parayı almak istediğini bildirdi" dedi. Ama parayı vermemişlerdi.

1964 Barış Ödülü'nü Martin Luther King Jr. almıştı. Bir zamanlar teyzem Clara Rutledge'ın, kasabası Birmingham Alabama'da, o zamanlar az bilinen Martin Luther King Jr. adında genç bir rahipten hayranlıkla bahsettiğini çok iyi hatırlıyordum. Bu nedenle kendisiyle tanışır tanışmaz bana derhal "Siz Clara Rutledge'ın yeğeni misiniz? Kendisi geçmişte bana çok yardım etti" demesi beni çok mutlu etmişti.

Kimya ödülünü Dorothy Hodgkin adında Britanyalı ilginç bir bayan almıştı. Kendisi böylece Nobel heyeti tarafından herhangi bir bilim dalında takdir edilen beşinci bayan olmuştu. Bayanların ilk ikisi Marie Curie ve kızı Irene Joliot-Curie'ydi. Fizyoloji ve tıp alanındaki ödül Harvard'daki bir komşuma, Konrad Bloch'a ve Feodor Lynen adında bir Alman'a verilmişti. Ekonomi alanında verilen ödül, o dönem henüz yoktu. Ekonomi ödülü yeni bir ödüldür ve resmi olarak bir Nobel Ödülü değildir. "Nobel'in onuruna" verilen bir ödüldür ve Nobel ödülleriyle aynı zamanda verilir. Bu nedenle Nobel ödüllerinden ayırt etmek zordur.

Kralların ve kraliçelerin kendileri için uzak birer kavram olduğu Amerikalılar için, kraliyet tarafından ziyafette konuk edilmek dünya dışı bir deneyim olabilir. Nobel etkinliği gerçekten de unutulmazdır. Bununla beraber bir Nobel Ödülü'nden sonra bilimciler, bilimsel kariyerlerinin aşağı yukarı sona ermiş olduğunu görebilirler. Ödül genellikle kariyerin geç dönemlerinde gelir. Nobel sahipleri büyük olasılıkla çeşitli toplumsal hizmetlere katılmaları için davet edilirler ve çeşitli kamusal konularda danışmanlık vermeleri veya konuşma yapmaları için başvurulurlar. Böylece önemli bilimsel araştırmalar için genellikle ihtiyaç duyulan yoğun çalışmaları bölünür. Bu nedenle Nobel Ödülü'nün haz veren tarafları olmakla beraber, aynı zamanda sorunları da beraberinde getirebilir. Nobel sonrasında, 49 yaşında kendimi henüz genç ve hevesli hissediyor ve eğer yapmaya karar verirsem, tekrar yoğun araştırmalara dalabileceğimi düşünüyordum.

Bilimsel araştırmalar dünyasında, laser ve doğrusal olmayan optik çalışmalarından uzaklaşarak daha fazla hareket imkânının bulunduğu, sorunların net bir şekilde ortaya konmadığı ve bunların diğer bilimciler tarafından şevkle incelenmediği alanlara kaymak istiyordum. Maser ve laserlerle doğrudan ilgili çalışmaları zaten geride bırakmıştım ve çeşitli doğrusal olmayan optik etkiler üzerine çalışmaktaydım. Ama artık pek çok iyi bilimci de bu alanda çalışmaya başlamıştı. Ben diğer bilimcilerin gözünden kaçmış olan ve büyük katkılar sağlayabileceğim alanlarda çalışmak istiyordum. Astrofiziğin benim için doğru konu olabileceğine karar verdim. Astronomi, çekici bir alan olarak tekrar tekrar zihnimde beliriyordu. Bu duygu, önceki *sabbatical* iznim sırasında ve Harvard grubuyla beraber geçirdiğim süre boyunca daha da güçlenmişti. Artık bu duygulara göre hareket etmemin zamanı gelmişti.



Resim 11: 1964 Nobel Ödülü kutlamaları sırasında Stockholm Belediye Merkezi'ndeki bir şölen. Frances Townes kadeh kaldırıyor. Sağında Kral VI. Gustavus, onun sağında kimya dalında ödül kazanan Dorothy Hodgkin bulunuyor. Frances ve Kral'ın karşısında Kraliçe Louise Mountbatten ve onun sağında, Feodor Lynen'le beraber tıp alanında ödül kazanmış olan Konrad Bloch duruyor.

Harika gözlemevleri ve astronomi geleneğiyle California, üzerimde güçlü bir etki yaratmıştı. Bu bölgede önde gelen kurumlardan ikisi, Caltech ve California üniversitesi Berkeley Kampüsü özellikle çekiciydi. Caltech'i ciddi şekilde düşünüyordum ancak oradaki üst düzey yöneticiler, hangi konu üzerine çalışacağımı kesin bir şekilde belirlemek için epey uğraşıyorlardı. Rektör yardımcısına, girişim ölçümünün yanında hem kızılaltı hem de mikrodalga astronomisiyle ilgilendiğimi ancak kendimi özel olarak tanımlanmış bir program için yükümlülük altına sokmak istemediğimi söyledim. Buna ek olarak Güney California'daki hava kirliliği giderek daha kötü bir hal alıyordu ve Frances bundan rahatsızdı. Sonuç olarak Berkeley, havası nedeniyle daha ağır bastı.

Berkeley fizik bölüm başkanı Burt Moyer beni, rektör Clark Kerr'le görüşmem için davet etti. Zannediyorum aslında en başından beri Berkeley tercihimdi. Daha önce de Columbia'ya geçişimden kısa bir süre sonra, buraya geçme fırsatım olmuştu ancak o dönem, bir kez daha ani bir değişiklik yapmak istememiştim.

Berkeley, İfade Özgürlüğü Hareketi, savaş karşıtı gösteriler ve diğer benzer faaliyetlerle politik olarak hareketli bir yerdi. Yıllardır Berkeley'de yaşamış olan pek çok kişi, şehrin merkezinden ayrılarak şehrin doğusunda daha huzurlu olan tepelere taşınıyordu. Şehrin çökmekte olduğuna ve yaşamaya elverişli olmaktan çıkacağına inanıyorlardı. Bense durumu yanlış değerlendirdiklerini düşünmüş ve Berkeley'deki politik atmosferi pek dert etmemiştim. Benim kaygılanmama sebep olan şey ise, California'nın yeni valisi cumhuriyetçi Ronald Reagan'ın üniversiteye karşı tutumunun ne olacağıydı. Önümüzde sert tutumlu ve kendine has tarzıyla muhafazakâr bir adam ile onun karşı çıktığı pek çok şeyin örneğini teşkil eden politik radikal Berkeley duruyordu.

Kerr'i ofisinde ziyaret ettiğimde Reagan'la ilgili konuyu açtım. Nazik bir şekilde, Reagan'ın üniversite hakkında olumsuz düşünceler taşıyarak göreve başlayan ilk vali olmadığını anlattı. Reagan'ın görevini devraldığı Pat Brown'un da başlangıçta California Üniversitesi'yle ilgili şüpheleri vardı; ancak kurumu tanıdıkça onun en büyük destekçilerinden

biri olmuştu. Kerr, aynı şeyin Reagan için de geçerli olacağı yönünde beni temin ediyordu. Fakat Kerr'in siyasi yargısı yanlış çıkacaktı. Reagan işbaşı yaptıktan kısa süre sonra Kerr'i görevden alacaktı. (Kerr çok sık alıntılanan sözüyle bu olayı şöyle anlatacaktı: "Göreve başlarken şevkle kapıdan girişim gibi şevkle kapı dışarı edildim"). Yine de Berkeley'ye geçme konusunda verdiğim karardan hiçbir zaman pişmanlık duymadım.

Bazı arkadaşlarım bu kararıma hayret etmişti. MIT rektör yardımcılığından ayrıldıktan sonra Perkin Elmer şirketinin yönetim kurulu için önerilen bir pozisyonu kabul etmiştim. Firmanın yönetim kurulu başkanı Amiral Chester Nimitz kararımı duyunca beyninden vurulmuşa dönmüştü. "Charlie, nasıl olur da Berkeley'ye gidebilirsin? Orası tüm Birleşik Devletler'deki en leş yer." Elbette Berkeley kültürünün kötü şöhreti, iş dünyası, hükümet ve Silahlı Kuvvetlerin bu kuruma karşı saygı duymasına engel oluyordu.

Berkeley'de bana özel statülü esnek profesörlük şeklinde bir pozisyon önerilmişti. Ayrıca sekreterlik hizmeti sunulmuş ve laboratuvar kurmak için katı kısıtlamalara tâbi olmadan harcayabileceğim 100.000 dolar verilmişti. Ofisim Birge Binası'ndaydı ve Berkeley'in sembolü olan Campanile Kulesi'ne bakıyordu. Sonradan da bir Nobel sahibi olarak kampüsün en değerli ayrıcalıklarından birini aldım: adıma ayrılmış bir park yeri. Tüm bunlar zor rekabet edilecek cazibelerdi.

Teklifi kabul etmeden önce, bir diğer esnek profesör olan California Üniversitesi San Diego Kampüsü'ndeki Harold Urey'i arayarak bu pozisyonun yükümlülüklerinin neler olduğunu sormuştum. Bu görevde üniversitenin tüm kampüsleriyle ilişkim oluyor ve bir bölüm başkanı yerine doğrudan rektöre karşı sorumlu bulunuyordum. Yani kampüsler arası gidip gelmem mi gerekiyordu? Rektöre gidip gerçekten rapor mu verecektim? Urey bunu nasıl yapıyordu? "Evet" diye cevap verdi "Rektöre hem rapor hem de tavsiye veriyorum. Daha geçen ay kendisine kampüsteki bazı ağaçların kesilmesi için neden izin vermiyoruz diye soran bir mektup yazdım." Bu tür sorumluluklar hiç de yıpratıcı gibi görünmüyordu. Geniş

bir özgürlük ve özünde iyi bir iş çıkarma yükümlülüğüyle bu ideal bir pozisyondu. Diğer kampüslerde de ders vermeyi elbette kabul ettim. Ancak Frances'le beraber kendimizi en rahat hissettiğimiz yer Berkeley'di. Biz de Berkeley tepelerinin alt kısımlarında, kampüsün kuzeyinde bir ev satın aldık. Kızımız Ellen de Berkeley'de biyoloji okumaya karar verdi.

Bölümdeki insanlar ilk günden bizi evimizde hissettirdiler. Belki de bunun bir sebebi Berkeley'in o dönem kendisini kuşatma altında hissetmesiydi. Okulun ekibe yeni insanlar katabileceğini göstermesi olumlu bir şeydi. Günün politik olayları fizik bölümünü pek etkilemiyordu. Kampüste ara sıra göz yaşartıcı gaza maruz kalıyorduk. Ben de olayları ve kargaşayı pencereden seyrediyordum. Ama isyanlardan ve sıkıntılardan eğitim düzeni kötü şekilde etkilenen diğer bölümlerin aksine fizik öğrencilerinin çoğu dersleriyle meşguldüler.

Ancak sonuç olarak burası Berkeley'di. Jasonlar'la ilişkimi halen aktif olarak sürdürüyordum. Bu da zaman zaman bana gizli bilgiler içeren işlerin gelmesi demekti. Hassas konulardaki evrakları koymak için kendime bir kasa edindim ve bunu ofisime koydum. Bu kasa hâlâ orada durur. Kampüste başka kimsede kasa yoktu. Elbette bunun üniversitenin resmî politikasına ters düşüp düşmeyeceğini veya radikal politik saldırılar için ağır bir tahrik unsuru olup olmayacağını önce rektör Roger Heyns'e danıştım. Heyns'e kasa içerisinde koruduğum çalışmaların benim için bir prensip meselesi olduğunu söyledim. Tavsiyelerimiz dinlendiği ve yaptığımız iş faydalı olduğu sürece hükümete sırtımızı çevirmememiz gerektiğini düşündüğümü belirttim. O da bana hak verdi.

Birgün kampüs polisi beni aradı ve "*Berkeley Barb*'ın ön sayfasında "Dr. Strangelove" manşetiyle haber olduğunuzu biliyor musunuz?" diye sordu. Haftalık anti-kültür dergisi *Barb*, benim bir resmimi koymuş, kasamda silah bulundurduğumu duyuruyordu. Kampüs polisi kasam nedeniyle kaygılıydı ve kapı kilitlerimi değiştirerek odamın yakınlarına bir güvenlik elemanı yerleştirmeyi planlıyordu. Onlara acele etmemelerini söyledim. Doktora öğrencilerimde ofisimin anahtarları vardı ve onların ofisime özgürce girip çıkabilmelerini istiyordum. Eğer özel kilitler ve güvenlik görevlisi olursa bu

hava tümden değişecekti. Hakkımdaki yazıyı okudum ve tehlikenin önemsiz olduğuna karar verdim. Polis istemeye istemeye kararı bana bıraktı ve sonuç olarak önemli herhangi bir sorun yaşanmadı.

Üniversitenin en önde gelen savaş karşıtı eylemcilerinden biri fizik profesörü Charles Schwartz'dı. Charlie'nin, aralarında benimle beraber çalışan öğrencilerin de bulunduğu bir grup takipçisi vardı. Öğrencilerimi seviyordum. Zannediyorum onlar da benden hoşnuttular. Ancak hükümet veya Silahlı Kuvvetlerle bağlantılı herhangi bir şeye karşı yoğun olumsuz duygular besliyorlardı.

Birgün öğle yemeği sırasında sekreterim ofise erken dönmüş ve Charlie'yi evraklarımı karıştırırken bulmuştu. Anlaşılan Charlie, beni bir savaş çığırtkanı olarak gösterecek düzmece kanıtlar arıyordu. Eğer onu ben yakalamış olsaydım herhangi bir şey yapmazdım, ama sekreter durumu doğrudan bölüm başkanına rapor etmişti. O da Charlie'nin bana bir özür mektubu yazması gerektiği konusunda ısrar etti. Sonuç olarak Charlie, zoraki özrünü kısa bir not şeklinde gönderdi. O gün elbette kasayı açamamıştı. Eğer açabilseydi, en büyük endişem dosya düzenimin bozulması olurdu. Çünkü aslında bu dosyaları isteyen herkes görebilirdi. Sorması yeterdi.

1967 yılında Amerikan Fizik Topluluğu'nun başkanı olarak, ABD Başkanı Johnson'u, topluluğun Washington'daki yıllık toplantısı sırasında verilen bir ziyafette konuşma yapması için davet ettim. O dönemde Vietnam Savaşı sürüyordu. Başkan tam konuşmasına başlamak üzereyken topluluk üyelerinden biri pankart sallayarak ayağa kalktı. Beyaz Saray politikalarına itiraz eden bir şeyler söylemeye çalıştı, ancak masasındakiler onu yerine oturttu.

Bu olayın devamı sonradan can sıkıcı bir şekilde yaşanacaktı. Birkaç yıl sonra, Washington'dan gelen gazeteci Dan Greenberg'in bilim ve ulusal durumumuzla ilgili bir konuşmasını dinleyip değerlendirmem için davet edilmiştim. Gazetecinin konuşmasıyla ilgili yorumlarım, yıllar önce Başkan Johnson'un katıldığı ziyafetiyle ilgili sorular ve onu Amerikan Fizik Topluluğu toplantısına davet ederek çok kötü bir iş yaptığıma dair suçlamalar yağmuruyla kesildi. Suçlamaları ya-

panlara, Birleşik Devletler Başkanı'nın ülkede oldukça etkili bir kimse olduğunu, fizikçilerimizin de onunla ve fikirleriyle aşinalık kurmasının iyi bir şey olacağını düşündüğümü açıkladım. Charlie Schwartz bir kez daha eleştiri oklarını bana yöneltmişti ve özellikle hükümete sadakatle bağlı olduğumu söyleyerek öfke kusuyordu.

Bu olayın ardından toplantının organizatörlerinden biri olan, üstün başarılı matematikçi Stephen Smale beni evinde konuk etti. Bunun, bana saldırabilme fırsatını yakalamak için planlı yapılmış bir şey olduğunu tahmin ettiğimi varsaydığını söyledi. Oldukça samimiydi ve saldırılara verdiğim cevapların, aslında yaptığım şeyin onurlu bir şey olduğu konusunda kendisini ikna ettiğini söyledi. Fakat Charlie Schwartz bir üniversite profesörünün hükümetle, iş dünyasıyla ve Silahlı Kuvvetlerle bu tür bağlantılarını asla etik davranışlar olarak kabul etmeyecekti. Yaptığım işlerde kusur aramayı ve öğrenci gazetelerinde veya fakülte senatosu toplantılarında bana saldırmayı sürdürdü.

Özgür bir zihnin ve düşüncenin yalnızca bilim için değil, genel anlamda tüm medeniyet için önemli olduğuna inanıyorum. Bu nedenle Berkeley'deki, politikaları eleştiren tartışmalara hiçbir zaman büyük bir itirazım olmadı. Hatta savaş karşıtlarının söylediği pek çok şeye de hak verdim, ancak hükümete veya Silahlı Kuvvetlere karşı rastgele bir biçimde muhalif olma modasına uyamazdım. Vietnam Savaşı, bana göre yanlış bir politikaydı ve yapılan şeyler beceriksizce yürütülmüştü. Tüm bu yetersizlikler ise politikalara karar verenlerle temas halinde kalmayı ve onlara elden gelen en iyi biçimde tavsiyelerde bulunmayı daha da önemli kılıyordu.

Tüm bu yıllar boyunca gençlerin savaş konusundaki meselelerine sempatiyle yaklaştım. Laboratuvarım ödeneklerinin bir kısmını Silahlı Kuvvetlerden, özellikle de bilimsel araştırmaları desteklemek için mükemmel politikalar izlediğini her zaman düşündüğüm Donanmadan geliyordu. Öğrencilerime şöyle derdim "Elimizdeki bu parayı harcamada tamamen özgürüz. İstediğimiz şekilde değerlendirebiliriz. Bu ödeneği kullanma konusunda bir rahatsızlık duymadığınızdan emin misiniz?" Sonuç olarak bizler ilgimizi çeken

konularda –spektroskopi, kuantum elektroniği ve astrofizik alanlarında– fizik çalışmaları yapıyorduk. Berkeley öğrencilerinden bazıları, Silahlı Kuvvetler destekli işlere karşı sert şekilde itiraz ediyor, ancak bir yandan da açmazlar ve tutarsızlıklar içine düşüyorlardı. Charlie her ne kadar Silahlı Kuvvetlerden gelen kaynakları kullanmama konusunda kesin konuşsa da gerçekte bazı araştırmaları için Hava Kuvvetlerinden ödenek almıştı. Sonuçta kampüsteki en gergin dönemlerde bile öğrencilerimin çoğu Silahlı Kuvvetlerden gelen ödenekleri kullanmak konusunda herhangi bir sıkıntı hissetmemişler, ancak seçimin kendilerine bırakılmış olmasından memnuniyet duymuşlardı.

Bu karmaşa döneminin yaşandığı 1971 yılında General Motors'un yönetim kurulu başkanı James Roche'den hiç beklenmedik bir telefon aldım. Bana Körfez Bölgesi'ne geleceğini ve bir akşam yemeği için buluşmak istediğini söyledi. O zamana kadar otomobillerle ilgili yaptığım tek şey onları kullanmak olmuştu. Bu nedenle davet oldukça şaşırtıcıydı. Bir akşam Oakland Havaalanı yakınlarındaki bir restoranda buluştuk. Benden GM için bir teknik danışma heyeti kurmamı istedi. Firma sürüş güvenliği ve çevre kirliliği gibi çeşitli konularda ateş altına alınmıştı ve dışarıdan yardım almaya karar vermişlerdi.

O sıralarda GM, gayrisafi milli hasılanın %3'ünü elinde bulunduruyordu.* Bu firma ulusumuz için önemli bir kuruluştu. Roche tüm şartlarımı kabul etti. Şöyle ki; heyet üyelerini seçerken tamamen özgür olacaktım, doğrudan GM yönetim kuruluna rapor verecektik ve faaliyetlerimiz hakkında basın açıklamaları konusunda son kararı ben verecektim. Bu son nokta benim için önemliydi, çünkü gereksiz yere bir halkla ilişkiler sürecine dahil olmak istemiyordum.

Günümüzde büyük bir firma bir üniversite profesöründen yardım isterse kimse buna şüpheyle bakmıyor hatta

* 2009 Haziran ayında GM, iflas koruma başvurusu yaptı. Çok sayıda çalışanı olduğu ve ekonomide önemli bir yer tuttuğu için GM'e, özel şartlarla Başkan Obama yönetimindeki Birleşik Devletler hükümeti tarafından on milyarlarca dolar kredi verildi. [—*çev. notu.*]

üniversite camiası, çoğunlukla bu tür ilişkilerden memnuniyet duyuyor. Ama o günlerde kampüslerde, özellikle de Berkeley'de, büyük firmaların itibarı neredeyse Pentagon'unki kadar düşüktü. California Üniversitesi rektörü Charles Hitch'e, GM için bu şekilde bir iş yapmamın uygun olup olmayacağı hakkında ne düşündüğünü sordum. Bunun kampüsü karıştıracağından emindim. Eğer hayır deseydi teklifi geri çevirecektim. GM'in ülke için ne kadar önemli olduğuna, danışmanlık yapmamın mantıklı ve faydalı olacağına dair görüşlerimi dikkatlice dinledi. Bir süre düşündükten sonra "uygun bir denge sağlayarak, bence bu işi yapmalısın" dedi.

Heyet üyelerini seçerken gerekli birikime sahip farklı alanlardan başarılı kimseler bulma konusunda özen göstermiştim. Belirlediğim heyette, Caltech rektörü fizikçi Lee Du Bridge, Rochester Üniversitesi rektörü fizikçi Bob Sproull, Southwest Araştırma Enstitüsü başkanı makine mühendisi Martin Goland, Cornell biyologlarından Bob Morison, Stanford'dan havacılık mühendisi Bob Cannon, MIT'den kimya mühendisi Ray Baddour bulunuyordu. Toplantı tarihlerinin herkesin katılabileceği şekilde seçileceği şeklinde bir kural koyduk ve herkes toplantılara katıldı. Heyet, GM fabrikalarını ziyaret ederek ardından tasarım ve üretim gruplarının şefleri ve üst düzey yöneticileriyle görüşmeler yaparak gerçekten sıkı bir şekilde çalıştı. GM'in üst düzey yetkileri de söylediklerimizi dikkate aldı. Hatta ilk yılki raporumuzda Japonya'nın ciddi bir rakip olacağı yönünde uyarıda bulunduk. Kirlilik ve güvenlik problemlerinin çözülebileceğini, ancak Japonya'nın uzun dönemde çok daha zorlu bir problem olabileceğini belirttik. Bu uyarımız artık çok sıradan gibi duruyor ancak o zamanlar bu yeni bir fikirdi. Yıllık raporlarımızdan biri GM'in kalite kontrol çalışmalarına yüklenmiş ve bunları yetersiz olarak değerlendirmişti. Heyetimizi bu konuda pek dikkate aldıklarını sanmıyorum, ama GM'in araştırma ekibini genişletme konusundaki tavsiyemize uydular. Umarım onlara yardımımız dokunmuştur. Ancak değişen şartlara ve Japonya'yla giderek artan rekabete uygun biçimde böylesine büyük bir firmayı yeniden yapılandırmak yönetim kadrosu için oldukça zor bir şeydi. Çalışmalarımı üç yıl sürdürdükten

sonra, asıl amacımızın taze fikirler sunmak olduğuna inanarak ve bu nedenle yeni bir heyet başkanına ihtiyacımız olduğunu düşünerek görevimden ayrılmam gerektiğini belirttim. Bunun üzerine, GM yönetim kurulunda görev yapmam teklif edildi, yani istifamın ardından terfi ettirilmiş oluyordum. Bu bir sanayi kuruluşunun yönetim kurulunda ikinci kez görev alışımdı ve her zaman bunu en fazla iki kez yapabileceğimi düşünmüştüm. Sanayiyle yaşanan bu tür ilişkiler öğretici ve ilginçti, ancak bu faaliyetleri daha uzun süreler yapmam, fizik alanındaki gerçek çalışmalarıma çok az zaman ayırabileceğim anlamına gelecekti. Sonraki yıllarda, 60'ların sonlarından ve 70'lerin başından farklı olarak, Berkeley Kampüsü sanayiyle olan bu ilişkilerime hayretle veya düşmanca yaklaşmak yerine bunlardan memnunluk duymaya başladı.

Siyasi açıdan ben Berkeley'de bir sandviçin ortası gibiydim. Üniversite camiasının pek çok üyesi beni, büyük firmalar ve hükümetle aşırı derece içli dışlı ve muhafazakâr olarak değerlendirirdi. İş dünyasındakiler ise benim bir Berkeley liberali ve biraz da tehlikeli bir tip olduğumu düşünürdü.

Hükümetin çeşitli politika belirleme heyetlerinde kısa dönemli görevler almayı düzenli olarak sürdürdüm. Bu görevler arasında en zorlu olanlarından biri 1981 yılında, Reagan döneminin başlarında katıldığım çalışmalardı. Caspar ("Cap") Weinberger'le o tarihten birkaç yıl önce, her yaz kuzey California Sonoma County'deki Rus nehrinin yakınlarındaki sekoya korusunda toplanan Bohemian Kulübü toplantıları sırasında tanışmıştım. Formaliteden uzak olan bu toplantılarda Weinberger'le beraber aynı alt gruba üyeydik ve birbirimizi yakından tanır olmuştuk. Reagan, Weinberger'i savunma sekreteri olarak seçtikten sonra, Cap beni arayarak MX füzelerinin konumlandırılması için oluşturulacak heyete başkanlık yapmamı istedi.

MX, birden fazla savaş başlığı taşıyabilen bir tür kıtalararası balistik füzeydi. Carter yönetimi bunlardan 200 tane üretecek bir program başlatmış ve füzeleri aldatıcı bir taktikle yerleştirmeyi planlamıştı. Bu plana göre her bir füze için on farklı silo yapılacak ve toplam 2.000 tane delik, Utah ve Nevada'ya serpiştirilecekti. Trenler de rastgele aralıklarla bu

füzeleri kamuflaj altında silodan siloya gezdirecekti. Programın anafikri aşırı sayıda hedef yaratarak Sovyetler'in tüm füzeleri aynı anda imha edebilecek bir sürpriz "ilk saldırı" yapmasını olanaksız hale getirmekti.

Yeni yönetim Beyaz Saray'a geldiğinde konumlandırmayla ilgili kesin seçimler henüz bir karara bağlanmamıştı. Milyarlarca doların harcanması söz konusuydu ve Reagan'ın danışmanları projenin yeniden gözden geçirilmesini istiyordu. MX'ler, taşınmaya ve esnek bir konumlandırmaya imkân verecek biçimde diğer kıtalararası füzelere kıyasla küçük olarak tasarlanmıştı. Bir vagona, büyük bir tıra veya bir kargo uçağına sığabiliyorlardı. Taşıma düzeni için pek çok olasılık vardı; ancak Hava Kuvvetlerinin tercih ettiği düzen, Carter yönetiminden devralınan orijinal "yarış pisti" yaklaşımıydı.

Heyet üyelerini kimlerden seçmem gerektiği konusunda fikir aldığım insanlar arasında eski bir dostum olan Spurgeon Keeney de vardı. Keeney'in fazlasıyla liberal olması ve Carter yönetimiyle yakın ilişkilerinin bulunması nedeniyle Weinberger, onunla görüşmemi herhalde memnuniyetle karşılamazdı; ancak benim ona güvenim tamdı. Sistemi biliyor ve Washington'daki önemli isimlerin çoğunu tanıyordu. Heyet son halini aldığında, üyelerini Birleşik Devletler Donanması'ndan emekli Amiral Worth Bagley, Bell Laboratuvarları fizikçisi ve kıdemli başkan yardımcısı Dr. Solomon Buchsbaum, Avrupa'daki müttefik kuvvetlerin eski başkomutanı General Andrew Goodpaster, Hewlett-Packard'ın başkanı David Packard, Scripps Okyanus Bilimleri Enstitüsü başkanı fizikçi Profesör William Nierenberg, Stanford profesörlerinden Ulusal İstihbarat Kurulu başkanı Dr. Henry Rowen, Hava Kuvvetleri eski generallerinden Brent Scowcroft, Hava Kuvvetleri Sistemler Komutanlığı eski komutanı General Bernard Shriever, Hughes Uçak Laboratuvarı başkanı Dr. Albert ("Bud") Wheelon, Donanma eski müsteşarı R. James Woolsey oluşturuyordu. Toplantılarımıza düzenli olarak katılan ve önemli katkılar sağlayan davetli gözlemcileri ise ordu eski sekreteri Stephen Ailes, Hava Kuvvetleri eski komutan yardımcısı Korgeneral Glenn Kent ve Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarı direktör yardımcısı ve eski di-

rektörü Dr. Michael May'dı. Bu sağlam bir gruptu ve problem de önemli bir problemdi.

Weinberger, Beyaz Saray'ın zaten karar verdiği bir şey için kılıf peşinde değil, gerçekten en iyi tavsiyeleri alabilmenin peşindeydi. "Bize teknik olarak durumun ne olduğunu söyleyin, politikaları bana ve Başkan'a bırakın" demişti. Ona son kararın nasıl verileceğini sordum. Kararı Reagan'ın vereceğini ve bunun için de ayrıntılı bir sunuma ihtiyaç olduğunu söyledi. Şaşırmıştım. O zamanlardaki genel intiba, Reagan'ın ayrıntılı karar verme sürecinde yer alabilecek bir kişi olmadığı şeklindeydi. Ama Weinberger, Beyaz Saray'ın işleyiş sürecini hiç de böyle anlatmıyordu. Bu tür konularda tüm kontrolün açıkça Reagan'da olduğunu düşünüyordu.

Siloların büyük olasılıkla yerleştirileceği batı eyaletlerinden pek çok senatörle bir toplantı düzenledik. Bize kendi bölgelerinin bu füzeleri istemediğini açıkça söylediler. Fakat, MX füzelerini kendi eyaletlerine yerleştirilmesi ülke için gerekliyse, bu doğrultudaki kararımızı destekleyeceklerini belirttiler.

Görüşmelerimiz sırasında, Livermore veya Los Alamos gibi ulusal laboratuvarlardan aldığımız tavsiyeler ile sanayiden aldığımız tavsiyeler arasında belirgin bir kalite farkı olduğunu tespit ettik. Örneğin Boeing Aerospace, çoklukonumlandırma yaklaşımlarından belki de en büyük kazancı sağlayacak kuruluş olduğu için, bunları destekleyen pek çok kanıt sunuyordu. Ulusal laboratuvarların çalışanları ise çok profesyonel, konuyu iyi incelemiş ve farklı görüşlere açık bir tutum içerisindeydi.

Sonunda olağanüstü çaba gerektirecek aldatmacalı bir konumlandırma yaklaşımının, özellikle de 2.000 delik fikrinin aleyhinde karar verdik; çünkü bu tür bir yaklaşım füzeleri uygun şekilde koruyamayacaktı. Ortaya çıktı ki, ne kadar para harcarsak harcayalım Sovyetler işlerine yarayacak bir "ilk saldırı" yapmanın bir yolunu bulabilirlerdi ve bunu bize göre çok daha az masrafla başarabilirlerdi. Özünde tüm bu karmaşık konumlandırma planlarında ya teknik ya da politik sorunlar bulunuyordu. Bazı durumlarda bu sorunlar beraberce de bulunabiliyordu.

Senatör John Glenn bizi bir fikre doğru yönlendirmeye çalışmıştı. Buna göre füzeler tırlara yüklenecek, bunlar

da otoyollarda sürekli hareket edecek, böylece vurulmaları çok zor olacaktı. Teknik açıdan bu olanaklıydı ancak füzeleri kamuya açık yollarda gezdirmenin halkta bir infial yaratacağını düşünüyorduk. Olası bir MX füzesi taşıyan bir tırın görüldüğü yerlerde protestocuların yolları keseceğini tahmin edebiliyorduk. Heyetin sonuç tavsiyesi, geleneksel ve maliyetleri makul olan bir yaklaşımla, her bir füze için bir silo inşa etmek oldu. Ek olarak füzelerin uçakla taşınabileceğine karar verdik. Eğer okyanus üzerinde herhangi bir zamanda yeterince uçak varsa ve bilinmeyen, sürekli değişen konumlarda bulunuyorlarsa, bunlar güvenilir bir karşı saldırı imkânı verebilirdi. Elbette, her ne kadar çoğu deniz üzerinde de olsa, başımızın üstünde füzelerin geziyor olması fikri kamuoyunda yine itirazlara yol açabilirdi. Ancak bu yöntem Senatör Glenn'in önerisinden daha az problem çıkaracaktı. Herkesi memnun edecek bir çözüm yok gibiydi.

Heyetin yalnızca iki üyesi, Bill Nierenberg ve Amiral Bagley, tarafından desteklenen şahsi görüşüm bu füzeleri konuşlandırma girişiminden toptan vazgeçilmesiydi. Yalnızca birkaç tane füze üretmenin ve kısa sürede bunlardan düzinelerce üretebilecek endüstriyel kapasiteyi göstermenin, bizimle uzlaşmaları konusunda Sovyetler üzerinde yeterince baskı oluşturacağını düşünüyordum. Bence kısa dönemli planların içerisinde en iyisi buydu. Normalde savunma konularında muhafazakâr bir eğilim içerisinde olan Nierenberg sonraki yıllarda, silahlanma yarışını ciddi şekilde kızıştırabilecek olan bir girişimin karşısında yer almış olmaktan memnunluk duyduğunu söyleyecekti.

Weinberger benden Başkan'a kişisel bir sunum yapmamı istemişti. Sunumdan önce Cap beni bir kenara çekip konu hakkındaki kişisel görüşlerimi sordu. Elbette ben de, en az sayıda füze yerleştirmeleri gerektiğini söyledim ve bunun sebeplerini açıkladım.

Reagan'la görüşmem, eğer yanlış hatırlamıyorsam, Los Angeles bölgesinde bir otelde, özel hazırlanmış bir yerdeydi. Çoğunluğun raporunu –yani 200 füze için 200 silo önerisini– bir de bizim azınlık raporumuzu –yani başlangıçta hiçbir füzenin yerleştirilmemesi önerisini– sundum. Hava Kuvvet-

leri komutanı General Lew Allen ise 2.000 delik stratejisini savunmak için orada bulunuyordu. İlgili kabine üyeleri de toplantıya katılmışlardı. CIA direktörü William Casey pek çok soru sordu ve 200 silo yaklaşımını ciddi bir olasılık olarak değerlendiriyor gibiydi. Bununla beraber Dışişleri Bakanı Alexander Haig büyük ölçüde Lew Allen'in 2.000 silo görüşünü destekliyordu.

Sunumlar sırasında Başkan Reagan bende tuhaf bir izlenim bıraktı. Davranışları, insanların onun hakkında neden bazen çok ikna edici ve otoriter bir lider ve neden bazen de etrafında olup biten şeylerden pek haberdar olmayan bir kişi diye düşündüklerini açıklıyordu.

Hepimiz toplandıktan sonra Reagan geldi. Bizler görüşürken, olasılıkları tartışırken ve sunumlar esnasında Reagan ağır hareketlerle kontak lensleriyle ilgileniyordu. Biz çok önemli şeylerle ilgili konuşurken o, lensleriyle uzun uzun uğraşmıştı. Önünde bir bardak su vardı. Lenslerini önce bunun içinde yıkadı, sonra taktı, tekrar çıkardı, sonra tekrar yıkadı ve bu böyle sürüp gitti. Kendi kendime "Aman Tanrım! Konuştuklarımızın kaçta kaçını anlayacak acaba?" dedim. Ancak sunumların sonuna doğru kendi sorularını sordu ve bu sorular aslında konuyu iyi anladığını gösteren sorulardı.

Reagan'ın çok yerinde olduğunu düşündüğüm kararı alması fazla uzun sürmedi. Buna göre sadece 40 adet MX füzesi üretilecek ve bunlar tek bir siloya yerleştirilecekti. Bu karar beni çok memnun etmişti; çünkü bizim azınlık raporumuzla aynı doğrultudaydı ve bence, gereksiz miktarlarda konuşlandırma olmadan ve bizi aşırı tehditkâr bir konuma sokmadan bu şeyleri yapabildiğimizi göstermek, Sovyetler'i etkilemeye yetecekti.

Bu tür heyetlerde çalıştığım sürece kendimce bir kuralım vardı: Raporlarımızı verdiğimiz kişiler bu raporları kamuoyuna duyuruncaya kadar konuyla ilgili her şeyi gizli tutardım. Ancak hükümetle ilgili işlerde bilgileri saklamak hiç kolay değildir, özellikle de meraklı ve çeşitli kaynaklara sahip olan basından bunları saklamak çok zordur. Birkaç örnek vereyim.

1970'lerin başlarında NASA'ya uzay bilimi ve Güneş Sistemi araştırmaları konusunda danışmanlık yapan Ulusal

Bilimler Akademisi'nin Uzay Bilimleri Heyeti'ne başkanlık yapıyordum. Birgün *Time* dergisinin Los Angeles ofisindeki bir gazeteciden bir telefon aldım. Bana heyetin neden "Büyük Tur" görevine karşı çıktığını soruyordu. Adı geçen görevde tek bir uzay aracı, Jupiter'den Pluton'a* tüm gezegenlere uzun ve karmaşık bir yolculuk yapacaktı. Bu yolculuk sırasında zekice bir yöntemle, bir sonraki gezegene gitmek için rota değiştirilirken ziyaret edilmekte olan gezegenin yerçekiminden faydalanılacaktı. Ancak görevin maliyeti yüksekti ve bizler de görevin çok karmaşık ve aşırı geniş hedefli olacağını düşünmüştük. Bütçe daha odaklanmış görevlerle, örneğin en yakın zamanda Jupiter'e düzenlenecek bir görevle, çok daha verimli kullanılabilirdi.

Bu konudaki görüşmelerimizin gizli kalmış olması gerekiyordu ancak birileri gazeteciye bilgi sızdırmıştı. Ben bilgi kaynağının kim olduğunu tahmin edebiliyordum. "Büyük Tur", Pasadena'daki Jet İtki Laboratuvarı'nın (JPL) fikriydi. JPL çalışanları laboratuvarın geleceği sanki bir tek bu göreve bağlıymışçasına projeye odaklanmıştı. Heyetimizde, JPL'le yakın ilişkileri olan Caltech'ten iki kişi vardı. Bunlar, aynı dönemde Caltech'te öğrenci olduğumuz fizikçi Willie Fowler ve biyolog Norman Horowitz'di. Onları aradım. Willie'nin gazetecinin bu bilgiye nasıl ulaşmış olabileceğine dair hiçbir fikri yoktu ancak Norman, bunun büyük ihtimalle kendi hatası olduğunu belirtti: JPL'de projenin en büyük destekçilerinden olan Bruce Murray'e, heyetin Büyük Tur'a karşı olumsuz görüş bildirdiğini söylemişti.

Norman, Bruce'un olayı basına taşıyacağı aklıma hiç gelmemişti diyordu. Bu olay bilgilerin nasıl kolayca dışarı sızabileceğini gösteriyordu. O ara Bruce beni aradı ve öfkesini

---

* Uluslararası Astronomi Birliği 2006 yılında "gezegen" tanımında değişiklik yaptı. Buna bağlı olarak 2008 yılında Pluton "gezegen" olarak anılmak yerine "plutoid" adı verilen farklı bir uzay cismi kategorisine dahil edildi. Bu yeni kategoride Güneş Sistemimizde 2009 yılı başı itibariyle Pluton, Eris, Haumea ve Makemake bulunmaktadır. Ancak yeni keşiflerle bu kategorideki cisim sayısının artması beklenmektedir. [—*çev. notu.*]

kustu. Ona heyetin bu fikre sıcak bakmadığı için üzgün olduğumu ama sonuç olarak projenin olmayacağını ve heyetin şüphelerini benim de paylaştığımı söyledim. Bruce konuyu Amerikan halkına götüreceğini söylüyordu ve eğer JPL'in direktörü Bill Pickering kendisini vazgeçirmese herhalde bunu gerçekten yapacaktı. Bu esnada, bizim kararlarımız hakkındaki gazetecinin ele geçirdiği bilgiler, ucu ucuna hedefini ıskalıyordu. Ben de bu durumdan faydalanarak gazeteciye hikâyeyi doğru şekliyle bilmediğini, ancak bu konu hakkında daha fazla şey açıklayamayacağımı söyledim. Tavsiyelerimiz resmi olarak duyrulana kadar konunun üstü küllenmişti. Sonradan ortaya çıktı ki o dönemde JPL, aşağı yukarı tavsiyelerimiz doğrultusunda, *Voyager* uzay aracını kullanarak Jupiter'e çok daha basit ama mükemmel işleyecek bir keşif planlamıştı. JPL'in zeki mühendisleri asıl görevden sonra bu aracı gezegenlere doğru yönlendirmeyi, en azından Büyük Tur projesinde umulan kadar başarmıştı. Sonuç olarak büyük bir başarı elde edilmişti ve umarım Bruce Murray de memnun olmuştu.

Bir başka seferinde, IDA'de çalıştığım yıllarda, köşe yazarı Joseph Alsop beni yemeğe davet etti ve füzelerle ilgili bir rapor hakkında bilgi istedi. Ona bu bilgileri vermedim. Bunun üzerine bana Amerikan halkının bilgi edinme hakkı üzerine ve bu konuda ona yardımcı olmamın yurttaşlık görevim olduğuna dair uzun bir ders verdi. Doğrusunu söylemek gerekirse verdiği ders aslında mükemmeldi, ama ona istediği bilgileri vermedim.

Birgün bir gazeteci beni aradı ve benzer bir konu hakkında sorular sordu. Ama ona raporun Beyaz Saray için hazırlandığını ve bu bilgileri yalnızca Beyaz Saray'ın açıklayabileceğini söyledim. Üç saat sonra gazeteci tekrar aradı ve Beyaz Saray basın sekreterinin bilgi vermem konusunda yeşil ışık yaktığını söyledi. Ben de, doğrudan Beyaz Saray'dan haber gelir gelmez bildiklerimi açıklayacağımı söyledim. Elbette böyle bir şey asla olmadı. Gazetecinin yalan söylediği açıktı. Bu tür bilgileri elde etmek ve rakiplerinin önüne geçmek o kadar önemlidir ki, gazeteciler her tür yola başvurur. Genellikle de oyunları işe yarar.

Bir keresinde Savunma Sekreteri Casper Weinberger'e gizli olarak sunduğum bir mektup neredeyse tam metin olarak bir hafta geçmeden *Washington Post*'un eline geçti. Benden, MX heyetinin devamı niteliğinde, "Sıkı Deste" adıyla anılan bir Hava Kuvvetleri önerisini değerlendirecek heyete başkanlık yapmam istenmişti. Bu yaklaşımda pek çok füze birbirlerine çok yakın konuşlandırılacak, böylece korunmaları biraz daha kolay olacak ve hepsinin birdenbire yok edilmeleri zorlaştırılacaktı. Heyetimiz, bu girişime pek sıcak bakmayan bir rapor vermişti. Bunun ardından Weinberger bana kişisel görüşlerimi sormuştu. Ben de bunları ona yazdığım bir mektupla aktarmış ve "Sıkı Deste" yaklaşımıyla ilgili ciddi kaygılarım bulunduğu açıklamıştım. Gazetenin elindeki kopya neredeyse kelimesi kelimesine doğruydu. Metin büyük olasılıkla bir gazeteciye telefonda okunmuştu ve çok şükür ki bazı hatalar vardı. Bu da bana gazeteciye "hayır bu tam olarak doğru değil ve konu hakkında söyleyebileceklerim yalnızca bu kadar" deme imkânı vermişti. Olay nedeniyle Weinberger küplere binmişti. Bunu kimin yaptığını hiçbir zaman öğrenemedi, ama mektubu yalnızca Genel Kurmay Başkanı'yla paylaşmıştı. Özellikle Donanma, MX'lerden hoşlanmıyordu ve sızan bilginin kaynağı Donanma olabilirdi ancak benim de konuyla ilgili somut bir bilgim yok.

Danışman olarak görev verilen ancak düşüncelerini kamuoyuna açıklayarak hükümet üzerindeki itibarını yitiren kimi insanlar gördüm. Başkanlık Bilim Danışma Heyeti'ndeki (PSAC) görevim Nixon yönetiminde de sürmüştü. O dönemde gündemi meşgul eden bir konu, sesten hızlı bir taşıt (SST) yaparak İngiliz ve Fransız ortaklı Concorde programıyla yarışmak ve bunu geçmekti. Heyetimiz bu fikre çoğunluk olarak karşı görüş belirtti ve sonunda Nixon programı iptal etti. Ancak bu süre zarfında danışmanlardan biri, Dick Garwin, bir Kongre heyeti önünde ifade veriyordu ve henüz Nixon konu hakkındaki kararını duyurmamışken program aleyhinde açıklamalar yaptı. İfadesinde Dick, yalnızca PSAC üyelerinin bilebileceği bilgileri vermekten kaçınmıştı, fakat Kongre onun bu heyetin bir üyesi olduğunu çok iyi biliyordu. Nixon'un bilim danışma heyetinden giderek

soğumasının nedenleri arasında bu tür olaylar ve Vietnam hakkındaki görüş ayrılıkları bulunuyordu. Heyet üyelerinin, ekibinin güvenilir bir parçası olmadığını düşünmüş ve sonunda PSAC, onun yönetimi sırasında dağıtılmıştı.

Tüm bunlar, Washington'da kuralları bozarak bilgi verme konusunda yapılan ağır baskıların ve bilgi sızmalarını bütünüyle önlemenin imkânsızlığına dair basit birer örnektir. Sonuç olarak benden özel tavsiyeler istendiğinde bunun gerçekten özel kalabilmesi için yoğun çaba sarf ettim. Belki de Cumhuriyetçi yönetimler tarafından, özellikle de Nixon ve Reagan yönetimleri tarafından sık sık danışmanlık için çağrılmamın bir sebebi de bu hassasiyetimdi. Bununla beraber hem Nixon'ı hem de Reagan'ı zaman zaman felsefelerine uymayan doğrultularda karar vermeleri için zorladım. Bu nedenle yönetimlerinin ilk yıllarında benden tavsiye alırlarken, zaman ilerledikçe bundan vazgeçtiler.

Birleşik Devletler'de askerî teknoloji girişimleri içerisinde gelmiş geçmiş en hararetli tartışmalara yol açan programlardan biri, halk arasında daha ziyade Yıldız Savaşları olarak bilinen Stratejik Savunma Teşebbüsü'ydü (SDI). Bu proje, düşmanın balistik füzelerini anti-füzeleriye, olağanüstü güçlü laser ışınlarıyla ve hatta atom parçalarından oluşan ışınlarla vurma şeklinde fazlasıyla cüretkâr bir öneriydi.

Konuyla ilgili ilk ipucunu, 1983 Martında Beyaz Saray Bilim Danışmanı Jay Keyworth adına bana telefon eden mükemmel bir bilimci ve dostum olan Sol Buchsbaum'dan edindim. Bana, Başkan Reagan'ın Beyaz Saray'da önemli bir konuşma yapacağını ve bunun ilgimi çekeceğini düşündüğünü söyledi. Yol masraflarım karşılanarak bu toplantıya katılma inceliği gösterebilir miyim diye soruyordu.

Bana konuşmanın neyle ilgili olduğunu söylemeseler de Beyaz Saray'a gidip, toplantıya katıldım. Başkan güzel bir biçimde açıklayarak, "Karşılıklı Kesin Yok Oluş" doktrini, yani MAD olarak bilinen ve korkuya dayanan denge düzenine son verecek bir girişimin başlangıcını duyurdu. Amerikan halkı bir füze saldırısında artık çaresiz kalmayacaktı. Hatta bu teknolojiyi Sovyetler'le paylaşmayı ve böylece iki ülkenin güvenliğinin kitle ölüm tehdidinden ziyade savunma silahlarının gücüne dayanmasını sağlamayı bile değerlendirecekti.

Bu idealist bir plandı ve teknik camiayı oldukça meşgul edecekti. Ama bende derhal şüpheler oluşmuştu. Bir sürpriz saldırı sırasında, düşman komuta ve kontrol sistemlerimizi şaşırtmak için elektronik karıştırma sinyalleri yayımlarken, gelmesi olası yüzlerce füze arasından bir sürü sahteyi ayırıp savunma silahlarımızı doğru füzelere yöneltmek ve tüm roketleri 15 dakikadan daha kısa bir süre içerisinde yok etmek hiç de kolay bir iş olmayacaktı.

"Evet, bazı zorlukları olduğunu kabul ediyoruz" diyorlardı. Ancak Başkan'ın bilim danışmanlık ofisi Reagan'ın konuşmasını dikkatlice incelemişti ve konuşmada teknik olarak yanlış hiçbir şey bulunmuyordu. Gerçekten de bu konuşmanın arkasında kolayca durulabilirdi. Daha sonradan söylenen pek çok şeyin savunulabilir bir tarafı yoktu, ancak o ilk konuşmada bence de teknik olarak hatalı bir nokta bulunmuyordu.

Bununla beraber, bu sistem gerçekten işe yarayabilir miydi ve bu fikir nereden çıkmıştı? Bunun tamamen Reagan'ın fikri olduğu konusunda temin ediliyordum. Buchsbaum'a bu fikrin yapılabilir olduğuna gerçekten inanıp inanmadığını sordum. O noktada çekingen bir tavır takındı. Silahlı Kuvvetlerin üst kadroları ve Beyaz Saray çalışanları da elbette orada bulunuyordu. Genel Kurmay Başkanı General John Vessey bana "Biliyor musunuz, bu aslında biraz ilginç bir durum. Bu projenin işe yarayacağı konusunda bizler de o kadar emin değiliz, ancak Başkan bu planı duyurmak istedi." Fakat yine de bu fikir nereden çıkmıştı? Vessey "Başkan bizi aradı ve gelip bizimle görüşmek istediğini bildirdi" dedi. Bunun hiç de normal bir şey olmadığını söylüyordu. "Kendi kendimize, Başkan bizimle ne konuda görüşmek istiyor olabilir dedik" diye açıkladı.

Uzunca bir süredir, ta Carter yönetiminden beri, aslında Savunma İleri Araştırma Projeleri Ajansı (DARPA) balistik füzeleri vurmanın yollarını sessizce araştırıyordu. Senatör Malcolm Wallop gibi sürece dışarıdan dahil olan bazıları çalışmalar konusunda oldukça hevesliydi, ancak bunların gerçek ölçekli olarak yapılmaya hazır olduğunu düşünenlerin sayısı oldukça azdı. Pentagon belki işe yarar bir şey çıkar ya

da Sovyetler de benzer bir şeyler üzerinde çalışıyor olabilir diye bu çalışmaları genellikle desteklemişti. Silahlı Kuvvetler hazırlıksız yakalanmak istemiyordu. Bu nedenle sürekli olarak ödenek sağlamıştı.

Genel Kurmay ziyareti sırasında Başkan'la, arzulanan eksiksiz bir savunma sistemi ve bunun uzun vadede olabilirliği üzerine, daha ziyade felsefi olarak bir görüşme yapmaya karar vermişti. Reagan Pentagon'a gidip sunumu dinleyince bu fikre bayılmıştı. Yapmak istediği şey tam da buydu: Nükleer çıkmazı bozacak bir yol bulmak ve Amerikan halkının yaklaşık çeyrek yüzyıldır gölgesinde yaşadığı nükleer kıyamet korkusuna bir son vermek. Özünde Pentagon, bu fikri ideal ve hayali bir füze savunma sistemi olarak anlatmıştı ancak Başkan bu fikre kilitlenmişti.

O dönemki Birleşik Devletler Ulusal Savunma Danışmanı olan Hakim William Clark ve Robert McFarland de toplantıda bulunuyordu. Bana, fikrin pratik olarak uygulanabilirliği konusunda herkesin bazı çekinceleri olduğunu ancak hiç kimsenin Başkan'ı hayal kırıklığını uğratmak istemediğini söylediler. Cap Weinberger'in o döneme ilişkin yaptığı bir yorumda belirttiği gibi şöyle bir hava vardı: "Bilimciler işe bir kez başlarsa, bu tür şeyleri mutlaka yapabilirler." Manhattan ve Apollo programlarının ardından yeterince para ve çalışmayla bilimcilerin her zorluğun üstesinden gelebileceğine dair bir inanç oluşmuştu.

Edward Teller da konuşmayı dinlemek üzere toplantıya katılmıştı. Bugün pek çok kişi Yıldız Savaşları konusunda Reagan'ı gaza getirenin Teller olduğuna inanır; fakat gerçekte durum bu değildi. Hemen o gün Beyaz Saray'da doğrudan Teller'e, bu konuda Başkan'la görüşmüş olup olmadığını sordum. Cevabı "Başkan'la uzunca bir süredir görüşmedim" olmuştu. Teller'ın bu fikirden hoşlandığı açıktı ve sonraki dönemde buna şevkle destek verdi. Hatta projeyi desteklemeye, fikrin çalışır hale getirilemeyeceğine dair kanıtlar ortaya çıktıktan sonra da devam etti. Ancak Reagan'ın kanına giren şey Genel Kurmay'ın verdiği brifingdi.

Yıldız Savaşları'yla ilgili sorun, yapılmak istenenin yalnızca devasa bir mühendislik girişimi olması değil aynı zamanda

hedeflerinin de sürekli değişken olmasıydı. Sovyetler füzelerini ve diğer taaruz silahlarını, bizim eksiksiz bir savunma sistemini asla inşa edemeyeceğimiz bir hızla değiştirebilirdi. Reagan'ın konuşmasının ardından görüşmeler başlar başlamaz sistemin olabilirliği hakkındaki çekincelerimi belirttim. Cap Weinberger'le konu hakkında defalarca görüştüm. Ancak yapılacak bir şey yoktu. Bu, Başkan'ın kararıydı ve uygulanacaktı. Eski dostum laser, yeni projenin merkezinde yer alıyordu: Çok güçlü laserler –belki de X-ışını laserleri– yaklaşmakta olan savaş başlıklarını anında vuracaktı. Yine de fikre genel olarak itiraz etmek durumundaydım.

Washington yetkililerinin Yıldız Savaşları Programı için gösterdikleri inatçılıkta, Apollo programının başarısının önemli bir payı olduğuna yürekten inanıyorum. Apollo öncesinde de bilimciler, astronotları Ay'a göndermede yaşanacak pratik sorunlar nedeniyle ciddi itirazlarda bulunmuşlardı. Bununla beraber yeterince bütçe ve sıkı çalışmayla program başarıya ulaşmıştı. Yıldız Savaşları programında da yeterli çaba gösterildiğinde çözümler bulunacağına dair bir güven vardı. Kendi adıma yoğun bir çalışmanın kaçınılmaz olduğunu, çünkü projenin olabilirliğini dikkatlice incelememiz gerektiğini düşünüyordum. Bununla beraber bu projenin sürekli değişen hedefi, programı Ay programından tamamen faklı kılıyordu. Saldırıyı gerçekleştiren taraf her zaman avantajı elinde bulunduracaktı. Tüm bunlar anlaşıldıkça program giderek daha mütevazi bir hal alacak ve sonunda çok daha sınırlı hedefler konacaktı.

9

ORION'DA YAĞAN YAĞMURLAR

Antik Maserler ve Laserler

Washington D.C.'deki 1963 yılı toplantısı sırasında bir grup radyo astronom, Hollandalı bir bilimci ve Maryland Üniversitesi akademisyenlerinden olan Gart Westerhout'un evinde bir akşam yemeği yedi. Konuklardan biri olan MIT'den Alan Barrett, verdiği haberlerle grubu heyecana boğdu. O ve Lincoln Laboratuvarı'ndaki meslektaşları, uzaydan gelen sinyallerde çok kolay tepkimeye giren ve "serbest radikal" olarak bilinen OH molekülünün işaretini tespit etmişlerdi. Bu, yıldızlararası uzayda radyo astronomi aracılığıyla keşfedilen ilk ve bu alanda varlığı saptanan dördüncü molekül oluyordu. (Diğerleri CN siyanit radikali ile CH ve CH^+ methin radikalleriydi).

California Üniversitesi Berkeley Kampüsü'nden Harold Weaver anlatılanları can kulağıyla dinlemişti. Ertesi sabah ilk iş olarak, Kuzey California'nın uzak bir köşesinde, California Üniversitesi'ne ait bir gözlemevi olan Hat Creek'deki ekibe haber verdi. Birkaç gün içerisinde Hat Creek ekibi, OH'ın belirgin spektral çizgilerin varlığını doğruladı. Hemen hemen aynı zamanda Avustralya'daki astronomlar ve Birleşik Devletler Hava Kuvvetleri Cambridge Araştırma Laboratuvarı da sonuçları doğruladı.

Çok geçmeden Alan Barrett'in keşfini kutlamak için MIT'de bir basın toplantısı düzenledik. Rektör yardımcısı olarak, toplantının sebebini –OH'ın keşfini– duyurdum ve gazetecilere bunun çok önemli bir şey olduğunu söyledim. Bunun belki uzayda daha önce keşfedilen hidrojen gazının 21 santimetre çizgisi gibi bir dönüm noktası olmasa da yıldızlar arası uzaya dair bilgimize çok büyük bir katkı sağladığını

açıkladım. Bugün artık bu keşfi, 21 santimetre çizgisiyle aynı yere koyuyorum. OH sinyali yıldızlar arasında vuku bulan ve daha önce tespit edilmemiş bir olguyu görmemizi sağlayacaktı. Bu olgu, bilimsel değerine ek olarak, benim bireysel ilgi alanlarımın en önemlilerinden biridir.

Washington'da ve daha sonra MIT rektör yardımcısı olarak çoğunlukla bilimsel danışmanlık ve idarecilikle meşgul olarak geçirdiğim 7 yıl boyunca hiçbir zaman, asıl ilgi alanımın araştırma yapmak olduğundan şüphe duymadım. Kaldırılacak ve altında ne yatıyor diye bakılacak bir taş her zaman vardır. Astronominin çekiciliği beni Caltech, Bell Laboratuvarları ve Columbia'da geçirdiğim yıllarda dönem dönem cezbetmişti ve hâlâ bu konuya yoğun bir merak duyuyordum.

Barrett'in keşfinin önemi henüz tam anlaşılamamışken bile bu olay beni benden almıştı. Alan'ı iyi tanıyordum. 1953'ten 1956'ya kadar Columbia'da öğrencim olmuştu ve tezini moleküllerin mikrodalga spektroskopisi üzerine hazırlamıştı. Aynı zamanda sebatlı insanın mükemmel bir örneğiydi. 1955-56'da kullandığım *sabbatical* iznim sırasında Büyük Britanya'da katıldığım uluslararası bir toplantıda, yıldızlar arasında bulunan hidrojen ve helyum yönünden zengin bulutsularda daha pek çok molekülün bulunma olasılığının yüksek olduğuna ve bunların da mikrodalga frekanslarında tespit edilmesinin mümkün olabileceğine dair verdiğim konuşmamdan kısa bir süre sonra Allen Columbia'daki çalışmalarını tamamlamıştı. İzne çıkmadan hemen önce Columbia'da, OH'ın spektral çizgilerinden bazılarını ölçmeyi başarmış ve frekansları hakkında pek çok şey öğrenmiştik. Karbon monoksit (CO) ve eski dostum amonyakla (NH_3) beraber hidroksil bulunabilecek moleküller arasında en güçlü adaylardan biriydi. Doktorasını tamamladıktan sonra, uzayda OH'ın tespit edilmesi Barrett'in kendini vakfettiği bir hedef haline gelmişti.

Alan ve diğer bir genç doktor Edward Lilley, Washington'daki Donanma Araştırma Laboratuvarı'na gitmiş, NRL'nin büyük radyo teleskopunu olası bir bulutsuya çevirmiş ve frekansları OH'ın beklenen değerlerine ayarlamışlar ancak sonuç alamamışlardı. Sonrasında Ed Harvard'a geçip baş-

ka çalışmalara yönelmiş, Alan ise Michigan Üniversitesi'nin astronomi bölümüne geçmiş ve OH'a duyduğu ilgisini sürdürmüştü. O dönemlerde Michigan astronomi bölüm başkanı olan Leo Goldberg'den bir telefon aldığımı hatırlıyorum. Leo kaygılıydı. Üzüntülü bir sesle Alan'ın hayal kırıklığı yarattığını söyledi. "Bize onu sen tavsiye etmiştin ancak onun ilgilendiği tek şey OH gibi görünüyor. Ama bu çalışmaları birgün bir yere varacak mı dersin? Zaten şimdiden başarısız oldu bile." Bunun denemeye değer bir şey olduğunu düşündüğümü ve Alan'ın yeterliliğine inandığımı söyledim. Leo tam anlamıyla ikna olmamıştı.

Başkaları işe yaramayacağına inanırken çok emek isteyen deneysel çalışmalar yürütmek, bir doktora sonrası araştırmacı için cesaret isteyen ve riskli bir girişimdir. Her şey bir yana, başarı elde edememek iş olanaklarını çok sınırlı hale getirir. Alan henüz OH aramalarının karşılığını alamamışken, Michigan'dan MIT'nin elektrik mühendisliği bölümüne geçebildiği için oldukça şanslıydı.

Bu sırada benim Columbia'daki grubum, OH'ın soğurma çizgileri içinde en düşük frekansa sahip olanları yüksek bir hassasiyetle, 1167,34 ve 1665,46 megahertzde, başka bir deyişle 18 santimetre civarında bir dalga boyunda ölçmüş bulunuyordu. Bu frekanslar aynı zamanda yıldızlar arası uzayda bulunması en olası frekanslardı.

MIT'ye geçmiş olan Alan, daha güçlü bilgisayarların ortaya çıkmasıyla uygulanabilir bir hal alan ve otokorelasyona dayanan yeni bir algılama tekniği kullanmak için Sandy Weinreb ve Lincoln Laboratuvarı'ndan bazı mühendislerle temasa geçmişti. Bu algılama yöntemi, frekansa dair hassas bilgilerimizle bir araya gelince çözüm bulunmuş oldu. Belirsizliklerle dolu geçen bir dönemden sonra Barrett'in kariyeri artık parlak ve sağlam olacaktı. Bir zamanlar kimileri tarafından inatla sürdürülen bir meşgale olarak görülen şey artık yerinde bir sebat, net ve istikrarlı bir vizyon olarak yeniden değerlendirilebilirdi.

Yeni buluşlar genellikle yeni bilmeceler olduğunda ortaya çıkar. Sıradaki olay da bir istisna değildi. Weaver'in California Hat Creek'te ekibi Barrett'in keşfini temel olarak

doğrulamış olmakla beraber anlayamadıkları bir şeyler de olmuştu. Bir gece sabaha karşı 3 sıralarında, Berkeley'de bulunan Harold'ı, Hat Creek'teki bir teknisyen aradı. Anten parlak bir bulutsuya doğru yöneltilmiş durumdaydı. Astronomlar, OH'ın karakteristik dalga boyunda arka planda bulunan ışımayı soğuracağı için bu dalga boyunda keskin bir düşüş, bir tür çizgi görmeyi bekliyordu. "Yanlış olan bir şey var" dedi teknisyen. "Ne olduğunu bir türlü anlayamıyorum. Her şey düzgün bir şekilde çalışıyor gibi görünüyor. Doğru frekanslarda da sinyal gözlüyoruz, ama bu sinyallerin işareti ters yönde. Güç, düşmesi gerekirken yükseliyor. Neyi yanlış yaptığım konusunda bir yorumunuz olabilir mi?"

Harold ve meslektaşları, Barrett'in Lincoln Laboratuvarı'daki anteninden daha iyi bir anten kullanarak OH'ın enerjiyi soğurmak yerine yaydığı bir sürü bulutsuyu yakından incelediler. OH'ın spektral izinin spektroskopistlerin "aşırı ince" [*hyperfine*] yapı adını verdiği türden olduğunu, yani bir birine çok yakın bulunan bir grup frekanstan oluştuğunu biliyorlardı. 1965'e gelindiğinde California grubu, bu yapı içerisindeki frekanslarda genellikle garip bir bağıl güç dağılımı olduğunu belirlemişti. O teknisyenin bildirmiş olduğu gibi bu frekanslardan bazıları hayret verici şekilde parlaktı. Sanki muazzam bir verici anten, galaksinin öbür köşesinden güçlü sinyaller gönderiyordu. Harold, normal bir termal uyarılma sonucu toz ve gazların parlamasıyla açıklanamayacak bir süreç bulunduğunu anladı. Bu parlak yıldızlar arası çizgileri barındıran yerlerin sayısı birkaç taneyle de sınırlı değildi. Weaver'ın grubuna paralel olarak John Bolton ve Avustralya'daki ekibi de OH spektrumunda anormallikler tespit etti.

Harold bunun kaynağı OH değil de yeni ve garip bir tür madde olabilir mi diye düşünmeye başladı. Biraz da yaratıcılık becerisini kullanarak bunun için "gizemyum" [*mysterium*] ismini buldu. Bu kelimeyi seçişi helyumun keşfine bir göndermeydi.* Helyum Dünya üzerinde 1895 yılında bulunmasından önce, 1868 yılında Güneş'in görünür spektrumun-

* Helyum, İngilizce "helium", kökeni Yunanca "helios" yani "güneş" olan bir kelimedir. [—*çev. notu.*]

da daha önce hiç görülmemiş birtakım özelliklerden yola çıkılarak keşfedilmişti. Aynı zamanda bu isimlendirme 1865 yılında yapılan bir "keşfi" çağrıştırıyordu. Bu olayda, bulutsularda bir grup yeşil spektral çizgi tespit edilmişti ve bunlar laboratuvarda gözlenen hiçbir şeye benzemiyordu. Bunun yeni bir maddeye işaret ettiğinden şüphelenilmiş ve buna "nebulyum" adı verilmişti. (1927'de Ike Bowen, nebulyumun işaretlerinin aslında "yasak çizgiler" adı verilen sıra dışı salımlar nedeniyle olduğunu gösterdi. Bunlar, oksijen gibi oldukça iyi bilinen atomların çok düşük yoğunluklarda ve çok yüksek iyonlaşma durumunda olduğunda ortaya çıkıyordu ve bu durum laboratuvarlarda daha önce gözlenmemişti.)

Gizemyumla ilgili gelişmeleri bir miktar ilgi göstererek takip etmiştim ancak MIT'de oldukça meşgul olduğum için derinlemesine herhangi bir inceleme yapmamıştım. Fakat saygın Rus kuramcı Iosef Shklovskii bu konu üzerinde ciddi şekilde kafa yormuştu. İlgilenmesi doğaldı; çünkü o ve ben, birbirimizden bağımsız bir şekilde, OH'ın uzayda mikrodalga frekanslarında tespit edilebileceğini öngörmüştük. 1965'te Sovyetler Birliğine ilk ziyaretim sırasında kendisiyle buluştuğumuzda bu konuyu açtığını ve gizemyum sinyallerinin büyük ihtimalle uzaydaki doğal maserlerden kaynaklandığına dair yorumunu duydum.

Uzaydaki maserler mi? O anda jetonum düşmüştü. Bu bana, üzerinde düşünülmesi gereken olası ve çok keyifli bir şey olarak göründü. Uzayda çoğunlukla hidrojenden oluşan ancak başka molekülleri de barındıran, yıldızlardan gelen ışımalar ve atom çarpışmaları nedeniyle ısıl dengenin dışına çıkacak şekilde pompalanan devasa gaz bölgeleri bulunmaktadır. Bunlar denge dışı durumların bulunması için son derece doğal yerlerdir. Elbette doğal olarak oluşan molekül maserleri, rezonansı sağlayan bir oyukluk içerisinde bulunamazlar. Ancak, elektromanyetik dalgalar bir bulutsu boyunca turlarken, nüfus oranı tersine dönmüş enerji seviyeleri ve uyarılmış salımdan oluşan ve özünde laboratuvarda yapılan maser ve laserlerde kullanılanla tamamen aynı olan etkiye maruz kalırsa, gerçek birer maser haline gelebilirler.

Gözlenen olayların maser modeli çözümü MIT'deki

Bernard Burke, Alan Rogers, Alan Barrett ve Jim Moran tarafından ortaya kondu. Bu ekip Lincoln Laboratuvarı'nın Haystack Gözlemevi'ndeki iki anteni beraber çalıştırarak OH kaynağına dair çok yüksek açısal çözünürlük imkânı veren bir girişimölçer yaptı. OH kaynaklarından gelen güçlü ışımaların uzayda çok küçük bir hacimde hatta teleskoplarla ölçülemeyecek kadar küçük bir hacimde oluştuğunu gösterdiler. Bu durumda tek mantıklı açıklama maserler oluyordu. Bu tür enerjilerin sadece ısıl etkiler veya "kara cisim" [*blackbody*] süreçleriyle oluşabilmesi için sıcaklığın o denli yüksek olması gerekiyordu ki bu durumda OH molekülleri var olamazdı.

1967'de –elektromanyetik spektrumun kızılaltı ve mikrodalga bölgesinde astronomi yapmaya kararlı bir şekilde– Berkeley'ye geldiğimde, gökyüzünün mikrodalga spektroskopisiyle incelenmesi benim için doğal bir başlangıç noktası olmuştu. Barrett'in heyecan verici OH keşfine rağmen o zamandan beri başka bir molekül tespit edilememişti. Astronomlar arasındaki genel yargı, OH ve uzayda tespit edilmiş olan diğer serbest radikaller CN, CH ve CH^+'in dışında orada başka bir şey olmadığı gibi görünüyordu. Yaygın görüş; bulutsularda gaz yoğunluklarının çok düşük ve morötesi ışımanın çok yoğun olması nedeniyle varlıklarını sürdüren normal moleküllerin tespit edilemeyecek kadar az olduğu şeklindeydi. Benim 1955 yılında öne sürdüğüm farklı türden moleküllerin tespit edilebileceği şeklindeki düşüncelerimi kimse ciddiye almıyor gibiydi. Bense bunun en azından göz atmaya değer olduğunu düşünüyordum. Ayrıca yıldızlar arası bulutlardaki hidrojen atomlarının radyo ölçümleri hakkındaki çalışmaları incelerken, içlerinde hiç atomsal hidrojen bulunmayan yıldızlar arası toz bulutları hakkında bir dizi ilginç noktayla karşılaşmıştım. Bazı bulutların toz parçaları içermesi buna karşılık atom düzeyinde hiç madde bulundurmaması hayret vericiydi. Bu tür sıra dışı hallerde hidrojenin molekül yapısında olduğuna –yani iki veya daha fazla sayıda hidrojenin birleşmiş olduğuna – dair yaygın olmayan bir varsayım vardı; fakat bu fikir, astronomi çevrelerinin genelinde ciddiye alınmıyor gibiydi. Bununla beraber, pek çok radikal

ve ilginç fikir üretmiş olan iki astronom, Tommy Gold ve Fritz Zwicky, 1961 yılında molekül hidrojenin yaygın olarak bulunma olasılığına dair bir sav ortaya atmıştı. Eğer hidrojen uzayda gerçekten moleküller oluşturuyorsa bunu diğer atom kombinasyonları neden yapmasın diye düşünüyordum. Bunu yapabilecek molekül adayları arasında aklıma ilk olarak amonyak, karbon monoksit, hidrojen siyanit ve diğer birkaç tane geliyordu.

Berkeley radyo astronomi grubu içerisinde önemli bir kişi olan Jack Welch, Hat Creek'te tamamlanmak üzere olan 6 metrelik anteni kullanmayı önerdi ve bana çalışmalara başlama konusunda yardımcı olabileceğini söyledi. Bu yeni teleskopun ilk görevi olacaktı. Gösterilen bu özel alakaya ve cömertliğe rağmen Berkeley astronomlarının çoğunun, fikrimin biraz kaçıkça olduğunu düşündüğü izlenimine kapıldım.

Ancak bütünüyle de tek başıma değildim. Jack Welch sonradan bana, benim 1955 yılındaki konuşmamda ileri sürdüğüm moleküllerden bazılarını aramak için yeni anteni kullanmayı kendisinin de daha önce önerdiğini, ancak bu fikrinin diğer astronomlar tarafından bir vakit kaybı olacağı gerekçesiyle engellendiğini anlattı. Aşağı yukarı bu dönemde Harvard'dan Norman Ramsey de amonyak aramak istemişti. Bu girişime başlamak için hazırlıkları tamamlamış olan bir öğrencisi vardı. Ancak Ramsey'in meslektaşı ve Nobel sahibi Harvard'dan Ed Purcell, amonyağın bulunamayacağından o kadar emindi ki öğrenciyi bu denemelerden vazgeçirmişti. Ona göre eğer bu moleküller var olsa bile, bunlar arasında gerçekleşecek olan çarpışmalar o kadar seyrek olacaktı ki, amonyak uzayın arka plandaki ışımasıyla ısıl dengede bulunacak ve tespit edilmesi mümkün olmayacaktı. Ed'in yürüttüğü mantık bütünüyle tutarlıydı. Ancak temel varsayımı, tıpkı 21 santimetre hidrojen çizgisinin gösterdiği üzere, yıldızlar arası bulutların çok düşük yoğunlukta olacağı ve bu nedenle çarpışmaların çok nadir olacağı şeklindeydi. Bu varsayımın çok yanlış olduğu ortaya çıktı.

Bir süreliğine araştırmaya ilk önce karbon monoksitle başlamayı düşündüm. Ancak bu molekülün temel çizgisi 2,5 milimetre dalga boyundaydı. Bu değer Hat Creek antenlerinin

görece olarak düşük hassasiyetli yüzeyleri için çok kısaydı. Ayrıca bu dalga boyunda güçlendirici bulmak kolay değildi. Sonunda amonyakta karar kıldım. Herhangi bir konsantrasyonda bu molekülün çizgileri alışılmışın dışında güçlüdür ve temel spektral izleri 1,3 santimetre civarında bulunur. Bu değer bile o dönemki radyo astronomi için kısa kalıyordu ancak Hat Creek'in 6 metrelik en yeni anteni bu işin altından kalkabilecek kapasiteydi.

Berkeley'deki öğrencilerimden Al Cheung ve çok başarılı bir doktora sonrası araştırmacı olan David Rank laboratuvarlarımızda amonyak için bir güçlendirici yapma işine giriştiler. Jack Welch ile radyo astronomi grubundan bir mühendis Douglas Thornton amonyak çizgisi civarındaki çalışmalar için planlar hazırlamaya başlamışlardı bile ve faydalı tavsiyeleriyle katkıda bulundular. Beraberce yeni güçlendiriciyi 6 metrelik anten üzerine yerleştirdik. Harold Weaver en büyük toz bulutlarının hangileri olduğu ve bakılacak en iyi yerler hakkında fikir verdi. Harold'un listesinde Sagittarius B2 adıyla bilinen ve galaksinin merkezine yakın bulunan, koyu bulutlardan oluşan bir kütle de yer alıyordu.

1968 sonbaharının başlarında, bir güçlendirici ve iyi filtrelerle düzenek hazırdı. Biz de ölçümlere başladık. Anteni ilk önce galaksinin merkezine çevirdik ama hiçbir şey göremedik. Sonra hemen yakındaki Sagittarius B2 adlı bulut kütlesine döndük ve amonyak çizgisi çıktı! Güçlendirici ve filtre sistemini diğer bir amonyak çizgisine ayarladık ve o da çıktı. Ne kadar kolay ve ne kadar heyecan vericiydi! Basın kuruluşları ve bilimciler bize telefon yağdırmaya başladı.

İki amonyak çizgisinin bulunması yıldızlar arası bulutların asla yoğun olamayacağına dair genel kabul görmüş olan fikri derhal çürütmüş oldu. 21 santimetre ölçümlerinden çıkarılan ve her yerde geçerli olduğu düşünülen bir santimetre küpte 1 ila 10 arası atom bulunduğu bilgisinin aksine, gözlemlediğimiz bulutta bir santimetre küpte 1.000'in üzerinde molekül olması gerekiyordu. Ölçtüğümüz ışımaların verdiği değerlere yetecek kadar çok amonyağı ancak bu kadar fazla molekül yoğunluğundaki çarpışmalar yeterli yüksek enerji seviyesine çıkarabilirdi. Bu tür yoğunluklar Dünya üzerinde

elde edebildiğimiz en iyi vakum ortamlarından hâlâ daha düşüktür, ancak o dönemde uzayda tahmin edilen yoğunluktan çok daha fazlaydı. Bu miktarda gaz aynı yıldızlar arası bulutta bulunan tozla beraber, bulutun iç kısımlarında bulunan molekülleri morötesi ışımadan korumaya ve parçalanmalarını önlemeye yeterliydi.

Deneyimli pek çok astronom, amonyak spektrumlarından çıkarılan molekül yoğunluğunun çok fazla olduğu ve bu durumda fazla süre geçmeden kütle çekimi nedeniyle gaz ve toz bulutunun kendi içine çökmesi gerekeceği şeklinde itiraz etti. Yani moleküller kütle çekimi nedeniyle birbirlerini çekecekler ve birbirlerine doğru çökerek yıldızları oluşturacaklardı. Yoğun olduğu açıkça görülen pek çok bulut vardı ve bunlar kuramın ön gördüğü kadar hızlı biçimde içlerine çöküyor olamazlardı. O gün geçerli olan düşünceler ışığında ölçümlerimiz hiç anlamlı gelmiyordu. Bugün amonyak moleküllerinin ve çok sayıda çökmemiş bulutun nasıl oluştuğu hâlâ tam olarak anlaşılabilmiş değil.

Bundan sonra hangi molekülü aramak gerekirdi? Açık ve kolay bir hedef yoktu. Karbon monoksit ve hidrojen siyanit yalnızca birkaç milimetre uzunluğunda dalgalar üretiyordu. Bunlarla çalışmak için özel bir çaba sarf etmek gerekecekti, çünkü bu dalga boylarında çalışmaya uygun ekipman bulunmuyordu. Suyun bulduğumuz amonyak çizgilerine yakın spektral çizgileri vardı. Ancak suyu, bu dalga boylarını üreteceği yüksek enerji seviyelerine çıkarmak için, yeni amonyak sonuçları sonrasında bile pek olası görünmeyen, çok daha fazla yoğunluk ve yüksek sıcaklık gerekiyordu. Ama Jack Welch, Dave Rank, Al Cheung ve benden oluşan grubumuz suyu da arayabiliriz diye düşündü. Ne de olsa sürprizler olabiliyordu ve gerçekten de oldu! Suyun çizgisini de tespit ettik. Suyu ilk kez Sagittarius B2'de, amonyağı ilk bulduğumuz yerde gördük. Al'ın yaptığı sadece suyu aramak için düzeneğin nasıl ayarlanması gerektiğini hesaplamak olmuştu. Hat Creek'te görevde bulunan gözlemciye telefon etti ve ertesi sabah gözlemci arayarak amonyakta olduğu gibi çizgiler bulunduğunu ancak bunların daha güçlü olduğunu söyledi. Bunların neden orada olduğu açık değildi ancak yine

de oradaydılar.

Amonyağı buluşumuzdan kısa bir süre sonra bir toplantı sırasında Norman Ramsey'le karşılaştık. Uzayda amonyağı keşfettiğimiz için beni tebrik etti ama "biliyorsun, beni amonyağı sizden önce keşfetmekten Ed Purcell alıkoydu" demekten de kendini alamadı. Bana daha önce aktardığım olayı anlattı.

Suyun keşfinde de kimse bizi geçemediği için şanslıydık. Sonradan öğrendiğimizde göre Batı Virginia'daki Ulusal Radyo Astronomi Gözlemevi'ndeki parlak iki doktora sonrası araştırmacı Lew Snyder ve David Buhl, bizim çalışmamızdan kısa süre önce ülkenin en büyük antenini su aramada kullanmak için izin istemişlerdi. Yönetimde bulunan heyet amonyağın bulunacağını bilmediği için, su aramanın antenin kullanım süresini ziyan edecek saçma bir şey olduğunu düşünerek onları reddetmişti.

Sagittarius B2'de su bulununca biz de elbette bu durumun yaygın olup olmadığını anlamak için başka kaynaklar aramak istedik. Al Cheung doktora tezini bu tür spektral çizgiler üzerine yapmakta olduğu için, Noel'in yaklaşmakta olduğu o dönemde başka su kaynaklarını arama görevi ona düştü. Tatil, Al'ın çalışma düzenini değiştirmemişti. Noel haftası sırasında bir gece, Frances ve ben evimizde araştırma ekibimizin pek çok üyesini ve diğer dostlarımızı konuk ederken Al, kuzey California'daki Hat Creek'te yoğun şekilde çalışmaya devam ediyordu. Bize telefon ettiği sırada parti tam da kıvamına geliyordu. Ona işlerin nasıl gittiğini sorduğumda heyecanlı bir şekilde "Şu anda Orion'da yağmur yağıyor olmalı! Çok güçlü bir su çizgisi görülüyor" dedi. Su bulmuştu hem de bol miktarda. Orion'un su çizgisi öncekinden 20 kat daha güçlüydü ve bu değer bekleyeceğimizin çok daha üstündeydi. Çok geçmeden Cheng'in Orion bulutsusunda bulduğu şeyin devasa bir su maseri olduğu ortaya çıktı. O, Hat Creek'in kontrol paneli önünde mutlu ve yorgun bir şekilde otururken biz de Berkeley'deki mutfağımızda şampanya açarak başarısının şerefine kadeh kaldırdık. Her ne kadar su ışımasının maser etkisi nedeniyle olduğunu tahmin etsek de emin olmak için Orion ve diğer kaynaklarla ilgili

gözlemleri, olabilecek en hızlı biçimde Washiongton D.C.'nin biraz dışında, Maryland Burnu'ndaki 26 metrelik Donanma antenini kullanarak tekrar ettik. Donanma Araştırma Laboratuvarı'nda beraber çalıştığımız kişiler Steve Knowles ve Connie Mayer'dı. Daha büyük olan bu anten Orion'un su çizgilerini daha da parlak olarak gösterdi. Başka kaynaklar da vardı. Bulutsu W49 denen ve yeni yıldızların oluşmakta olduğu bulutlu bir bölgedeki su ışıması Orion'unkinden 20 kat daha parlaktı. Tek başına sıcak suyun böyle bir ışıma yapabilmesi için sıcaklığının 50.000 santigrat dereceden daha fazla olması gerekirdi. Bu ise imkânsızdı. Bu durumda gördüğümüz şeyin bir maser olması gerekirdi. Ayrıca ışıma parlaklığının birkaç haftada bir değiştiğini bulduk. Bu ise kaynağın oldukça küçük olduğu ve eğer bu bir maser değilse sıcaklığının bir milyar derece kadar yüksek olması gerektiği anlamına geliyordu. Maserin ve laserin veya uyarılmış ışımanın tekrar tekrar karşıma çıkması, benim için talihli bir alın yazısı gibi görünüyordu. Ne ilginç ve güzel bir şans!

Bugüne kadar uzay maserleri arasında su moleküllerinden oluşanlardan daha güçlüsü bulunamadı. Bunlar bilinen en güçlü radyo istasyonları olarak değerlendirilebilir. Tek bir astrofiziksel su maseri, güneşin tüm ışımasının toplamından çok daha fazla bir güçle tek bir spektral çizgide, başka bir deyişle tek bir frekansta ışıma yapabilir. Bunlardan bazıları, güneş sistemimizden çok büyük olmamalarına rağmen, o kadar güçlü ışıma yaparlar ki bunlara megamaserler adı verilir.

Ulusal Radyo Astronomi Gözlemevi (NRAO) yöneticileri tarafından terslenerek suyu bulmaları engellenen Snyder ve Buhl'e, bizim amonyak ve suyu buluşumuzun ardından alelacele Green Bank'dai NRAO teleskopunu kullanma izni verildi. Onlar da başka molekülleri avlamak için işe giriştiler ve başarılı oldular. Buldukları pek çok molekülden ilki formaldehitti (HCHO). Bu çalışmayı, yeni moleküllerin keşfiyle ilgili haberleri duyarak heyecanlanmış olan, Harvard'dan iki genç astronom Ben Zuckerman ve Pat Palmer'la işbirliği içerisinde yapmışlardı. Lew Snyder formaldehiti bulduktan sonra bana, eğer isteseler grip virüsünü aramak için bile kendilerine anteni kullanma izni verileceğini düşündüğü söyledi.

Maserden esinlenilerek eğlenceli biçimde türetilen kısaltmalarda son nokta, bu formaldehit keşfiyle ilişkili olabilir. Şans eseri bu molekül, çarpışmalar sonucu yüksek enerji seviyesinden düşük enerjisi seviyesine geçmektedir. Böyle olunca da Büyük Patlamadan geriye kalan ve evrende her yerde bulunan 3 derece sıcaklığa karşılık gelen (aslında 2,7 K) arka plandaki ışımayı soğurmaktadır. Bundan önce gökyüzünde bulunabilecek en düşük ışıma sıcaklığının 3 derece olduğu kabul ediliyordu. Ancak formaldehit dalga boyu, soğurma nedeniyle, bundan daha düşük bir sıcaklıktadır ve belki de tüm spektrumun en karanlık yeridir. 3 dereceye karşılık gelen arka plandaki mikrodalga ışımayı soğurmasıyla formaldehitin davranışı, bir zamanlar Art Schawlow'un türettiği dasar, yani "ışımanın uyarılmış soğurumuyla karanlığın güçlendirilmesi" kelimesine iyi bir şekilde uymaktadır.

Ardı ardına moleküller bulunmaya başlanmıştı ve çok geçmeden Bell Laboratuvarları'ndan Arno Penzias ve Bob Wilson, Arizona'da 2,5 milimetrelik dalgalar için güçlendiricisi olan iyi bir kısa dalga radyo teleskopu kurdular ve karbon monoksiti tespit ettiler. Bu molekül yıldızlar arası bulutlarda yaygın olarak bulunur ve ihtimalle bu molekül, bulutların yoğunluklarını, sıcaklıklarını ve hareketlerini incelerken en çok kullanılan moleküldür. Bugün uzayda 100'den fazla molekül bulunmuş durumda. Bunların arasında organik moleküller ile hidrojen siyanit, alkol, eter, metan, asetik asit (yani sirke) gibi tepkinliği yüksek moleküller hatta daha önceden bilinmeyen, bir nitrojenle sonlanan karbon atomlarının oluşturduğu çok uzun doğrusal zincirli yapılar vardır. Bu tür moleküller aslında biyologların canlılığın kökeninde yer almış olduğunu düşündükleri türden moleküllerdir. Moleküllerin radyo frekanslarında bugün bilinen spektral çizgilerinin hepsi maserlerden geliyor değildir. Ancak doğal maserlerin oluştuğu 100'den fazla dalga boyu biliniyor ve bu süreçlere pek çok değişik molekül katılıyor.

Uzaydaki maserler, içerlerinde yer alan olaylar hakkında bize, olası bölgesel sıcaklıkları, yoğunlukları, hızları, şok dalgaları ve yıldızlardan saçılan maddeler gibi konularda pek çok bilgi imkânı veriyor. Maserler çok güçlü fakat çok geniş

olmadıkları için aynı zamanda radyo astronomi için iyi birer noktasal kaynak, başka bir deyişle birer işaret noktası vazifesi görüyorlar. Yani, radyo astronomlar bunların gökyüzündeki açısal konumlarını ve hızlarını çok hassas bir biçimde ölçebiliyorlar. Yakın bir geçmişte bu uygulamanın harika bir örneği verildi.

1994 yılında, MIT'den Cambridge'deki Harvard-Smithsonian Astrofizik Merkezi'ne geçmiş olan Jim Moran'ın yönetimindeki bir grup Çok Uzun Taban Çizgili Dizi'nin (VLBA, Virgin Adaları'ndan Hawaii'ye kadar uzanır) on adet radyo teleskopunu, Büyükayı istikametinde ve yaklaşık 20 milyon ışık yılı uzaklıktaki NGC4258 adıyla bilinen galaksiye çevirdi. Önceki çalışmalar bilinen en güçlü su megamaserlerinden bazılarının spiral kollu bu galaksinin merkezinde bulunduğunu gösteriyordu. VLBA'nın girişimölçeri kullanılarak bu moleküllerin kesin konumları ve Doppler kaymaları (yani hızları ve hareket yönleri) belirlenebilirdi. Ortaya çıktı ki bu maserler, galaksinin merkezinde ve güneş sisteminden 1.000 kat daha geniş olan, düzleşmiş ve dönen bir gaz diskinin içerisine gömülmüş parlak birer mücevher gibi duruyorlardı. Bu maserleri birer işaret noktası olarak kullanan Jim Moran, Lincoln Greenhill ve ekipleri, hızla akan gazın Güneş'ten 37 milyon kat daha geniş olan bir kütlenin etrafında dolanmakta olduğunu gösterdiler. Bu dev cüsseli madde yığını bir kara delik içerisinde, yani çöken maddelerden oluşan ve aşırı yoğunluğu nedeniyle her şeyi içinde hapseden hatta ışığın bile kaçmasına olanak tanımayan bir bölgede toplanmıştı. Bu sonuç, bazı galaksilerin merkezinde bu tür aşırı büyük kara deliklerin bulunduğuna dair kuramsal öngörülerin bugüne kadar elde edilen en açık kanıtlarından birini veriyordu. Kuasarların –bilinen en parlak cisimlerin– oluşmasını büyük olasılıkla bunların güçlü kütle çekimleri sağlıyor ve aynı zamanda bunlar, aktif olarak isimlendirilen galaksilerden gelen güçlü enerji fışkırmalarını da açıklıyor. Bu kara deliklerle ilgili bilmeceler hâlâ var. Öğrencilerimden üçü; Eric Wollman, John Lacy ve Tom Geballe bir süre önce iyonize gazların Doppler etkilerinin spektroskopik ölçümleriyle Samanyolu'nun, yani kendi galaksimizin merkezinde, Güneş'ten birkaç milyon kat fazla

bir kütleye sahip olan bir kara delik olduğuna dair kanıtlar buldu. Şaşırtıcı biçimde bu yapıdan fazla miktarda enerji fışkırmıyor ve varlığından şüphe ediliyor. Ne yazık ki etrafında, NGC4258'de olduğu gibi, kolay ölçüm imkânı verecek maserler bulunmuyor. Şu ana kadar pek çok farklı ölçüm yapıldı ve kendi galaksimizin de geniş bir kara deliğin etrafında yer aldığına dair giderek artan kanıtlar toplandı. Bunun içerisine yeni maddeler düştükçe neden enerji salan bir kuasar gibi davranmadığı ise anlaşılabilmiş değil.

İlk maserin yapılışının ardından bilimcilerin Dünya üzerinde giderek daha kısa dalga boylarını kullanmaya başlamaları gibi, uzaydaki maserlerin keşfi giderek spektrumun daha altlarına, laser dalga boylarına doğru kaydı. Berkeley öğrencilerinden Mike Johnson, Al Betz, Ed Sutton ve Berkeley araştırmacılarından Bob McLaren'in 10 mikrometre civarındaki kızılaltı bölgedeki dalga boylarında, Mars gezegeninin karbon dioksit (CO_2) ışımasına dair ölçümleri, CO_2'in kızılaltı ışımasının Mars atmosferinde bir miktar güçlenmekte olduğunu gösterdi. Bu ölçümlerden CO_2 moleküllerinin güneş ışığı etkisiyle laser davranışı gösterecekleri duruma geldikleri anlaşılıyordu. NASA'dan Mike Mumma ve ekibi, Mars'taki CO_2 laser etkisine dair çok daha kesin ölçümler yaptı. Bu çalışmalar, daha önce de bahsettiğim üzere, laser patentiyle ilgili duruşmalarda küçük bir rol oynadı. Çok zayıf ve pek etkileyici olmamakla beraber Mars'taki laser, bir gerçektir.

Berkeley'ye geçişimin üzerinden fazla geçmeden astrofiziksel kaynakların kızılaltı spektrometresine dair bir program başlattım. Spektrumun kızılaltı bölgesinin çoğunluğu, Dünya atmosferinin alt tabakalarında bulunan su molekülleri tarafından soğurulur. Bu nedenle bu dalga boylarında ölçüm yapmanın tek yolu stratosfere çıkan bir uçak kullanmaktır (veya çok daha fazla masraf yaparak uzaya çıkmaktır). Arizona Üniversitesi'nden Frank Low gibi bazı kimseler uçaktan kızılaltı bölgede gözlemler yapmaktaydı. Berkeley'ye geçtikten sonra ben de benzer bir şekilde spektroskopik çalışmaların yapılabileceğini düşündüm. Bunun sonucu olarak, NASA'nın Berkeley'ye arabayla 45 dakika mesafede bulunan Mountain View'deki Ames Araştırma Merkezi'nden havalan-

dırdığı uçaklardaki teleskopları kullanmaya grubumuz 20 küsür yıldır epey vakit ayırdı.

Bu uçan gözlemevlerinde asıl olarak 1/20'den 1/5 milimetre dalga boyuna uzanan, uzak kızılaltı ışımaları inceledik. Başlangıçta küçük bir Learjet'le uçuyorduk ancak 1976'dan itibaren, NASA'nın yeniden düzenlenen bir Boeing 747 içinde daha büyük bir uçan gözlemevi kurarken emekliye ayırdığı dört jet motorlu C-141'den dönüştürülmüş *Gerard P. Kuiper Uçan Gözlemevi*'ni sık sık kullanmaya başladık.

Yıldızlar arası kızılaltı soğurma ve salım çizgilerine dair bilgilerimize önemli katkılar sağlayan *Kuiper* aynı zamanda Güneş sisteminin dışındaki bir laserin ilk keşfinde kritik bir rol oynadı. Bu konudaki ilk ölçümler stratosferden değil yerden yapılmıştı. J. Martin-Pintado yönetimindeki uluslararası bir ekip MWC349 olarak bilinen sıcak, devasa bir yıldızı inceliyordu. Yıldızın milimetrelik dalga boyundaki spektrumunda atomsal hidrojene ait alışılmadık şekilde güçlü çizgi-



Resim 12: Dünya atmosferinden geçemeyen ışımayı gözlemek için kullanılan ve yüksek irtifada uçan bir uçakta yer alan *Kupier Astronomik Gözlemevi*'nin içi. Gözlem esnasında Charles Townes ayakta duruyor ve araştırma öğrencisi Sara Beck kontrol birimlerinin önünde oturuyor.

ler gözleniyordu. Astronomlar bunun, astrofiziksel bir atom maserinin varlığına dair ilk açık kanıt olduğuna karar verdiler. O zamana kadar gözlemlenen tüm astrofiziksel maserler moleküllerden oluşuyor ve molekül dönüşlerine bağlı enerji seviyesi geçişlerine dayanıyordu. Hidrojen-atom maserinin Güneş'in kütlesinin 26 katına sahip bir yıldız olan MWC349 yıldızının yörüngesinde bulunan ve bunun genişlemesiyle orta çıkan bir diskin içerisinde oluştuğu anlaşılıyordu. Bu yapı, NGC4258 galaksisinde Moran'ın grubunun gözlemlediği, içerisinde parıldayan su maserleri bulunan devasa diske küçük ölçekli olarak benzerlik gösteriyordu.

Maser etkisini sağlayan olay hidrojenin tekrar birleşmesine dayanıyordu. Yıldızı çevreleyen disk içerisindeki gazın neredeyse tamamı, elektronların protonlardan ayrılmış ve uzaklaşmış bir halde bulunduğu iyonlaşmış plazmaydı. Ara sıra bir proton bir elektron yakalıyordu. Bu tür yakalamaların sonucunda çok yüksek enerjili hidrojen atomları oluşuyordu. Bu atomların yeterli miktarı temel, yani en düşük enerji durumuna doğru gevşerken çok sayıda maser dalga boyunun oluşmasına imkân sağlıyordu.

Milimetrelik dalga boyunda maser etkisi açıkça görülmesine ve başka gruplarca da doğrulanmış olmasına rağmen, bu yıldızın optik dalga boylarında gözlemlenmesi tamamen normal bir hidrojen spektrumu veriyordu. Optik ve milimetrelik dalga boyları arasında spektrumunun uzak kızılaltı adı verilen ve yeryüzünden görülemeyen bir bölümü bulunur. MWC349'daki maser etkisinin nerede kesildiğini bulmak için yerden çok yüksekte olan bir gözlemevi gerekiyordu.

Ağustos 1995'te Smithsonian Enstitüsü'nün Ulusal Havacılık ve Uzay Müzesi'nden Vladimir Strelnitski ve Howard Smith'in (başka bir Berkeley mezunudur) yönetimindeki bir grup, *Kuiper*'i Hawaii'den California'ya kadar uçururken bu alışılmadık yıldızı gözlemledi. Uzak kızılaltında, 169 mikrometre dalga boyunda, ısıya bağlı salım değerinden 6 kat daha güçlü olduğu açıkça görülen bir çizgi tespit ettiler.

Hatta daha yakın bir tarihte, Fransa Grenoble'dan Clemens Thum ve bir grup Avrupalı bilimci, Avrupa'nın yörüngedeki Kızılaltı Uzay Gözlemevi (ISO) uydusunu kullanarak

bu yıldızın etrafındaki hidrojenin 19 mikrometre kadar kısa dalga boylarında laser oluşturduğunu tespit ettiler. Böylece bugün bilinen en güçlü uzay laseri keşfedilmiş oldu.

Bu kadar çok astrofiziksel maser ve Güneş sisteminin dışında en azından bir tane güçlü laser varken, uyarılmış salımın anlaşılmasının hemen ardından uzayda da böyle şeyler olabileceğini neden kimsenin düşünemediğini insan merak ediyor. Bu neredeyse maserin veya laserin keşfinin neden daha önce olmadığı kadar şaşırtıcı bir durum. Bir şey keşfedildiğinde aşikar bir hal alıyor. Uzayda yoğunluğun düşük olduğu bir sır değildi. Bu nedenle atom ve moleküllerin yüksek enerji seviyesine çıkmasını sağlayabilen enerji kaynaklarının, enerji dağılımını tersine çevirmesi için pek çok olanak var demekti. Ayrıca, eğer daha fazla radyo astronomi çalışması daha erken dönemlerde yapılsaydı, maserler pekala gözlemlenebilirdi. Teknik olarak bu 1930'larda yapılabilirdi. Böyle bir keşif, bu özel ışımanın ardında yatan fiziksel olaylara dair yoğun tartışmalara yol açardı ve eminim bu da insanlara Dünya üzerinde maser ve laserler yapma konusunda ilham vererek, bunların gerçekte olduğundan çok daha erken ortaya çıkmasını sağlardı. Maserler ve laserler evrende milyarlarca yıldır yaygın olarak bulunuyorlardı ve icat edilmelerine gerek yoktu. Sadece uzaya –maseri gizleyen ve ters çevrilmemiş bu taşa– yeterince dikkatli bakmamıştık.

Maserin ilk yıllarında, bu cihazın bilime en büyük faydasının olağanüstü hassaslığı ve kesinliği nedeniyle olacakmış gibi görünüyordu. Neredeyse saf ve değişmeyen frekanslar üretebilmesi daha önce mümkün olmayan kesinlikte zamanı hesaplama ve ölçümler yapma imkânı veriyordu. Yeni tür laserler hayata geçirildikçe, laser ışınlarının saflığının ve yoğunluğun beraberce harika imkânlar yaratabileceği anlaşıldı. Kendi başlarına ilginç olsalar da, insan yapımı maser ve laserler bilim için temel olarak birer araçtır. Bunlar birer varılan son nokta değil birer vasıtadır.

Astrofiziksel maserler ve laserler kendi başlarına birer heyecan kaynağı olmakla beraber maser ve laserlerin en büyük önemi astronomide, diğer bilim dallarında olduğu gibi, birer araç olmalarında yatar. Kendi çalışmalarımda bunlar-

dan çokça istifade ettim. Laser ve maser cihazları olmadan gerçekleştiremeyeceğim bazı şeyler yaptım. Son dönemde laserler, yıldızların ve onların hemen etrafında bulunan maddelerin yüksek çözünürlüklü görüntüsünün alınması projeleri için temel teşkil ettiler. Uzaya bir mikroskopla bakmak gibi de düşünülebilecek olan bu yöntemin adı yıldız girişim ölçümüdür. Temel teknik laserden çok önceye dayanır ve ilk kez yirminci yüzyılın başlarında fizikçi Albert Michelson tarafından başarıyla uygulanmıştır.

Michelson belki de en çok ışık hızını ölçmesi ve 1887 yılında farklı bir tür girişimölçer (Edward Morley'le beraber) kullanarak ışığın algılanan hızının gözlemcinin vektörel hızından bağımsız olduğunu göstermesi nedeniyle tanınır. Bu tarihi deney, görecelik için deneysel temeli oluşturmuştu.

Michelson 70 yaşlarındayken Pasadena'nın yukarılarında bulunan Wilson Dağı Gözlemevi'ne gelmişti. George Ellery Hale tarafından burada kurulmuş, 1920'ler de dünyanın en büyüğü olan 2,5 metrelik Hooker Teleskopu'nun cazibesine kapılmıştı. Michelson'un amacı yıldızların büyüklüğünü ölçmekti. Kendi güneşimizin ölçümü dışında kimse böyle bir şeyi başaramamıştı. Doğal olarak seçilen bir hedef Orion takımyıldızının üstüne yakın, parlak kırmızı bir yıldız olarak görülen, daha ziyade Betelgeuse olarak bilinen ve görece olarak yakın olan Alpha Orionis'di.

Michelson, Hooker'ın aynasının büyük kısmını örtüp yüzeyinde Betelgeuse'den gelen ışığı yansıtmak için birbirinden uzak yalnızca iki nokta bıraktı. Yıldızdan gelen iki ışının örtüşmesine ve dalgaların girişim yapmasına imkân vererek parlak ve karanlık şeritler elde etti. Ardından, üzerinde bu şeritler kaybolana dek birbirinden uzaklaştırılabilen iki ayna bulunan 6 metrelik bir destek çubuğunu teleskopa yerleştirdi. Bu düzenek ona yıldızın çapını hesaplama imkânı verdi. Böylece 1920'lerin sonunda Michelson ve asistanı Francis Pease bir yıldızın büyüklüğüne dair ilk gerçek ölçümü yapmış oldu. Ölçümdeki açısal büyüklük, bir kurşun kalemle yapılabilecek en küçük noktanın bir buçuk kilometre uzaktan görüldüğü halinden daha büyük değildi. Michelson'un ölçtüğü çap 1/20 yay-saniye kadardı. Ama eğer astronomlar

yıldızın uzaklığı için 400 ışık yılı derken haklıysalar bu durumda yıldızın çapı 800 milyar kilometrenin üzerinde olarak hesaplanıyordu. Bu değer kendi yıldızımız Güneş'in çapının 600 katı ve Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesinin 3 katı anlamına geliyordu.

Girişim bilimi, deneycinin olağan üstü dikkatli olmasını gerektirse de ve sıradan optik görüntüleme kadar kolayca anlaşılabilir olmasa da aslında hiç de karmaşık bir şey değildir. Kısaca şöyle açıklanabilir: Eğer, noktaya benzer bir kaynaktan gelen sinyaller iki ayrı aynaya çarpar ve bunlar sonra bir araya getirilerek birleştirilirse, ilginç sonuçlar elde edilebilir. Bu sinyaller dalga oldukları için tepe ve çukur noktaları bulunur. Böylece, birleştikleri noktaya varırken aralarında oluşan bağıl zaman farkına, başka bir deyişle bağıl fazlarına bağlı olarak sinyaller birbirlerini ya güçlendirirler ya da sönümlendirirler. Bu faz farkı ise aslında kaynaktan aynalara olan mesafeler arasındaki farka bağlıdır. Işık dalga boyunun sadece yarısı kadar bir fark, yani bir santimetrenin 25 binde biri kadar bir fark, tam güçlendirmeden tam sönümlendirmeye geçmek demektir. Kaynak, aynaların önünde azıcık hareket ettiğinde, kaynaktan gelen sinyallerin aynalara varma süresi birbirlerine göre değişir. Bu ise iki sinyalin toplamının artmasına veya azalmasına sebep olur. Oluşan bu şeritli yapıya "saçak" adı verilir. Eğer kaynak tam anlamıyla bir nokta değil de birbirine yakın parçalardan oluşuyorsa bu durumda, bir parçanın saçağındaki maksimumlar diğer parçanın saçağındaki minimumlarla örtüşebilir. Sonuçta maksimumlarla minimumların bir ortalaması gözlendiği için toplam ışık miktarı çok yukarı çıkmaz veya çok aşağı düşmez. Bu sonuç gözlemciye kaynağın bir büyüklüğü olduğunu ifade eder. Eğer kaynağın büyüklüğü saçaktaki bir maksimum ve minimum arasındaki mesafeye yakın ölçülerdeyse, ışık gücündeki değişimler bulanık bir hal alır. Görüntüdeki bu bulanıklaşmanın miktarı da kaynağın büyüklüğüne dair bir ölçüm verir.

Aynalar birbirlerinden ne kadar uzak olursa, kaynağın pozisyonundaki küçük farklılıklara karşı o denli hassas olurlar ve böylece ayrıntılı bilgi toplayabilirler. Farklı pozisyonlarda bulunan ve aynalar arası mesafesi farklı olan teles-

koplar kullanarak sinyal kaynağının ayrıntılı bir haritasını iki boyutlu olarak çıkarmak mümkündür. Tüm bu deneysel süreç aynaların çok dikkatli kontrolünü, titremelerin mutlak minimuma düşürülmesini ve hassas ölçümlerin yapılmasını gerektirmektir. Michelson'un üstün deneysel mahareti onun bazı sonuçlar elde etmesine imkân vermişti. 2,5 metrelik teleskopu kullanarak yaptığı ilk deneylerinin ardından Wilson dağında, bu amaç için özel olarak hazırlanmış ve yıldızlardan gelen sinyalleri yakalamak üzere aynaları daha ayrık olarak yerleştirilmiş bir girişimölçer kurdu.

Wilson dağında Michelson bir yanda ışığın hızını ölçmekle meşguldü. Işığın hızını içi boşaltılmış bir boru içerisinde ölçmek için planladığı son deneyi tamamlayamadan, 1931 yılında öldü. Yeni girişimölçerle yapmayı planladığı çalışmaların büyük kısmı da yarım kalmıştı. Bu çalışmaları asistanı Francis Pease yürüttü. Pease bu deneyle 10 yıl kadar uğraştı ancak yıldızların büyüklüğüne dair uygun bir ölçüm yapmayı hiçbir zaman başaramadı.

Sonraki yıllarda kimi bilimciler Michelson'un tekniklerine benzer yöntemler kullanarak bazı yıldızların büyüklüklerini ölçmeyi başardılar. Bu işler ne yazık ki hiç kolay olmamıştı; çünkü optik girişim ölçümleri çok zorlu çalışmalar gerektiriyordu. Bileşenlerin, bir santimetrenin 250 binde biri kadar bir hassasiyetle hizalanması ve bu pozisyonda kontrol edilmesi gerekiyordu. Ancak bugün laserler bu tür zorluklarda bazı çıkış noktaları sağlıyor. Öncelikle laserler, optik bileşenlerin pozisyonlarının ve hizalanmalarının hassas bir şekilde ayarlanmasında kullanılmaktadır. (Şaşırtıcıdır, bu işte de girişim özelliğinden faydalanılır). 1960'ların sonlarında bu teknikten ve laserlerin olanaklı kıldığı başka bir girişim ölçüm tekniğinden faydalanmaya karar verdim. Bu tekniğin adı kızılaltı ışımanın heterodin algılanmasıydı.

Heterodin tip algılayıcı bir dalga boyundaki sinyali daha uzun bir başka dalga boyundaki sinyale dönüştürür. Anafikir gelen sinyali, yerel olarak bulunan bir salınım cihazının ürettiği neredeyse aynı dalga boyunda ikinci bir sinyalle karıştırmaktır. Gelen sinyal değiştikçe, salınım cihazının sinyaliyle eş faza girer ve çıkar. Sonuçta elde edilen şey, frekansı

düşük bir tempoda atan ve gelen sinyalin taşıdığı bilginin büyük kısmını hâlâ içinde barındıran ancak daha düşük frekansta olduğu için daha kolay işlenebilen bir sinyaldir. Radyo alıcılarında yaygın olarak kullanılan bu yöntemde iyi bir salınım cihazına ihtiyaç vardır. Radyo dalgalarından çok daha kısa olan dalga boylarında ihtiyaç duyulan bu salınım cihazlarını artık laserler sağlıyor.

Berkeley'den iki doktora öğrencisi; Michael Johnson ve Albert Betz bu proje üzerinde çalışmaya başladılar. Ancak bu iş, laserlerin ve modern kızılaltı algılayıcıların yardımıyla bile olsa hiç de kolay bir şey değildi. Her zaman harika öğrencilerle çalıştığım için kendimi hep şanslı bulmuşumdur. Bu ikili de bu şansımın bir örneğiydi ve projenin gerçekleştirilmesini onlar sağladı. Teleskoplar hariç tamamlanmış olan sistem Berkeley'deki laboratuvarımızda bir araya getirildi. Sistem, yerel salınım cihazı olarak 10 mikrometre civarında dalga boyu olan bir karbon dioksit laser kullanıyordu. Çalışmalara 1973 yılında, kızılaltı ışımaları algılamak amacıyla Arizona'daki Kitt Zirvesi Ulusal Gözlemevi'nde, pek az kullanılmakta olan ve aralarında 5,5 metre bulunan bir çift güneş teleskopunu kullanarak başladık. Ekipmanları Berkeley'den Kitt Zirvesi'ne bir kamyonla naklettik. Bunlar oraya yerleştirildikten sonra, Kitt Zirvesi'ne en yakın olan büyük yerleşim merkezi Tucson ile San Fransico arasında uçtuk durduk. Girişim ölçümlerine ek olarak heterodin algılama sistemi astronomik cisimler üzerinde çok güzel bir biçimde spektroskopik ölçümler yapma olanağı da verdi. Betz ve Johnson bu düzeneği kullanarak, daha önce anlatıldığı üzere, Mars'taki doğal CO_2 laser güçlenmesini keşfettiler. Buna ek olarak, Mars ve Venüs'teki rüzgâr hızlarını büyük bir kesinlikle ölçtüler.

Pek çok hazırlık, deneme ve yanılmadan sonra girişimölçerlerle yapacağımız ilk test, yalnızca Merkür gezegeninin sınırlarını belirlemekten ibaretti ve düzenek çalışıverdi! Biz de bunu, başarıya ulaştığımız zaman ısmarlamayı vaat ettiğim fiyakalı bir akşam yemeğiyle hep beraber San Fransico'da kutladık.

Bundan sonra ilgimizi Betelgeuse'a, Mira adında iyi bilinen değişken bir yıldıza ve Kuzey Yarıküre'deki en parlak

kızılaltı yıldızlardan biri olan ve Aslan Takım Yıldızı'nda bulunan IRC+10216'ya yönelttik. Mike ve Al, doktora derecelerini almak üzereyken Ed Sutton isminde yeni bir doktora öğrencisi projeye katıldı. Girişimölçer bize yıldızların etrafında bulunan ve bir zamanlar bu yıldızların fışkırttığı gazlardan yoğuşan sıcak tozların büyüklüğü ve kimi özellikleri hakkında bazı ölçümler sağladı.

Kitt Zirvesi çalışmaları umut vericiydi, fakat sadece bir başlangıç, bir prototip sistemdi. Daha iyi cihazlara ihtiyacımız olduğu açıktı. Her şeyden önce, girişimölçerin farklı büyüklerdeki kaynaklar için en iyi şekilde ayarlanabilmesine olanak verecek şekilde hareketli teleskoplar istiyordum. Bu tür teleskopların kurulması için yaptığımız ilk başvurular Ulusal Bilim Vakfı ve Savunma Departmanı tarafından geri çevrildi. İnceleme heyetindeki astronomlar kızılaltı girişim ölçümlerinin, istenen bütçeyi haklı kılacak kadar bir potansiyel taşımadığını düşünmüştü. Michelson'un yardımcısı Francis Pease'in yaşadığı hayal kırıklıklarından sonra optik girişim alanında yürütülen sıkı çalışmalar bazı sonuçlar vermekle beraber, bu alandaki faaliyetlerden büyük oranda vazgeçilmişti.

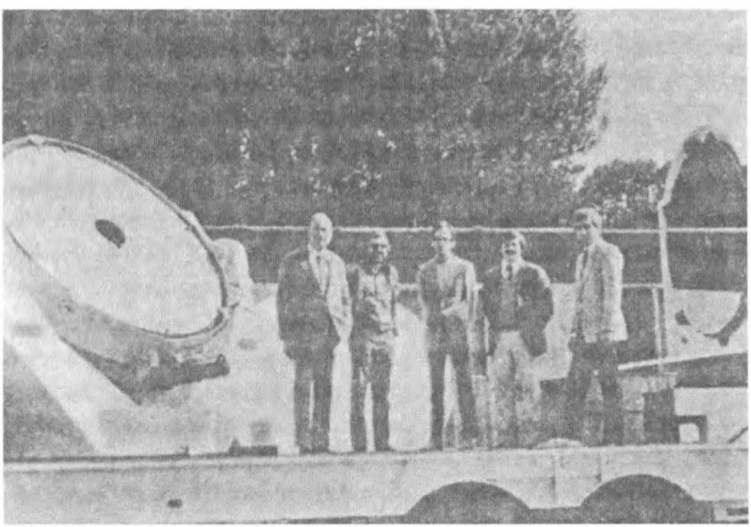
Nihayet 1982'nin sonlarında, Pentagon'un İleri Araştırma Projeleri Ajansı'ndan girişimölçerin kurulması için 2,5 milyon dolarlık bir fon aldık. Donanma, geleneksel ilgi alanı olan (gemilerin yıldızları kullanarak yönlerini buldukları günlerden kalma bir miras olarak) yıldızların konumlarına dair bilgilere katkı sağlayabileceğini düşünerek girişimölçerin sağlam bir destekçisi oldu ve yardım etti. O dönemde artık deneyimli bir bilimci haline gelmiş olan Ed Sutton'la beraber kampüsün doğusundaki tepede yer alan Berkeley Uzay Bilimleri Laboratuvarı'nda düzenekleri kurma işine giriştik. Bize kısa bir süre sonra, genç birer doktora sonrası araştırmacı olan Harvard'dan Bill Danchi ve Almanya Köln'den Manfred Bester katıldı.

Kurduğumuz düzenekteki girişimölçerin iki teleskopunun her birinde 1,5 metrelik bir ayna bulunuyor ve bir römork üzerine yerleştirilmiş olan teleskoplar bir kamyon aracılığıyla taşınabiliyor. Kullandığımız teleskop tasarımı da biraz sıra dışı oldu. Teleskopların istenen noktaya bakması

2 metre çapında büyük, düz ve döndürülebilen bir aynayla sağlanıyor. Bu düz aynalar römorkların ortasında açıkta duruyor ve sinyalleri 1,5 metrelik parabolik aynalara yansıtıyor. Bunlarda kızılaltı ışını önce odaklıyor sonra da gerisin geri düz aynalar üzerinde bulunan bir delikten geçecek biçimde algılama sistemine gönderiyor.

Optik veya kızılaltı girişim çalışmaları yapmak için ideal yer kuzey Şili'dir. En iyi görüş, yani astronomların tespit edebildiği en düşük seviyedeki atmosfer hareketliliği oradaki dağlarda bulunur. İyi bir görüş kalitesi bir zorunluluktur. Atmosfer nedeniyle oluşan bozulmalardan kaynaklı bulanıklık hem tüm ışığın iyi bir şekilde odaklanmasını engeller hem de ışık dalgalarının fazını değiştirerek yüksek kaliteli girişim ölçümü yapma şansını ortadan kaldırır.

Birleşik Devletler'in kıta üzerinde bulunan toprakların-



Resim 13: Yıldız şekillerinin ve yıldızların etrafını saran bulutların ayrıntılarını ortaya çıkarmakta kullanılan Kızılaltı Yıldız Girişimölçeri'nin bir ünitesi olan ve bir römork üzerinde hareket edebilen ilk büyük teleskopumuzun California Üniversitesi'ndeki açılış töreni. Sistemin işleyişi sırasında laser ışınları iki ayna arasında ileri-geri yansımaktadır. Soldan sağa Charles Townes, elektronik teknisyeni Walter Fitelson ve fizikçiler Edmund Sutton, William Danchi ve Manfred Bester görülüyor.

da bildiğimiz en iyi gözlem yeri, tam da Michelson'un çalıştığı Wilson dağıdır. Bu nedenle 1988 yılında iki teleskopumuzu römorklarla çekerek, 5 numaralı eyaletler arası karayolu üzerinden Angeles Crest otoyoluna, oradan da dağın tepesine taşıdık ve Michelson ile Pease'in eski binasının yanında Kızılaltı Yıldız Girişimölçeri'ni kurduk. O zamandan beri projemiz için çelik veya ahşaba ihtiyaç olduğunda çürümekte olan bu eski yapıyı ara sıra yağmaladık.

İki teleskop arasındaki hattın mesafesini ve yönelimini değiştirmek için, teleskopları bir dizi beton platform arasında hareket ettiriyoruz. Astronomi dünyası artık girişim ölçümünün faydalı sonuçlar sağlayabileceğine dair ikna olmaya başladı. Yakın bir geçmişte NSF'den üçüncü bir teleskop kurabilmek için bir ödenek aldık. Böylece girişim ölçümlerinin miktarı ve kalitesi büyük oranda artacak. Bu teleskop da kurulunca yıldızlara bakmamızı sağlayan bir çift göz yerine üç çift gözümüz olacak. Eski Michelson-Pease binasını yıkıp yerine teleskopumuzu yerleştireceğimiz beton bir platform yapmamız gerekebilir. Eğer böyle olursa bu platforma Michelson İstasyonu adı verip ve bir tabela veya işaret koyarak tarihi önemini belirteceğiz.

Bugüne kadar kızılaltı girişimölçerimiz bazı yıldızların büyüklüklerini ölçmek için kullanıldı. Ama belki de en önemlisi, kızılaltı dalga boylarını kullanarak yıldızların hemen etrafını saran hem de yıldızlardan dışarı akan çok daha soğuk malzemelerin davranışları hakkında bilgi toplayabiliyoruz. Bazı yıldızların, özellikle de yaşlı yıldızların büyük miktarda gaz saldıkları ve birer toz katmanıyla sarılı oldukları uzun bir süredir biliniyor. Bu durum, parlaklığının düzenli bir şekilde değişmesiyle meşhur Mira, Betelgeuse ve diğer yıldızlar için de geçerli. Kızılaltı girişimölçerimizi kullanarak bu yıldızlardan akan maddelerin kesintisiz bir şekilde değil de, parti parti boşaldığını bulduk. Sanki bazı devasa ve rastgele olaylar bu yıldızlardan maddelerin yükselmesine ve uzaya fışkırmasına sebep oluyor. Örneğin Betelgeuse'un yakınında çok az miktarda toz bulunuyor. Anlaşılan bir süredir yıldızdan dışarıya pek fazla şey boşalmamış. Ancak aşağı yukarı yıldız çapının on katı kadar bir mesafede genişlemekte olan bir toz

ve gaz kabuğu bulunuyor. Ölçümler bu kabuğun 1943 yılı civarında oluşmuş olabileceğini gösteriyor. Daha uzaktaki bir başka kabuk ise 1836 yılında oluşmuş gibi görünüyor. O yıl, büyük İngiliz astronom John Frederick Herschel herkesi Betelgeuse'un parlaklığında gözle bile görülebilen, hayret verici değişim konusunda uyarmıştı. Mira gibi diğer yıldızların sadece iki yıldız çapı kadar uzağında toz bulutları bulunuyor. Neyse ki 1994 yılında, yeni bir gaz ve toz fışkırması oluşturduğu kritik dönemde Betelgeuse'u gözlüyorduk. Bu olay Herschel tarafından görülen kadar büyük olmasa da girişimölçerimiz tarafından tespit edilebilecek kadar büyüktü.

Girişimölçer bir kez daha doğal maserlerin ve bunların ardında yatan fiziğin karşımıza çıkmasına sebep oldu. Daha önceki bölümlerde anlatıldığı üzere farklı araştırma grupları bir süredir, yıldızlarla ilişkilendirilen su (H_2O), OH veya silikon monoksite (SiO) dayanan maserleri gözlemliyordu. Bunların nerede ve neden oluştukları çok açık anlaşılamamıştı. Girişimölçerimiz ile su ve OH maserlerinin daha ziyade enerji ve yoğunluğun yüksek olabildiği, çok yakınlarında gaz ve toz bulutları bulunan yıldızların etrafında yaygın olduğunu tespit ettik. Daha uzakta bulunan gaz ve toz bulutları genellikle bu türden bir maser oluşturmuyordu. Artık biliyoruz ki, SiO maserleri yıldızlara çok daha yakın bir konumda, hemen çevrelerinde bulunan çok sıcak atmosferde oluşuyor. Bill Danchi ve araştırma grubumuzun diğer üyeleri kızılaltı dalga boylarında çok parlak görülen ve iyi bilinen bir yıldız olan VX Sagittarii yıldızına dair çok dikkatli ölçümler yaptılar. Bu veriler SiO maserlerle ilgili olarak radyo dalgalarında girişim ölçümleri yapan Harvard'dan Jim Moran ve Lincoln Greenhill'in verileriyle birleşince anlaşıldı ki, SiO maserleri yıldızlara diğer toz ve molekül bulutlarına göre çok daha yakın bir konumda bulunuyor ve bu nedenle bu etki, yıldız atmosferinin dış kısımlarında oluşuyor.

Benim gözde moleküllerimin de –amonyak ve diğerleri– kızılaltı girişim ölçümlerinde bir rol oynuyor. Bir doktora öğrencisi olan John Monnier, yaşlı yıldızlardan boşalan maddelerin nerede ve belki de nasıl amonyak oluşturduğunu görmek için, bu tür yıldızları çevreleyen bulutlar içindeki amon-

yak moleküllerinin spektrumunu inceleyecek bir çalışma hazırlığı içinde. Bu çalışma belki de, hâlâ çözülememiş olan amonyağın nasıl oluştuğu ve neden yıldızlar arası bulutlarda bulunduğu bilmecesinin çözümüne bir katkı sağlayacak.

Girişim ölçümleri özünde hâlâ yeni bir alan. Bu konuyla uğraşan, özellikle görünür veya kısa dalga boylu kızılaltı ışımaları kullanan ancak heterodin tip algılama uygulamayan farklı gruplar oluştu. Bu grupların arasında Avustralya, Fransa Nice'in tepelerindeki gözlemevinde, Jet İtki Laboratuvarı'nda, Pasadena Caltech'te, Donanma Gözlemevi'ndeki, Harvard ve Georgia eyalet üniversitelerinde bulunan ekipler sayılabilir. Bu tür girişim ölçüm çalışmaları zahmetlidir ancak laserler bu çalışmaların pratik olarak uygulanabilir hale gelmesine yardım etti. Girişim ölçümleri üzerine çalışan bizler inanıyoruz ki modern teknoloji, akıllıca ve yoğun çalışmayla birleştiğinde, bu alan büyük faydalar sağlayacak. Hepimiz, yıldızların ve diğer gök cisimlerinin davranışlarına dair daha da ayrıntılı bilgi edinmeyi umuyoruz. Daha keşfedilecek çok şey var.

10

HEM GEÇMİŞE HEM DE GELECEĞE BİR BAKIŞ

Biyokimyacı Albert Szent-Gyorgi bir zamanlar şöyle demişti: "Buluş yapmak, herkesin gördüğünü görmek, ama kimsenin düşünmediğini düşünmektir." Laserin keşfi de bu tarife uyuyor. Laserin temellerini oluşturan fikirler en azından bir grup insan tarafından çok uzun bir süredir biliniyordu. Ancak bu fikirlerin yeni bir şekilde bir araya getirilmesi ve bunu yaparak faydalı sonuçlar elde edilebileceği düşünülmemişti.

Bir buluş yapmanın, Szent-Gyorgi'nin tarif ettiğinden de fazla sayıda yönü olduğunu düşünüyorum. Bir keşif yolculuğuna çıkarız. Bu yolculukta seçtiğimiz yol önemlidir, yol boyunca gözümüze çarpan şeyler de öyle ve en çok yürünmüş yollarda bile ters çevrilmemiş taşlar her zaman bulunur. Buluşlar, bu taşları fark eden ve bunları çevirmeye üşenmeyen kişileri bekler. Taşı çeviren kişi, kimsenin daha önce görmediği bir şeyi görebilir. Maser ve laserin çok saf frekansları, muazzam bir yoğunluğa sahip güçleri ve bunların etkileri gibi bazı yönleri, yine bu tarife uyuyor. Bu olayların açıkça görülebilmesi için önce maser ve laserleri keşfetmemiz gerekmişti.

Eğer Gordon, Zieger ve ben, izlemiş olduğumuz yolu izlemeseydik ve bir maser yapmasaydık ve eğer Schawlow'la bir araya gelmeseydik, maser ve laserin gelişimi ne kadar gecikirdi? Benim tahminim on veya en fazla yirmi yıldır. Çünkü sonuç olarak insan yapısı ilk maserin üzerinden on-on bir yıl geçmeden uzaydaki maserler, çok başka bir yoldan, radyo astronomi aracılığıyla keşfedildi. Radyo astronomi gökyüzünde milyarlarca yıldır varlığını sürdürmekte olan maserleri keşfetmemizi sağlayabilir ve olasılıkla bu da laserin icat

edilmesine imkân verebilirdi. Bununla beraber, laserin bu yolla gerçekte olduğundan on veya yirmi yıl geç keşfedilmesi, günümüz dünyasının hızlı değişen bilim ve teknoloji seviyesinde büyük farklılıkların olmasına yol açardı.

Pek çok durumda, çok daha derinlere inen keşifler sağlayan şey yalnızca yeni bir anlayış değil, aynı zamanda daha iyi bir mikroskop, teleskop, ölçüm cihazı ve malzeme gibi yeni araçlar ve teknolojilerdir. Bugünkü bilimsel birikimimiz ve teknolojimiz, yeni bilgilere ve teknolojilere doğru bir basamak sağlar. Takip eden keşifler de bizi daha ileriye taşır. Kuantum elektroniğinin gelişimi bize harika özellikleri olan yeni araçlar verdi ve yaşanan süreç bu döngünün güzel bir örneğini oluşturdu.

Zaman zaman bana, laserin hikâyesi gibi bir şeyin günümüz bilim dünyasında yeniden yaşanıp yaşanamayacağını soruyorlar. Bu soruyu, kısmen fiziki bilimler olarak adlandırılan şeyin neredeyse tamamlandığı, "temel olan her şeyi artık biliyoruz" gibi bir izlenim oluştuğu ve kısmen de bugünkü bilimsel çalışmaların büyük kısmının kalabalık ekiplerce ve pahalı ekipmanlarla yapılıyor diye düşünüldüğü için soruyorlar. Önemli buluşlara hâlâ yer var mı? Benim cevabım; her bilimsel keşfin ayrıntılarının farklı olduğu ve özünde tahmin edilemez olduğu ancak daha pek çok bilimsel keşfin olacağı şeklindedir. Hâlâ anlayamadığımız çok şey var ve çoğunlukla da anlamadığımızın farkında bile değiliz. Asıl şaşırtıcı buluşlar büyük olasılıkla, bir ekibin üyeleri olsalar bile, bireyler tarafından yapılacak. Ben doktora çalışmamı tamamlarken optik alanının bütünüyle anlaşıldığı ve tamamlandığı düşünülüyor ve araştırmacılar için heyecan taşımıyordu. Yirmi yıldan kısa bir süre sonra laser bu alanın yeniden doğmasını sağladı ve hem doğrusal olmayan optik gibi yeni bir çalışma alanı yarattı hem de gelişmekte olan bilim ve sanayi için önemli bir teknoloji sundu.

Bugün anlamadığımız pek çok şeyin arasında, evrenin nasıl oluştuğu, fiziksel sabitlerin neden bu değerlerde olduğu ve kütle çekimi ile kuantum kuramlarının nasıl bir araya getirilebileceği gibi sorular var. Bu soruları çözmek için nereden başlamamız gerektiğini bile ancak zor anlıyoruz. Katı,

gaz ve sıvı malzemelerde, astronomide ve daha pek çok alanda yeni olaylar gözleniyor. Biyoloji pek çok farklı türde ilginç bilmecesiyle cazip görünüyor. Buluşlara götüreceği kesin olan bazı yollar tanımlanabilir, fakat bu yollar enerjiyle, sebatla ve esnek bir merakla sürdürülen çabalara, yani özünde keşfetme ve anlama gayretine kıyasla çok daha az verimli olabilir. Bilim ve teknolojide, henüz hayal etmediğimiz ve düşünmediğimiz pek çok şey var.

Hayatımı; keşfetmeye çalışarak, bilim dünyasına dahil olarak, bilimden ve onun getirdiği samimi ve güçlü ilişkilerden haz alarak geçirebildiğim için kendimi çok şanslı buluyorum. Bilimsel prensipler o kadar genel ve yaygın ki, bunlar yeni alanlarda veya keşfe çıktığımız her yönde eski birer dost olarak karşımıza çıkıyor. Doğanın güzelliği karşısında hem heyecan duyuyorum hem de meraka kapılıyorum. Hem dingin bir deniz hem de fırtınalı bir deniz, çarpıcı birer şekilde estetik ve ilham vericidir. Aynı şey atomun yapısı, taze çiçeklerle dolu bir çayır, bir çöl, bir böcek, kuş, balık, yıldız, galaksi veya bir kara deliğin sırları için de geçerlidir. Keşfetme ve anlamaya çalışma şansına sahip olduğum için kendimi yücelmiş hissediyordum. Bilimin sadece faydaları nedeniyle değil, ama aynı zamanda muhteşemliği, bütünlüğü ve tüm boyutlarının güzelliği nedeniyle böyle hissediyorum. Bilimsel araştırmalar gerçekten eğlencelidir. Benim ve meslektaşlarımın heyecan duyduğumuz, haz aldığımız yaşantımızı ve izlediğimiz yolları düşününce minnet duyuyorum.

Dizin

A

Abella, Isaac 137, 147
Ailes, Stephen 222
Aldrin, Edwin 11
Allen, General Lew 225, 234
Alsop, Joseph 227
Alsop, Lee 118
Alvarez, Luis 42
Ames Araştırma Merkezi 246
Anderson, Carl 38
Apollo Programı 203, 204, 205, 207, 208, 209
Armstrong, Edwin H. 151, 161
Armstrong, Neil 11
ARPA (Advanced Research Projects Agency / İleri Araştırma Projeleri Ajansı) 141, 142, 184, 187, 188, 193
Artsimovich, Lev 200
Atwood, Donald (Don) 193

B

Baddour, Raymond (Ray) 220
Bagley, Worth 222, 224
Bailey, Howland 38, 41, 60
Baker, William (Bill) 160
Barrett, Alan 233, 234, 235, 236, 238
Basov, Nikolai G. 20, 85, 105, 106, 107, 139, 211
Bell, Alexander Graham 157
Bennett, William (Bill) 146, 167, 171
Berkeley Barb 216
Bester, Manfred 254, 255
Bethe, Hans 66, 192, 199
Betz, Al 246, 253
Birnbaum, George 137
Black, Cyrill (Cy) 37
Blagonravov, Anatoly 201
Bleaney, Brebis 62, 63, 73, 110, 113, 114
Bloch, Konrad 212, 213
Bloembergen, Nicolaas (Nico) 20, 113, 114, 119, 137, 146, 147
Bogoliubov, Nikolai 200
Bohr, Aage 66
Bohr, Niels 21, 94, 96
Bolton, John 236
Bowen, Ira S. (Ike) 59, 211, 237
Branscomb, Lewis 197
Brattain, Walter 50
Brown, Edmund G. (Pat) 214
Brown, Frances 52
Brown, Gordon 209
Brueckner, Keith 190
Buchsbaum, Solomon 222, 229, 230
Buhl, David 243
Burke, Bernard 238
Bush, Vannevar 67, 68, 183, 209, 210

C

Cannon, Robert (Bob) 220
Casey, William 225
Casimir, Hendrik 198, 199
Chaffee, Roger 207
Cheung, Albert (Al) 240, 241, 242
Chiao, Raymond (Ray) 208
Chodorow, Marvin 75
Christy, Robert (Bob) 39
Chu, Steven 20
Clark, Hakim William 231
Cleeton, Claud 55, 56, 88
Clogston, Albert (Al) 126, 129
Cocconi, G. 187
Cohen-Tannoudji, Claude 20, 110
Collins, Robert 186
Combrisson, Jean 111, 112

Constant, Woodbridge 35, 36, 37
Cooper, Leon 66
Corson, Dale 177
Cottrell, Frederick G. 153
Coulson, Charles Alfred 115, 116
Cox, Hyden Toy 33, 34
Cummins, Herman 137, 147
Curie, Marie 212

D

Danchi, William (Bill) 254, 255, 257
Darlington, Sidney (Sid) 51
DARPA (Defense Advanced Research Projects Agercy / Savunma İleri Araştırma Projeleri Ajansı) 193, 230
Darrow, Karl 34
Daunt, John 75
Davis, Leverett 39
Davisson, Clinton J. 47
De Broglie, Louis V. 21
Dennison, David 55, 177
Dicke, Robert (Bob) 128, 137
Dirac, Paul 36
Doty, Paul 200
Dousmanis, George 89
Draper, Stark 205
Drell, Sidney 197
Dubinin, Mikhail Mikhailovich 200
Du Bridge, Lee 220
Duckworth, Robert 169, 172, 173
Dulles, Allen 185

E

Earle, Marshall 33, 35
Edlen, Bengt 211
Einstein, Albert 21, 22, 34, 38, 81, 82
Eisenhower, Dwight D. 182, 186, 188

F

Fabrikant, V. A. 83, 84
Feher, George 112, 113, 114
Feld, Bernard 200
Fermi, Enrico 54
Feynman, Richard 20
Fisk, James (Jim) 50, 60, 203
Fitch, Val 66
Fitelson, Walter 255
Fletcher, Harvey 47, 49, 50, 51
Foley, Henry 195
Fowler, William (Willie) 39, 226
Frost, Robert 200
Fubini, Eugene (Gene) 177, 186
Furman Üniversitesi 32, 164

G

Gabor, Dennis 20
Garin'in Ölüm Işını 16
Garmire, Elsa 208
Garwin, Richard (Dick) 193, 228
Gates, Thomas S. 191
Geballe, Thomas (Tom) 245
Gell-Mann, Murray 190, 192
General Electric 70, 144, 146, 149, 187, 210
General Motors 169, 193, 219
Gerard P. Kuiper Uçan Gözlemevi 247
Germer, Laster 47
Ginzburg, Vitaly 58, 85
Giordmaine, Joseph (Joe) 118, 120, 130, 137
Glass, Bentley 200
Glenn, John 223, 224
Goland, Martin 220
Goldberger, Marvin (Murph) 190, 192
Goldberg, Leo 235
Goldmuntz, Larry 141
Gold, Thomas (Tommy) 205, 206, 239
Goodpaster, General Andrew

222
Good, William 62
Gordon, James P. (Jim) 87, 89, 90, 91, 92, 99, 103, 111, 112, 113, 127, 139, 154, 162, 163
Gould, Gordon 129, 130, 131, 132, 133, 140, 141, 142, 143, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 174, 205
Greenberg, Daniel (Dan) 217
Greenhill, Lincoln 245, 257
Griggs, David 198
Grissom, Virgil 207
Gustavus, VI., İsveç Kralı 211, 213

H

Haeff, Andrew 75
Haig, Alexander 225
Hale, George Ellery 250
Handler, Philip 197
Henyey, Louis 58
Herriott, Donald (Don) 146, 167, 171
Herschel, John Frederick 257
Heyns, Roger 216
Higa, Walter 99
Hill, Albert (Al) 75
Hitch, Charles 220
Hitler, Adolf 48
Hodgkin, Dorothy 212, 213
Hofstadter, Robert (Bob) 177
Holden, Alan 50
Honig, Arnold 111, 112
Hooker Teleskopu 250
Hornig, Donald F. 176, 178, 179
Horowitz, Norman 226
Houston, William V. 80, 207, 208
Houtermans, Fritz Georg 83

I

IBM (International Business Machines) 146, 210
ICBM (Sovyetler'in kıtalararası balistik füzeleri) 185
IDA (Institute for Defense Analysis) 137, 146, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 193, 194, 199, 200, 201, 227
II. Dünya Savaşı 33, 68, 74, 101, 154, 176, 180, 182, 183, 191
Ives, Herbert 47

J

Jansky, Karl 35, 57
Jauncey, George E. M. 34
Javan, Ali 126, 128, 129, 136, 140, 143, 146, 166, 167, 171
Jenkins, Francis A. (Pan) 41
Johnson, Howard 209, 210
Johnson, Lyndon B. 196, 197, 217
Johnson, Michael A. (Mike) 246, 253
Johnson, Paul 74
Joliot-Curie, Irene 212

K

Kastler, Alfred 110, 111, 115
Keenan, Phillip 58
Keeney, Spurgeon 222
Kelly, Mervin 51
Kennedy, John F. 185, 186, 203, 204
Kent, Glenn 222
Kerr, Clark 214, 215
Keyworth, George A. (Jay) 229
Khe Sanh 197
Kikuchi, Chihiro 119
Killian, James (Jim) 183, 187, 201, 203, 209
King, Martin Luther 212
Kistiakowski, George 195, 196, 206

Kittel, Charles 137
Kitt Zirvesi Ulusal Gözlemevi 253
Knight, Lon B. 164
Knowles, Stephen H. (Steve) 243
Kompfner, Rudolf (Rudi) 137
Kramers, Hendrik 58
Krishnan, Kariamanikkam S. (K. S.) 115
Kuiper, Gerard 205, 206, 247, 248
Kush, Polycarp 66

L

Lacy, John 245
Lamb, Willis 39, 65, 66, 84, 102, 147
Lavelle, Jack 196
Lawrence, Ernest O. 148, 154
Lecar, Harold 137
Lederman, Leon 66
Lee, Tsung-Dao (T. D.) 66
Levi, S. M. 85
Lilley, Edward 234
Lincoln Laboratuvarı 233, 235, 236, 238
Los Alamos Ulusal Laboratuvarları 54, 190
Loubser, Jan 73
Low, Frank 246
Lynen, Feodor 212, 213
Lyons, Harold 100, 101, 102, 143

M

Maiman, Theodore (Ted) 102, 143, 144, 146, 170, 174, 186
Martin-Pintado, J. 247
Massachusetts Teknoloji Enstitüsü 37
Maxwell, James Clerk 34
Mayer, Cornell H. (Connie) 119, 243
May, Michael 223
McCarthy, Joseph (Joe) 182
McFarland, Robert 231
McLaren, Robert (Bob) 246
McLean, William (Bill) 177, 178, 179
McMillan, Edwin (Ed) 148
McNair, Walter 54
"McNamara Duvarı" 194
McNamara, Robert 194, 196, 197, 198
Meksika 48, 49
Metcalf Projesi 176, 179
MITRE 193
Michelson, Albert 250, 252, 254, 256
Millikan, Robert 38, 43, 59
Monnier, John 257
Moran, James (Jim) 238, 245, 248, 257
Morgenstern, Oscar 190
Morison, Robert (Bob) 220
Morley, Edward 250
Morrison, Philip (Phil) 39, 187
Mountbatten, Louise 213
Moyer, Burton J. (Burt) 214
Mudd Ailesi 40
Mueller, George 203, 204, 207, 208
Mumma, Michael (Mike) 172, 173, 246
Murray, Bruce 226, 227
Murrow, Edward R. 100
MX füzeleri 221, 222, 223, 224, 225, 228

N

NASA (Ulusal Havacılık ve Uzay Ajansı) 172, 179, 181, 193, 204, 206, 207, 209, 225, 246, 247
Nash, Frank 118, 137
Nethercot, Arthur 87
Newton, Isaac 95
Nierenberg, Bill 98
Nierenberg, William (Bill) 65,

222, 224
Nimitz, Chester 215
Nitze, Paul 196
Nixon, Richard 186, 189, 228, 229
Norden Bomba Nişangahı 53
Norton, Garrison 183, 191, 199
NOVA 13, 26

O

OH (tek hidrojeni kopmuş su molekülü) 70, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 257
Oppenheimer, J. Robert 38, 39, 40
Otting 136

P

Packard, David 222
Pake, George 197
Palmer, Patrick (Pat) 243
Panofsky, Wolfgang K. H. (Pief) 177
Parsons, "Deke" 179
Patlex 169, 170, 172, 173, 174, 175
Pauling, Linus 38, 39, 40, 64
Paul, Wolfgang 79, 106
Pease, Francis 250, 252, 254, 256
Penzias, Arno 20, 66, 118, 121, 244
Perkin Elmer Şirketi 202, 215
Perl, Martin 66
Phillips, William 20
Physical Review 83, 98, 99, 129, 140, 145
Physical Review Letters 140, 145
Physics Today 75
Pickering, William (Bill) 227
Pierce, John 75, 204
Piore, Emanuel (Manny) 210, 211
Plyler, Earle 35
Pound, Robert 84
Prokhorov, Alexander (Sasha) 211
PSAC (Başkanlık Bilimsel Danışma Heyeti) 183, 187, 193, 197, 228, 229
Pugwash toplantıları 199, 200
Purcell, Edward M. (Ed) 78, 84, 239, 242

R

Rabi, Isador I. (Rabi) 56, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 71, 78, 79, 87, 89, 90, 94, 96, 100, 130, 154, 184, 200
Rabinovitch, Eugene 200
Rainwater, James (Jim) 66
Ramsey, Norman 20, 64, 65, 78, 84, 100, 239, 242
Rank, David 240, 241
Raymond, Dana 151, 161, 162, 163
Refac firması 167, 169
Retherford, Robert C. 84
Roche, James 219
Rogers, Alan 238
Rose, William (Bill) 137
Rowe, Irving 136, 137, 138
Rowen, Henry 222
Rubbia, Carlo 66
Russell, Bertrand 199
Rutherford, Ernest 36
Rutledge, Clara 212
Ryan, Francis 115

S

Sakharov, Andrei 107
Samuel, Richard 169
Sartre, Jean-Paul 211
Schatzman, Evry 110
Schawlow, Arthur (Art) 20, 66, 73, 76, 82, 83, 103, 105, 110, 126, 129, 131, 132, 135, 140, 144, 146, 147, 156, 157, 165, 166, 170,

171, 244, 259
Schiff, Leonard 39, 75, 177
Schirra, Walter M. (Wally) 178, 179
Schulz, Helmut W. (Hap) 72, 73, 87
Schwartz, Charles (Charlie) 217, 218
Schwartz, Melvin (Mel) 66, 161
Schwartz, R. N. 187
Scovil, H. E. D. 113, 114, 119
SDI (Stratejik Savunma Teşebbüsü) 229
Seaborg, Glenn 148
Seton, Ernest Thomson 29
Shakespeare, William 30
Shimoda, Koichi 115, 116
Shklovskii, Iosef S. 58, 237
Shockley, Willam (Bill) 50, 64, 157
Shriever, Bernard 222
Sidewinder 177, 178, 179
Siegman, Anthony (Tony) 137
Slater, John 75
Smale, Stephen 218
Smith, Howard 248
Smullin, Louis E. (Lou) 75
Smythe, William R. 38, 39, 43, 44, 46, 47
Snyder, Lewis E. (Lew) 242, 243
Sorokin, Peter 146
Sproull, Robert L. (Bob) 220
Sputnik I 134, 137, 141, 181, 184, 188
SST 228
Steinberger, Jack 66
Stern, Marvin 191
Stevenson, Mirek 146
Stilwell, Joseph 55
Stowell, Harold 155, 161, 171, 172
Strandberg, Woodrow (Woody) 112, 113, 137
Stratton, Julius A. (Jay) 201, 209
Strelnitski, Vladimir 248
Strong, John 75
Sutherland, Gordon 177
Sutton, Edmund C. (Ed) 246, 254, 255
Szent-Gyorgi, Albert 259

T

Takahashi, Hidetosi 116
Tamm, Igor 200
Teller, Edward 97, 192, 231
Texas Üniversitesi McDonald Gözlemevi 11
Thaddeus, Patrick (Pat) 137, 164
Thomas, Llewelyn H. 94
Thum, Clemens 248
Tokyo 109, 112, 115, 116
Tolman, Richard 38, 40, 82, 84, 85
Tolstoy, Alexei 16
Torsiglieri, Arthur J. 157
Townes, Carla 68, 109, 116
Townes, Charles 20, 139, 197, 208, 247, 255
Townes, Ellen (çocuk) 65, 68, 109, 116, 216
Townes, Ellen (kızkardeş) 28
Townes, Ellen Sumter Hard (anne) 30
Townes, Frances 213
Townes, George 33
Townes, Henry (ağabey) 28, 29, 32, 33
Townes, Henry Keith (baba) 27
Townes, Holly 68, 69, 109, 116
Townes, Linda 53, 68, 109, 116, 122
Townes, Mary 28, 29
TRG (Technical Research Group) 131, 140, 141, 142, 143, 147, 165, 167, 168
Trischka, John Wilson 84
Tuve, Merle 36
Twain, Mark 30

U

Urey, Harold 215

V

Van der Huls, Hendrik 110
Van Vleck, John H. (Van) 56, 62, 177
Veksler, Vladimir 148
Vessey, John 230
Vietnam Savaşı 68, 194, 198, 217, 218
Volkoff, George 39
von Braun, Werner 203
von Graffenried, Christopher 31
von Karman, Theodore 133
von Neumann, John 95

W

Washington, D. C. 36, 57, 76, 80, 98, 118, 122, 137, 146, 153, 157, 160, 178, 180, 183, 184, 185, 186, 188, 189, 190, 217, 222, 228, 229, 232, 233, 234
Waterman, Alan 67, 68
Watson, Kenneth M. (Ken) 190
Weaver, Harold 233, 235, 236, 240
Webb, James 204, 207
Weber, Joseph (Joe) 85, 86, 108, 163, 164
Weinberg, Alvin 203
Weinberg, Steven (Steve) 66
Weinreb, Sander (Sandy) 235
Weisskopf, Victor 56, 62
Welch, W. John (Jack) 239, 240, 241
Westerhout, Gart 233
Westinghouse Elektrik Şirketi 62, 70
Wheeler, John 183, 190, 192
Wheelon, Albert (Bud) 222
White, Edward 207
Wiesner, Jerome 200
Wigner, Eugene 190, 192
Williams, Neil 55, 56, 88
Wilson, E. Bright 70
Wilson, Robert (Bob) 20, 66, 121, 244
Wilson, Woodrow 185
Wollman, Eric 245
Woolsey, James R. 222
WSEG (Silah Sistemleri Değerlendirme Grubu) 188
Wyss, Johann 28

Y

Yıldız Savaşları 229, 231, 232
York, Herbert F. (Herb) 184
Yukawa, Hideki 66

Z

Zacharias, Jerrold 100, 191
Zeiger, Herbert (Herb) 87, 89, 90, 91, 99, 139, 154
Zuckerman, Benjamin M. (Ben) 243
Zwicky, Fritz 38, 40, 239

Bu kitap, laser hakkında bir popüler bilim kitabı olmaktan daha fazlası; yirminci yüzyılın en büyük keşiflerinden ve icatlarından birini yapan bir bilimcinin otobiyografisidir. 1964 yılında Nikolai Basov ve Alexander Prokhorov ile birlikte Nobel Fizik Ödülü'nü alan Charles H. Townes'in hikâyesi, alışılmadık bir bilimsel kariyeri içeriyor. Laserin hikâyesini kendi hikâyesiyle birlikte anlatmayı özellikle tercih etmiş, bunun sebebi de artık çağımızda bilim ve teknolojinin gelişiminin, insan ilişkilerine ve karşılıklı etkileşimlere sıkı sıkıya bağlı olması. Laser gibi önemli buluşların gerçekleştirilmesi, yalıtılmış fikirlerden değil bilimsel sosyal çevrelerden, meraktan, mücadeleden, bilmecelerden ve farklı pek çok kişinin etkileşiminden doğuyor. Hükümet, askerler ve dışişleri ile olan ilişkiler de hikâyenin önemli bir parçasını oluşturuyor, zira yirminci yüzyılla birlikte bilimciler bu tür ilişkilerde giderek daha çok yer almaya başlıyor.

Bu kitapta anlatılanlar, bilimsel fikirlerin nasıl ortaya çıktığını ve çağımızda bilimin nasıl yapıldığını göstermesi bakımından son derece önemli. Ayrıca kitabın Türkçe baskısının laserin keşfinin ellinci yılının kutlandığı bir yıla rastlaması da hoş bir tesadüf.

Prof. Charles H. Townes (1915-), lisansüstü derecesini 1936 Duke Üniversitesi'nden fizik dalında aldı. Doktorasını 1939'da California Teknoloji Enstitüsünde tamamladı. 1933-1947 yılları arasında Bell Telefon Laboratuvarları'nda araştırmacı olarak çalıştı. Sonraki yıllar başta Columbia Üniversitesi, MIT, California Üniversitesi olmak üzere birçok üniversitede ders verdi, yöneticilik yaptı ve çeşitli araştırma projeleri yürüttü. 1964 yılında fizik dalında Nobel Ödülü kazandı. Eserleri: "Infrared and Optical Masers," (A. L. Schawlow ile birlikte) *Physical Review*, 1940 (1958); *Making Waves*, 1995; *Microwave Spectroscopy*, (A. L. Schawlow ile birlikte), 1955.





ISBN 978-605-4238-23-1

BOĞAZİÇİ ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Elginkan Vakfı