A black and white portrait of Richard P. Feynman, showing him from the chest up, looking slightly to the right of the camera. He is wearing a light-colored, collared shirt. The background is a textured, light-colored wall.

RICHARD
PHILLIPS
FEYNMAN

Richard P. Feynman



RICHARD PHILLIPS FEYNMAN

Merve Çalışır ve Prof. Dr. Adil Denizli

Hacettepe Üniversitesi, Kimya Bölümü, Beytepe, Ankara

AİLE GEÇMİŞİ, ERKEN YAŞAM VE EĞİTİM

Richard Feynman, New York, Queens County, Far Rockaway'de dünyaya geldi. Babası Melville Arthur Feynman henüz bir çocukken, 1895 yılında ailesiyle birlikte Beyaz Rusya'nın Minsk şehrinden ABD'ye göç etti. Melville'in babası Jakob (Louis) Feynman, Litvanyalı bir Yahudiydi ve ailesiyle birlikte Minsk'e yaşıyordu. O dönemde pek çok Rus ve Polonyalı Yahudinin gelişmekte olan yeni bilime büyük bir inancı vardı ve Jakob Feynman bir grup rasyonalistin arasına düşmüştü. Minsk'te, özellikle Yahudiler için zor zamanlar geçirdikten sonra eşi ve oğlu Melville ile birlikte Amerika'ya göç etti ve vardığında Patchogue, Long Island, New York'ta ikamet ettiler. Melville'in büyüdüğü yer Patchogue'du. Evde, önce babası, sonra özel öğretmenler tarafından eğitildi. Patchogue'daki normal liseye gitti, ama asla üniversiteye gitmedi. Amacı bir tıp fakültesine gitmekti, ancak fazla parası olmadığı için bir homeopatik enstitüsüne kaydoldu. Çok fakir insanların olduğu bir evde yaşadı ve onlara yardım etmeye başladı. Maddi güçlükler nedeniyle, homeopatik enstitüdeki tıp eğitimini bıraktı. Ancak, öğrenmeye hevesliydi ve bilhassa temel bilimler hakkında büyük miktarda bilgiler edindi. Bu bilgileri babasından ve diğer insanlardan kendi kendine öğrendi. Babası Jakob gibi Melville de analitik bir zihne sahipti ve düşünerek anlaşılabilir şeyleri seviyordu.

Melville Feynman'ın farklı işleri ve meslekleri vardı. Görünüşe göre o asla çok başarılı bir işadamı olmadı. Depresyon geçirdi ve kuru temizleme mağazaları ve gömlek imalatı gibi farklı şekillerde geçimini sağlamak zorunda kaldı. Sonunda, Wender ve Goldstein adlı büyük bir üniforma şirketinde satış müdürü olarak en kalıcı işini yaptı. Hayatının büyük bir çoğunda üniforma işini yaptı.

Melville Feynman, Lucille Phillips ile evlendi. Ailesi genç yaşta Almanya'dan gelmişti. Babası Henry Phillips çok başarılı bir iş adamı idi. Phillips – Jones – Van Heusen Company ile ortaklık yaparak gömlek imal etti ve "şapkanın babası" olarak adlandırıldı.

Lucille, New York City'de, kendisi üzerinde önemli bir etkisi olan Etik Kültür Okulu'na gitti. (İlginçtir, J. Robert Oppenheimer da küçük bir çocukken bu okula devam etmişti). Pearl adında, üstün zekalı, oyun oynamayı ve okumayı seven bir ablası vardı. Entelektüel olarak uyumlu olduğunu düşündüğü Harold Levine adında bir adamla evlendi. Ama adam oldukça sıkıcıydı, ilgisizdi ve pek de becerikli değildi. Henry Phillips ve eşi, iki kızı ve aileleriyle birlikte büyük bir bahçeye sahip büyük bir evde yaşadılar. Far Rockaway'de kırsal bir çevrede bulunan ev, plaja birkaç mil uzaktaydı.

Melville ve Lucille'in ilk çocuğu olan Richard Phillips Feynman, 11 Mayıs 1918'de doğdu. Richard doğmadan önce Melville, Lucille'e 'Erkek olursa, bilim adamı olacak' dedi ve Richard'a bu yönde rehberlik etti. Richard'ın kız kardeşi Joan, Richard dokuz yaşındayken doğdu. Richard büyürken oynayabileceği erkek veya kız kardeşi yoktu. "Ama kuzenlerin, annemin kız kardeşinin çocuklarının olduğu bu evde yaşıyorduk ve hep birlikteydik. Bu yüzden sanki erkek ve kız kardeşlerim varmış gibiydi; benden üç yaş küçük kuzenim Frances ve benden üç yaş büyük Robert vardı. Hepimiz birlikte oynadık" diyordu.

Melville, yaklaşık altı yaşında anaokuluna giden ve oldukça erken yaşlarda matematik ve bilime ilgi duyan Richard ile çok oynadı. 'Babam bana sadece matematikten değil, ilgilendiği her şeyden bahsetti. Bana her zaman bir şeyler anlatıyordu.' Richard'ın dikkatine sürekli olarak doğa hakkında yeni kavramlar getirerek, merak duygusunun gelişmesine yardımcı oldu. Feynman'ın babasının ona yeni şeyleri nasıl fark edeceğini ve etrafındaki dünyayı nasıl keşfedeceğini öğretebileceği pek çok fırsatı oldu. Feynmanların evinde Britannica Ansiklopedisi vardı ve Richard küçükken bile babası onu kucağına oturtup bir konudan diğerine geçerek ona ansiklopedi okurdu. Melville, Richard'ı sık sık Manhattan'daki Doğa Tarihi Müzesi'ne götürürdü. Burası gittiklerinde Richard için dünyanın en heyecan verici yeri haline gelirdi. Buzullardan uzun kesikler ve oluklar olan dinazor kemiklerine ve büyük kayalara bakarlardı ve Melville küçük çocuğa bunların nasıl oluştuğunu

açıklardı. Benzer şekilde Melville, Richard'ın çocukluğunu başka heyecan verici deneyimlerle doldurdu. Melville'in küçük oğluna, bilim ve doğanın yanı sıra öğrettiği şeylerden biri, Papa'ya ve yüksek askeri yetkililer gibi, görünüşte saygın olanlara karşı itaatsizlikti. Örneğin "Fark apoletler" derdi. 'Kişiye yetki veren her zaman üniforma idi, aksi halde herhangi biriydi. Bu arada, üniforma işindeydi dolayısıyla üniformalı ve üniformasız arasındaki farkın ne olduğunu çok iyi biliyordu, hepsi onun için aynı adamlardı."

Babası Feynman'ın büyümesinde çok önemli olmasına rağmen, annesi de önemli bir etkiye sahipti.

Annemin babamdan çok daha iyi bir mizah anlayışı vardı. Babam olaylara garip ve tuhaf bir şekilde baktı. Baktığımızda bu farklı duruşu oldukça komikti ve farklıydı. Zaten sürprizli şeylerde hep eğlenceli bir taraf vardır. Bu, annemin mizah anlayışıyla birleştiğinde, olaylara yanlış yönden baktığı halde doğru çıkması beni çok eğlendiriyordu. Ama annem aynı zamanda, herkesin sevdiği ve iyi bir dinleyici olduğu için herkesin konuşabileceği şefkatli bir insandı. Ben bunu öğrenemedim. Annem, pek çok kişinin en içten sorunlarını tartışabileceği harika insanlardan biriydi, ama nasıl yapabildiğini ondan öğrenemedim. Ben bunu yapamam.

Ancak Feynman, babası tarafından eğitildiğini ve böylesine harika bir annesi olduğunu kabul etmekten her zaman gurur duydu.

Richard 10 veya 11 yaşındayken, Melville aileyi ilkokula kaydolduğu yakındaki Cedarhurst kasabasına götürdü. Richard, Cedarhurst'te küçük bir çocukken bilim kurgu okurdu ve bilime olan sevgisi nedeniyle bu alanı ilginç buluyordu. Zaman geçtikçe buna sinir olmaya başladı, çünkü bilim kurgu her şeyin olabileceği giderek daha gülünç bir dünya haline geldi. Liseye geldikten sonra artık bilimkurgu okumadı. O sırada Richard, elektrikli cihazlarla ilgilenmeye başladı. Evde bir laboratuvarı vardı ve laboratuvarı için bir şeyler satın almak istiyordu. Biraz para kazanmak için mahalledeki radyoları tamir edecekti. Fotoelektrik hücresi vardı. İyi olmasa da amplifikatörler yaptı. Hiçbir şey onun gerçekten işine yaramadı, ama bununla mücadele etti. Bir laboratuvar tezgahı, pilleri, motorları vardı.

Richard, anaokulunda ve ilkokulda sinagogdaki Pazar Okulu'nun muadiline gidiyordu. Orada Eski Ahit hikâyelerini öğrenecek ve mucizelerin çeşitli anlatımlarını rasyonel bir şekilde anlamak için hayal gücünü kullanacaktı. Daha ilkokulu bitirmeden önce bile din ile hiçbir ilgisi olmasını istemediğine karar vermişti. Onun için bilim, kendi mizacını ve her fenomene yönelik sorgulayıcı tavrını yansıttığı için çok daha önemliydi. Cedarhurst dönemi çok verimli geçti, ancak aile tekrar Far Rockaway'e döndü. Bu, oradaki büyük evde yaşayan ailelerinin maddi durumuyla ilgiliydi.

Pekiyi birdurumda değildik. O sıradababam yılda yaklaşık 5000 dolar kazanıyordu. Bu 1930'larda oldu. Bir Depresyon dönemiydi. Babamın başı beladaydı. Bu yüzden Far Rockaway'e geri döndük. Ama kendimi hiç fakir hissetmedim. Babam benden çekini bankaya götürmemi isterdi. Haftada yaklaşık 100 dolardı ve çok güzel bir miktar olduğunu, her şeyin yolunda olduğunu, iyi yaşadığımızı ve amacımın o kadar para kazanmak olduğunu düşündüğümü hatırlıyorum. Bu yüzden yılda yaklaşık 5000 \$ istediğimi biliyordum, tek ihtiyacım olan buydu!

Richard, Cedarhurst'teki ilkokula giderken diş hekimi Dr. Marx aracılığıyla Far Rockaway Lisesi'ndeki fen bilgisi öğretmenleriyle tanıştı ve okuldaki laboratuvarında gelip cihazlarla çalışmasına izin verdiler. Haftada bir gün geliyordu ve bundan çok keyif alıyordu. Ailesi tarafından çok sevilen, iyi bir ev hayatı güvencesine sahip, çok neşeli ve keyifli bir çocukluk geçirdi. Hayatı boyunca onu takip edecek bir dizi tavır oluşturmuştu. Bunların en önemlileri akılcı bir bakış açısı, otoriteye saygısızlık, geleneğe karşı küçümseme, entelektüel başarı sevgisiydi ve çok mutlu ve neşeli bir eğilimdi. Hem ailesi hem de okuldaki artan başarısı ve yaratıcı bir bakış açısı geliştirmesi, genişleyen bir dünya görüşüne büyük katkı sağlamaya başlamıştı.

Richard, 1931 sonbaharında 13 yaşında, Far Rockaway Lisesi'ne gitmeye başladı. İlkokulundan beri orada birkaç hocasını zaten tanıyordu. Hepsini onu büyük ölçüde cesaretlendirdi. İlgilendiği konuların çoğunda, özellikle de bilim ve matematikte mükemmeldi. O zaten özel eğitimle matematik öğrenmişti. 1934'te, Richard'ın lisedeki son yılında, başka bir fizik öğretmeni olan Abram Bader, okula katıldı. Bader, eğitilmiş bir fizikçi olmak istiyordu ve doktora derecesini Columbia Üniversitesi'nde Isidor Isaac Rabi'den almaya çalışıyordu. Ancak maddi desteğin olmaması onu hedefinden vazgeçirdi ve lisede fizik öğretmek için iş aramaya zorlandı. Bader'in bir mektupta hatırlattığı gibi:

Richard, lisenin dördüncü ve son yılında öğrencim oldu. Kimya öğretmeninden bu alışılmadık derecede zeki çocuğu duymuştum. Derece sınıfında fizik dersi vermeye başlamak üzereydim ve tüm öğrencilerin parlak olacağı bir grup öğrenciye sahip olmayı dört gözle bekliyordum. İlk günümden sonra Feynman'ın sui generis (şahsına münhasır) olduğunu hemen anladım. Sadece bir günde, en iyi öğrencilerden oluşan bir



sınıfta en iyi öğrenci olarak öne çıktı.

Bader, Feynman'ın öğretilen her şeyi zaten bildiğini söyledi. Onun için ders çok kolaydı. Bu nedenle gürültü yapıp rahatsızlık veriyordu. Feynman'ın hatırladığı gibi:

Bu yüzden bana bir kitap verdi; başka kitaplardan matematik öğrendiğimi biliyordum. O zamanlar ben son sınıftaydım. Bana, Fourier serileri, Bessel fonksiyonları, gama fonksiyonları, kalkülüsten çıkan harikulade şeyleri içeren ve nasıl oynayacağımı öğrendiğim Woods's Advanced Kalkülüs adlı bir kitap verdi! Bu bana yaptığı harika bir şeydi! Bu kitaba çok çalıştım ve lisede çok fazla matematik öğrendim. Bu ileri matematikti.

Feynman bu kitabın tamamını yaklaşık bir ay içinde gözden geçirdi. Bader'ın konuya hakim olması ise bir yıldan fazla sürmüştü.

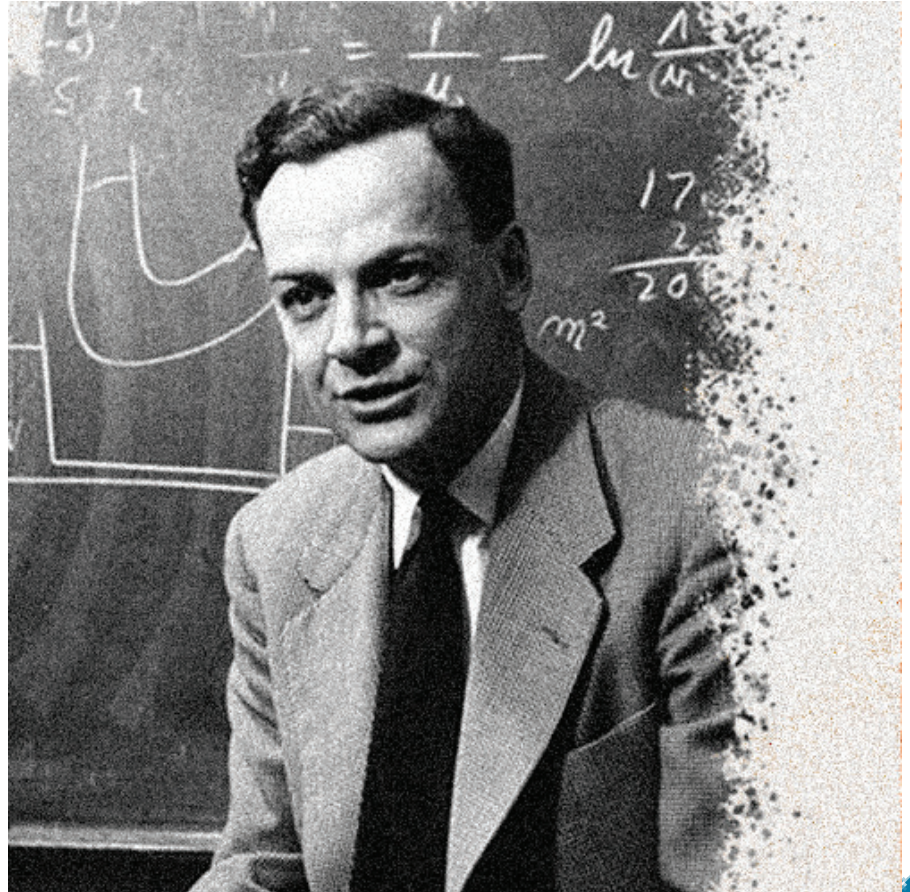
Başka bir olayda Bader, Richard'a en az eylem ilkesini açıkladı. "Bu felsefi olarak hoş bir şey, [Dinamik] yasaları ifade etmenin farklı bir yolu." dedi. Diferansiyel denklemler yerine, tüm yolun özelliğini anlatır. Ve bu beni büyüledi. Hayatımın geri kalanında, tüm çalışmalarım da öyle ya da böyle eylemle oynadım ve onu her zaman sevdim. 'En az eylem ilkesi onun için bir tür mantra haline geldi; ilgilendiği teorik fiziğin tüm problemlerinde, bu prensibi elinden geldiğince uyguladı. Bu ilke, en az zaman ilkesiyle birlikte her yönden kendine ait oldu.

Mezuniyetinde Feynman, fizikte en iyisi, kimyada en iyisi, matematikte en iyisi ve en şaşırtıcı şekilde İngilizce'de görece fakir olduğu birçok madalya kazandı. Böylelikle onuryüklü Richard Feynman liseden mezun oldu ve üniversiteye hazırlandı. Aralarında Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT), Columbia Üniversitesi ve New York Şehir Koleji'nin de bulunduğu çeşitli kolejlere başvurdu. Columbia'dan reddedildi; Feynman, Columbia'daki birinci sınıf için Yahudi kotasıyla bir ilgisi olduğunu söyledi. MIT'de başvurdu ama burs alamadı. Ancak,

orada küçük bir akademisyenle anlaşarak (yılda yaklaşık 100 \$) normal öğrenci olarak kabul edildi, fakat umduğu büyük bursu alamadı. MIT'de kardeşlikler vardı ve bunlardan ikisi Yahudiydi; Richard, Phi Beta Delta kardeşliğine katıldı. Sınavlara girerek ileri seviye hakkı aldı ve sırayla zevk aldığı fizik, matematik, kimya, Yedek Subaylar Eğitim Kolordu ve İngilizce çalışmalarını seçti. Matematik çok soyut ve elektrik mühendisliğini çok pratik buldu. Bu yüzden ikisinin arasında bir şeyin peşinden gitmeye karar verdi ve bu alan değişikliğini ceza almadan yapmasına izin verildi. İleri seviye olması nedeniyle teorik fizikte üst düzey dersler alma izni aldı. Bunu yapmasına izin verilen bir başka genç adam ve MIT'de arkadaşı ve tartışma ortağı olacak biri Theodore (Ted) Welton'du. İkisi birbirlerine kuantum mekaniği ve görelilik öğretirdi. Teorik fizik öğretene Phillip Morse, Feynman, Welton ve (kendilerinden bir yıl ileride olan) başka bir öğrenci olan Al Clogston'a kuantum

mekaniği üzerine özel bir kurs verdi. Ayrıca onlara gerçek problemler verdi. Feynman analitik kimya, optik, elektrik ve manyetizma okudu. Feynman ve Welton, Morse tarafından öğretilen teorik nükleer fizik üzerine yüksek lisans dersi aldılar.

Son yıla doğru, Feynman'ın yapacak pek bir işi yoktu; lisansüstü derslerin yanı sıra gerekli tüm son sınıf derslerini zaten almıştı. Bu yüzden metalografi üzerine bir şeyler öğrenmek istediği bir kurs aldı. Feynman ve Welton ayrıca röntgen üzerine dersler aldılar. Beşeri bilimler alanında da kurslar vardı, ancak Feynman'ın bunlara karşı pek sabrı yoktu. Eski bir profesörden (Robinson) felsefe dersi aldı ve burada şaşırtıcı bir şekilde çok başarılı oldu. İnsanlığın düşünce tarihi üzerine başka bir derste, öğrencilerin Goethe'nin Faust'unu okuyup onun hakkında





yazmaları gerekiyordu. Böylece oturdu ve "akıl sınırlılığı" üzerine bir tema yazdı. bilim yöntemlerinin sınırlılıkları hakkında fikirlerini geliştirdi ve temayı yazdı, sonunda onu Faust ve Mephistopheles'in görüşleriyle ilişkilendirdi.

Feynman, MIT'de yalnızca küçük bir burs aldığından ve ailesinin onu oraya göndermek için çok çalıştığından, Ulusal Gençlik Yönetimi adlı bir kurum tarafından finanse edilen araştırmada bir profesörle birlikte çalışarak maddi durumunu düzeltmeye çalıştı. Bir süre, lityum florür ve diğer alkali halojenürlerden oluşan büyük tek kristal kristalleri hazırlamaya çalışan Profesör Stockbarger'in laboratuvarında çalıştı. Uzun yaz tatillerinde iş bulmaya çalıştı ve hatta metal kaplama plastikleri için girişimde bulunan liseden arkadaşı Bernard Walker'ın yeni kurulan bir işletmesi olan Metaplast Corporation'da 'baş kimyager' olarak çalıştı. Feynman

bu işte çok başarılıydı, ancak uzun bir tatilden sonra ayrıldı ve iş battı. Feynman hala MIT'de lisans öğrencisiyken Physical Review'de iki makale yayınladı. Bunlardan biri kozmik ışınlarla ilgilenen Manuel Sandoval Vallarta ileydi. Vallarta, Feynman'a şu problemi sundu: "Eğer kozmik ışınlar galaksinin dışında sonsuzda izotropik olsaydı, galaksideki yıldızların dağılımı nasıl değiştireceğini, böylece daha ne kadar çok şey yapacağımızı bilebileceğimizi anlamamızı istiyorum." Feynman bunun üzerinde biraz çalıştı ve kozmik ışınlar galaksinin dışında izotropik olacakları teorisini kanıtladı. Vallarta ve Feynman, Vallarta'nın yazdığı "Kozmik ışınların bir galaksinin yıldızları tarafından saçılması" başlıklı notlarını yayınladılar. Feynman, kanıtladığı tek şeyin Liouville'in teoremi olmasına rağmen, bulduğu kanıt konusunda kendini iyi hissediyordu. Vallarta bunun çok ilginç olduğunu düşündü ve aklındaki çözüm buydu.

Galaksinin yıldızlarının saçılmasından dolayı hiçbir etki olmadı; net etki sıfırdı, tek varsayım yıldızların kozmik ışınları absorbe etmediğidir.

Feynman'ın mezuniyet şartı olarak bir son sınıf tezi yazma zamanı geldiğinde, bir konu hakkında konuşmak için John Clarke Slater'a gitti. Slater, Feynman'a kuvarsın olağanüstü bir madde olduğunu söyledi. Çünkü onu ısıttığınızda çok fazla genişlemez ve çok kararlıdır. Feynman'ın bu konu üzerinde çalışması gerektiğini önerdi. Hatırladığı gibi, "Sorun konusunda çılgın fikirlerim vardı ve teoriyi kendi başıma çözdüm ve maddelerin özelliklerini temellerden hesaplamak iyi hissettirdi". Tezini "Moleküllerdeki Kuvvetler" üzerine yazdı ve Physical Review'de yayımladı. Bu makale önemli bir sonucu, teorik kimyada temel bir role sahip olan ve sıklıkla Hellmann-Feynman teoremi olarak anılan genel bir kuantum-mekanik teoremini içeriyordu. Feynman'ın özette belirttiği gibi, "Bir atomik sistemdeki bir çekirdek üzerindeki kuvvetin, diğer çekirdek ve elektronların yük dağılımı tarafından bu çekirdeğe uygulayacağı klasik elektrostatik kuvvet olduğu gösterilmiştir". Yük dağılımını Schrödinger dalga fonksiyonunun mutlak karesi olarak hesaplamak için kuantum mekaniğini kullandı ve bunun önemli bir sonuç olduğu ortaya çıktı. (Hellmann-Feynman teoreminin tarihi Musher (1966) ve Slater'da (1975) verilmiştir).

PRINCETON ÜNİVERSİTESİ: BİR TEORİK FİZİKÇİNİN YETİŞMESİ

John Slater, Feynman'ın son dönem tezi üzerindeki çalışmasından etkilenmişti. Bir yüksek lisans okulu seçme zamanı geldiğinde, Feynman MIT'de kalmak istedi, ancak Slater, lisansüstü çalışma için farklı bir okula gitmesi gerektiğini öne sürdü. Çalışmaların hiçbirinde pay sahibi olmayacaktı. Princeton'da Feynman'a bir araştırma asistanı verildi ve Eugene Wigner ile çalışması önerildi. Ancak Princeton'a geldiğinde John Archibald Wheeler ile çalıştı. Bu onun için sorun



değildi. Princeton'da Feynman, tüm lisansüstü öğrencilerin yaşadığı Graduate College'a yerleştirildi. Burası aksanlı konuşanlarıyla Oxford, Cambridge taklidi bir kolejdirdi. Feynman, resmiyetden biraz korkmuştu, bu ona pek iyi oturmuyordu. Bununla birlikte, birçok önemli yeni keşfin her zaman rapor edildiği siklotronu görmeyi dört gözle bekliyordu. Siklotronun bulunduğu bodrumun sonundaki odaya inmesi için yönlendirildi; "Princeton siklotronundan neden bu kadar çok yeni sonuç rapor edildiğini" ve John Slater'ın ona lisansüstü çalışma için neden başka bir okula gitmesini söylediğini hemen anladı. Siklotron odanın ortasındaydı ve teller her yerde birbirine dolanmış şekilde havada asılıydı. "MIT'den tamamen farklıydı; orası birinin çalıştığı bir yerdi! Feynman, buranın araştırma yeri olduğunu hemen fark etti; gerekli tüm aletlerin ortalıkta bulunduğu bir laboratuvar atmosferine sahipti. Feynman'a göre, 'MIT'nin en büyük okul olduğu idealizminin tamamı çöktü, çünkü o odada, evdeki laboratuvarımda sahip olduğumla aynı türden bir atmosfer olduğunu fark ettim. Onu sevdim ve doğru yere geldiğimi hissettim ve Slater'ın haklı olduğunu hemen anladım."

Feynman Wheeler ile ilk tanıştığında onun ne kadar genç görüldüğünü görünce çok şaşırıldı. İkisi de hemen yakın ve hoş bir ilişki kurdular. Princeton'ın, bir doktora çalışması için kaç tane veya hangi dersleri alması gerektiği konusunda hiçbir şartı yoktu. Doktora adayı olabilmek için, tabii ki, kısmen yazılı ve kısmen sözlü olan bir ön veya yeterlilik sınavını geçmek gerekiyordu. Bu sınavlar çok çeşitli ve zordu. Bunları geçmek için iyi hazırlanmalıydı. Feynman yazılı ve sözlü sınavlara girmek zorunda olduğundan, Princeton'dan birkaç hafta ayrıldı ve şimdi tanınmadığı ve kimsenin onu rahatsız etmediği MIT'de sınavlara hazırlandı. Princeton'daki faaliyetlerin karmaşasından uzakta fizik bilgisini organize edebiliyordu.

Şu ya da bu dersi alma zorunluluğu olmadığı için, Feynman sadece birkaç ders aldı. Wheeler'ın asistanı olarak,

nükleer fizik kursuna katılmak ve derslerinin notlarını yazmak zorunda kaldı. Princeton'da başta Eugene Wigner olmak üzere birçok insan nükleer fiziğin ön saflarına daha yakındı. Feynman ayrıca Wigner'in katı hal fiziği dersini aldı ve burada "bir katının neden katı olduğu gibi derin sorular da dahil olmak üzere birçok şey öğrendi". En önemlisi, Feynman'ın lisansüstü eğitimi, lisansüstü öğrencilerle yoğun ve aralıksız tartışmalarla ve araştırma problemleri üzerinde çalışılarak tamamlandı. Bazen Institute for Advanced Study'deki insanlarla etkileşime girdi. H.P. Robertson ile konuştu. Zaman zaman ve ayrıca bazı önemli hususları tartışmak için bir kaç kez John Wheeler ile Albert Einstein'ı görmeye gitti.

Wheeler, araştırma çalışması sırasında ortaya çıkan gerekli problemleri ona verecek ve Feynman bunları çözecekti. Wheeler ona bir problem verdiğinde ve takılıp kaldığında bunu yapamayacağını anladı. Böylece, bir değişiklik için, MIT'de aklına gelen bazı fikirleri düşünmeye başladı.

"MIT'de kuantum elektrodinamiğinin sonsuz değerler verdiğini öğrenmiştim ve bu yüzden üzerinde çalışmak istediğim bir sorundu bu."

Feynman, elektronun öz kütlesi (yani elektronun kendi elektromanyetik alanının etkisinin kütlesi üzerindeki etkisi) gibi teorik olarak hesaplanması gereken fiziksel niceliklerin vereceği sonuçların tahmin edildiğinin farkına vardı. Feynman, klasik olarak benzer bir sonucun tahmin edildiğini biliyordu, yani bir nokta yükünün Coulomb alanında

bulunan enerjinin teorik olarak sonsuz olduğunu. Nobel dersinde, 'genel planının ilk önce klasik problemi çözmek, sonsuz öz enerjilerden kurtulmak ve bunun için bir kuantum teorisi oluşturduğumda her şeyin yoluna gireceğini ummak olduğunu' hatırladı. "Derinden âşık olduğu fikir alanın kendisini değiştirmektir. Bu görüşe göre, elektron kendi başına değil, yalnızca diğer yüklere göre hareket edecek ve alan, gecikmiş etkileşimi temsil etmek için yararlı bir buluş işlevi görecek. Daha sonra, 1947'de hidrojendeki "Lamb" kayması için kesin deneysel değer elde edildikten sonra bu fikirden vazgeçecekti. Bu, yalnızca tam alan konsepti kullanılarak elde edilebilecek olan 'vakum polarizasyonunun' varlığını gösterdi. Wheeler ve Feynman, bu sorunlar hakkında birbirleriyle yoğun tartışmalar yaşadılar ve ortak işbirliklerinden iki makale çıktı, ancak bunlar Wheeler tarafından yazılmıştı. 'Bir radyasyon mekanizması olarak soğurucu ile etkileşim' başlıklı makalede, elektromanyetik alanın yarısının, yayılan elektronun hızlanmasından (ileri) ve yarısının hızlandıkça (geciktirilmiş) yayıldığı emici teorisini tanıttılar. Gelişmiş alanın, yayılan elektronun kinetik enerjisini azaltmak için gerekli olan 'radyasyon reaksiyonunu' üretmek için doğru zamanda ve doğru miktarda yeniden yayılıp hızlanan elektrona ulaşacağı uzak maddede absorbe edildiği varsayıldı. Yaydığı enerji miktarında gözlemlenebilir "gelişmiş efektler" yoktur. Wheeler'ın Feynman'a işaret ettiği gibi, elektronun yayılan alanı elektrona geri etki etmezse ortaya çıkacak olan enerji muhafazası eksikliği sorununun çözümü buydu.

Feynman'ın bilimsel bir makale olan kuantum elektrodinamiği üzerine çalışmasına derinlemesine dâhil olduğu bir dönemde 1949'da yayınlanan 'Doğrudan parçacıklar arası etkileşim açısından klasik elektrodinamik' başlıklı makalesinde, klasik eleştirilerini sürdürdüler. Elektrodinamik kısmı önceki makalede başladı ve şu fikre dayanıyordu. Bir yükün alanı hareketiyle belirlenir ve alanı yalnızca, hareketleri ilk yük üzerine geri dönen diğer yükler üzerindeki

eylemiyle algılanır. Bu alanı ortadan kaldırmak, bir yükün hareketinin diğerinin hareketini nasıl etkilediğini doğrudan tartışmayı mümkün kılacaktır. Bu, yüklerin denklemlerini belirleyen en az eylem ilkesi için görelî ifadeyi yazarak yapılabilir. Feynman'ın 'Klasik elektrodinamik için göreceli bir sınır' adlı makalesi, kuantum elektrodinamiğinin sorunlarına saldırmanın bir öncüsü olarak klasik elektrodinamiği değiştirmeye yönelik bir başka adımdı ve Feynman, klasik 'nokta benzeri' etkileşimin modifikasyonunun olabileceğine dikkat çekti. Bu makalede Feynman, bir elektronun bir bariyere çarpması ve ona doğrudan ya da dolaylı olarak sanal bir pozitron-elektron çiftinin üretimini içeren bir süreçle girmesi sorunu için çözümü tartıştı ve Pozitronu temsil etmek için 'zamanda geriye doğru' hareket eden bir elektron içeren Feynman diyagramlarını sundu.

Feynman'ın üç makalesine sırasıyla atıfta bulunduk ve tartıştık, çünkü bu makaleler MIT programının bir parçasını oluşturdu. Ancak bunlar Princeton'da gerçekten tamamlanmadı. Princeton'da Wheeler, Feynman'dan Princeton'daki Fizik Bölümünde klasik zaman simetrik elektrodinamik üzerine ortak çalışmalarını üzerine bir konuşma yapmasını istedi ve Feynman'ın konuşmasını düzenlemek için başkan olan Eugene Wigner ile hazırlıklar yaptı. Wigner, Henry Norris Russell, büyük astronom, ünlü matematikçi John von Neumann, Princeton'da savaş yıllarını geçiren Wolfgang Pauli ve Albert Einstein'ı Feynman'ın konuşmasına davet etti. Feynman, dersine katılmaya gelen tüm bu "canavar zihinler" konusunda çok gergindi, ama herkes içeri girdiğinde konuşmasına başladı. Wheeler sorulan soruları yanıtladı ve etkinlik başarılı bir şekilde sona erdi. Konuşmada Wheeler, yarı ileri, yarı gecikmiş potansiyellerin kuantum teorisi üzerine bir konferans verme niyetini açıkladı. Palmer Fizik Laboratuvarı'na dönerken Feynman Pauli ile yürüdü ve ona Wheeler'ın fenomenin kuantum teorisi hakkında ne düşündüğünü sordu. Feynman ona bilmediğini söyledi. Pauli,



"Ah," dedi, "adam çalışıyor ve asistanına kuantum teorisi hakkında ne yaptığını söylemiyor!" Feynman'a yaklaştı ve alçak, gizli bir sesle, "Wheeler bu semineri asla vermeyecek! dedi ve bunun doğru olduğu ortaya çıktı.

Feynman, 1940 sonbaharında doktora adayı olmak için yeterlilik sınavlarına girmişti. Zorlu yeterlilik sınavını geçtikten sonra Feynman, 'Kuantum mekaniğinde en az eylem ilkesi' teorisi üzerinde çalışmaya devam etti. Eylül 1940'tan Kasım 1941'in

sonuna kadar ve Robert R. Wilson onu Bilimsel Araştırma ve Geliştirme Ofisi'nde (OSRD) bir bilim insanı olarak atom bombası projesinde çalışmak üzere işe aldıktan sonra erteledi. Princeton'daki deneyciler, teorik fikirleri doğrulamak için cihazı inşa etmekle meşguldü. Feynman, atom bombası projesi üzerinde birkaç ay çalıştıktan sonra, tezini bitirmek için altı hafta ara verdi ve derecesini almak için projeden ayrıldı. İlk başta atom bombası projesindeki işinden yorgun düştü ve sonra dikkatini başka bir şeye yoğunlaştıramadı.

Yani, ilk başta, ortalıkta dolaştı, ama birdenbire aklına fikirler gelmeye başladı ve hepsini yazdı. O zamanlar Chicago Metalurji Laboratuvarı'nda Eugene Wigner ile birlikte çalışan Wheeler, tüm problemler çözülmemiş ve teorisi elektrodinamikte hiç kullanılmasa bile Feynman'ın tezi için yeterli malzemeye sahip olduğu konusunda ısrar etmeye devam etti. Feynman, 1942 yılının Haziran ayının ortalarında, doktora derecesini Princeton Üniversitesi'nden yol-integral yöntemi hakkındaki teziyle aldı.

Tezinin temel kısımları 1948'de 'Göreceli olmayan kuantum mekaniğine uzay-zaman yaklaşımı' adlı makalesinde yayınlandı. Feynman'ın kuantum mekaniğine yol-integral yaklaşımı, M. Born, Werner Heisenberg ve P. Jordan formülasyonlarıyla aynı seviyede idi.

Feynman, klasik elektronun belirli bir mesafede eylem teorisini nicelleştirmek ve böylece elektronun kendi kendine etkileşiminden kaynaklanan alan teorisinde ortaya çıkan sorunları önlemek için kuantum mekaniğinin yol-integral formülasyonunu geliştirmişti. Bu, her biri bağımsız bir uzay-zaman değişkeninin bir işlevi olan iki akımın etkileşimini içeriyordu. Nobel dersinde Feynman, Dirac'ın klasik Lagrangian'ı (Dirac 1933) içeren sonsuz küçük bir zaman geliştirme operatörünü (Herbert Jehle'nin yardımıyla) nasıl keşfettiğini anlattı. Bu operatörün ilk dalga fonksiyonuna art arda uygulamaları dalga fonksiyonunu daha sonraki herhangi bir zamanda oluşturdu ve dalga fonksiyonu Schrödinger denkleminin çözümünü bulmaya eşdeğerdi. Bununla birlikte, sonlu bir süre geçtikten sonra dalga fonksiyonunu elde etmek için, iki rasgele uzay-zaman noktası içeren tüm olası yollar üzerinden integralini almayı gerektirir. Aslında bu, Feynman'ın yol-integral yaklaşımıdır.

Feynman'ın Albert R. Hibbs ile yazdığı kitabı, istatistiksel mekanik, varyasyon prensibi, polaron problemi, Brownian hareketi ve gürültü dahil olmak üzere kuantum

mekaniği ve kuantum elektrodinamiği dışındaki problemleri çözmek için yol integrallerini kullandı. Kuantum sıvılara ve katılara, makromoleküllere ve polimerlere ve dağıtıcı ortamda yayılma problemlerine başka yöntemler yapılmıştır. Feynman'ın yaklaşımı, kimyasal, atomik ve nükleer problemlerdeki çeşitli yarı klasik yaklaşım biçimleri için önemlidir ve instanton problemi farklı vakum zemin durumları arasındaki bariyer penetrasyonu için temeldir. O, optiğe ve hatta bir kara deliğin yakınındaki güçlü yerçekimi alanlarındaki parçacıkların hareketine kadar genişletilebilir. Temel parçacık etkileşimlerinin Standart Modelinin merkezinde yatan kuantum ayar teorilerinin yol-integral formülasyonu, Veltman Hooft'un bu teorilerin yeniden normalleştirilebilir olduğuna dair kanıtında temel bir role sahiptir.

LOS ALAMOS

Richard Feynman, Nisan 1942'de, Robert R. Wilson'la birlikte uranyum-235 ve uranyum-238'in elektromanyetik ayrımı üzerine çalışan grubun bir üyesi olduğunda, doktorasını henüz tamamlamamıştı. Princeton'daki deneysel bilimciler, iyonize uranyum ışınlarını hızlandırmak için geliştirdikleri ve izotopları, doğrusal bir tüpün altındaki bir dizi ızgaraya yüksek frekanslı bir voltaj uygulayarak gruplayarak ayırmaya çalışan cihazı tamamladılar.

Wilson'ın onu OSRD projesinde atom bombasını üretmeye yönelik ilk çalışmalara katılmaya davet ettiği Aralık ayından buyana bu görevle meşgul olmuştu. Nisan ayının sonlarına doğru Feynman, tezini ve doktorasını tamamlamak ve çocukluk aşkı Arline Greenbaum ile evlenmek için birkaç hafta izin aldı. Ardından savaşla ilgili araştırmalarla ilgili tam zamanlı çalışmaya geri döndü.

'Bu projede yaşadığım ilk ilginç deneyimlerden biri büyük insanlarla tanışmaktı. Daha önce hiç böylesine büyük adamlarla tanışmamıştım.'

Feynman, 'Bu projede yaşadığım ilk ilginç deneyimlerden biri büyük insanlarla tanışmaktı. Daha önce hiç böylesine büyük adamlarla tanışmamıştım.' Dedi. Orada, katılmaya davet edildiği değerlendirme komitesinde üyelerle tanıştı: A.H. Compton, Karl Compton, R.C. Tolman, Harry Smyth, Harold Urey, I.I. Tolman'ın başkanlığında Rabi ve J. Robert Oppenheimer. Bu komitenin hiçbir şey tekrarlanmadan ne kadar sorunsuz işlediğini görünce şaşırıldı. Nihayetinde Princeton'daki projenin uranyum izotoplarını ayıracak proje olmayacağına ve Los Alamos, New Mexico'da atom bombası inşa etme projesini başlatacaklarına karar verildi. Los Alamos'ta teorik fizikçiler hemen çalışmalara başladı. Feynman o günlerde, okuyarak ve hesaplayarak zaman geçirdi ve çok çalıştı. Hatırladığı gibi, Teori Bölümünün Başkanı olan Hans Bethe dışında tüm önemli kişiler o sırada uzaktaydı ve Bethe'nin ihtiyaç duyduğu şey, fikirlerinin aleyhinde konuşacak biriydi.

Ofiste bana geldi ve tartışmaya başladı, fikrini açıkladı ve ben de 'Hayır, hayır, sen delisin. Böyle olacak.' dedim. "Bir dakika" dedi ve bana nasıl deli olmadığını açıkladı. Deli olan bendim. Hep bu şekilde devam ettik. Ama bunun tam da ihtiyacı olan şey olduğu ortaya çıktı. Bundan dolayı birçok not aldım ve Bethe yönetiminde [Teknik Hesaplamalar Grubunun] bir grup lideri olarak benim altımda dört kişiyle [Julius Ashkin, Frederick Reines, Richard Ehrlich ve Theodore Welton] çalıştım.



Richard Feynman, Hans Bethe ile bu dönemde tanıştı. Feynman, Bethe'nin sadece analitik güçlerinden, fiziksel sezgisinden, dayanıklılığından ve bilgisinden değil açık sözlülüğünden, alçakgönüllülüğünden ve bütünlüğünden derinden etkilendi. Bethe ve Feynman birbirlerine karşılıklı derin bir hayranlık ve sevgi geliştirdiler.

Los Alamos'ta (Oppenheimer'in direktörlüğünü yaptığı atom bombası laboratuvarı) Feynman, projedeki sıkı ve yoğun çalışmasının dışında birçok haylazlıklar da yaptı. Örneğin, giden ve gelen postaları inceleyen ve genel olarak laboratuvar binalarının güvenliğini sağlayan memurları kandırarak çok eğlendi. Feynman her fırsatta onları alt etmeye çalışırdı. Kilit şifreleme numaralarını tekinsiz bir şekilde çıkararak ve arkasında kurbanlarına güvenliklerinin ihlal edildiğine dair notlar bırakarak kilit açma ve kasa açma tekniğinde ustalaştı. Fizikçilerin, kilitlerin kombinasyonları için e'nin sayısal değerlerini, doğal logaritmaların tabanını veya U'nun değerini kullanacaklarına dair bir önseziye sahipti. Feynman, altı basamaklı sayıları ve çeşitli kombinasyonlarını da deneyecekti. Bu şekilde, aslında emrindeki atom bombasının tüm sırlarına erişebildi.

Feynman, Teorik Hesaplamalar Grubu'nun sorumluluğunu üstlenmeden önce, çeşitli adımları atan insanlar tüm bu çalışmanın ne için olduğunu bilmiyorlardı. Daha sonra Feynman, mürettebata projenin amacını, katkılarının savaş çalışması için ne kadar önemli ve gerekli olduğunu açıklamak için Oppenheimer'den izin aldı ve onlara ne yapıldığı ve ne için yapıldığı hakkında bir konferans verdi. Sonrasında teknik elemanlar büyük bir özveri ve heyecanla çalıştı. Tam bir dönüşüm yaşandı: Artık fazla denetime ihtiyaçları yoktu ve gece fazla mesai yapacaklardı.

Hafta sonları, Feynman karısı Arline'i, tüberküloz hastalığına yakalandığı Albuquerque'deki klinikte ziyaret ederdi. Bazen bazı arkadaşları da onu ziyaret ederdi ve hepsi onu neşelendirmeye çalışırdı. Feynman, ya otobüsle ya da

otostopla, çoğunlukla yalnız bir şekilde onu görmeye gitti. Arline Albuquerque'de vefat etti ve Feynman'ın oraya acilen gitmesi gerekti. Bunun için meslektaşları Klaus Fuchs'un arabasını ödünç aldı. Üç gün sonra geri döndüğünde, grubunun son derece meşgul olduğunu gördü. Daha önce yanlış yapılan hesaplamada düzeltme yapmanın bazı yollarını bulmuşlardı. Hesaplamalar çok ayrıntılıydı ve bombanın çeşitli tasarımlarından ve ardından gerçek bombalarda kullanılacak özel tasarımlardan ne kadar enerji açığa çıkacağını ve her durumda ne kadar malzemeye ihtiyaç olduğunu belirlemek zordu. Bu büyük bir sorundu ve hesaplama için ayrılan süre çok kısaydı. Feynman'ın Teknik Hesaplamalar Grubu liderliği evrensel olarak takdir edildi.

Hans Bethe'ye olan büyük sevgisi ve hayranlığının yanı sıra Feynman Los Alamos'ta diğer önemli kişilerle karşılaştı ve bunun bazı etkileri oldu.

Aralarında büyük matematikçi John von Neumann vardı. Feynman, Pazar günleri Bethe, von Neumann ve Robert Bacher ile yürüyüşe çıkardı. Feynman'ın hatırladığı gibi, 'von Neumann bana ilginç bir fikir verdi: içinde bulunduğunuz dünyadan sorumlu olmak zorunda değilsiniz. Bu yüzden, von Neumann'ın tavsiyesinin bir sonucu olarak çok güçlü bir sosyal sorumsuzluk duygusu geliştirdim. O zamandan beri beni çok mutlu eden, benim aktif sorumsuzluğuma dönüşen tohumu ekleyen von Neumann'dı. "

Los Alamos'ta Feynman, Niels Bohr ile de tanıştı. Feynman, "büyük adamlar" için bile "Bohr büyük bir tanrıydı".

Bohr, toplantılarda, Feynman'ın, mevcut insanların önemi ve otoritesi tarafından tartılmadan her zaman fikrini söyleyebildiğini gözlemlemişti. Bohr bir sonraki seferde Los Alamos'ta bomba hakkında yapılan önemli bir toplantıya geldiğinde, diğer insanları aramadan önce fikirleri hakkında Feynman'la konuşmaya karar verdi. Arline'in ölümünden sonra Feynman, Far Rockaway'deki evinde birkaç gün dinlendi ve burada Hans Bethe'den "Bebek şu ve böyle bir günde bekleniyor" şeklinde bir mesaj aldı. Feynman hemen New Mexico'ya uçtu ve otobüsler test sahasına doğru hareket ederken tam zamanında oradaydı. Alandan 20 mil uzakta bekledi, diğerleri ise altı mil uzakta bekledi. Atom bombasının patlamasına tanıklık etmeleri için onlara koyu renkli gözlükler takılmıştı, ancak Feynman gözlüğü yaralayabilecek tek şeyin ultraviyole radyasyon olduğunu biliyordu ve bir kamyonun ön camının arkasında bir yerde durdu; ultraviyole ışığı ön cam tarafından emilirdi. Sonra patlama oldu ve Feynman bunu gördü:

Orada muazzam bir flaş patladı..., beyaz ışık sarıya ve ardından turuncuya dönüşüyordu. Bulutlar yeniden oluştu ve kayboldu; sıkıştırma ve genişleme oluştu ve bulutları yok etti. Lanet şeye gerçekten bakan tek kişiyim, bu ilk Trinity testi. Herkesin siyah gözlükleri vardı ve altı mil uzaktaki insanlar, yere yatmaları söylendiği için onu göremiyordu. Sonunda, yaklaşık bir buçuk dakika sonra, aniden muazzam bir gürültü duyuldu, BANG! ve ardından olağanüstü bir gök gürültüsü.

Bomba patladıktan ve test başarıyla tamamlandıktan sonra Los Alamos'ta büyük bir heyecan yaşandı. Hepsini koşturuyordu, herkesin partisi vardı. Feynman bir cipin kaputuna oturdu ve metal çöp bidonlarını döverek davul çaldı. Ama bir adam, Robert Wilson, sadece sıkıntı içinde oturuyordu. Feynman ona sordu, "Neye üzülüyorsunuz?" "Yaptığımız korkunç bir şey" diye cevapladı ve Feynman "Ama sen başlattın. Bizi buna sen soktun." dedi.



Feynman, Los Alamos'tan Hans Bethe'nin kendisine yardımcı doçent kadrosu ayarladığı Cornell Üniversitesi'ne öğretmenlik yapmaya gitti. Normal hayata döndükten sonraki ilk izlenimleri çok tuhaftı. Örneğin New York'ta bir lokantaya oturdu ve binalara bakmaya başladı, Hiroşima'daki bomba hasarının ne kadar büyük olduğunu ve bunun sonuçlarını düşünmeye başladı. Tüm bu binalar, hepsi parçalanmıştı.

CORNELL ÜNİVERSİTESİ, YOL-İNTEGRAL YÖNTEMİ VE KUANTUM ELEKTRODİNAMİĞİ

30 Ekim 1943'te, Feynman'ın Los Alamos'a gelmesinden birkaç ay sonra, Hans Bethe, Cornell Üniversitesi Fizik Bölümü Başkanı Gibbs'e Feynman'ın Cornell'de işe alınmasını tavsiye etti. Cornell'de Fizik Bölümünde de çalışan ve daha sonra Los Alamos'ta bulunan Robert F. Bacher de,

Gibbs'e Feynman'ın üniversiteye atanmasını destekleyen bir mektup yazdı. Gibbs, önerilere sıcak yaklaştı. Feynman'ın yapması gereken tek şey, ona geçmiş hakkında kısa (tek sayfalık) bir not göndermekti. Bunu yaptı ve tayini gerçekleşti. Cornell'deki randevusu 1 Kasım'da başlayacaktı, kendisi 31 Ekim'de Ithaca'ya gitti. Feynman diğer prestiji yüksek üniversitelerden de ciddi teklifler almıştı ama Bethe'ye yakın olmak istiyordu ve Cornell'de olmaktan



doğayı memnundu. İlk yılında, Ithaca'ya giden trende hazırlamaya başladığı, fiziğin matematiksel yöntemleri, elektrik ve manyetizma üzerine bir ders vermesi istendi. Oraya vardığında geceyi Willard Straight Hall lobisindeki bir kanepede geçirmek zorunda kaldı.

Kansı Arline öldüğü için kendisini çok yalnız hissediyordu ve hala üniversite birinci sınıf öğrencileriyle karıştırılacak kadar genç görünüyordu. Katıldığı partilerdeki kızlar, Manhattan Projesi'nde çalıştığına dahi inanmıyorlardı. Hatta onun bir sahtekar olduğunu düşünüyorlardı. Ders vermediği zamanlarda dinlenirdi. Los Alamos'taki savaş işi onu çok yormuştu. Kütüphaneye gidip saatlerce oturup "Arap Geceleri"ni okurdu. Kendini dersleri mükemmel bir şekilde hazırlamaya adanı. Aslında bunun çok önemli bir iş olduğuna inanmıyordu ve araştırma yapması gerektiğini düşünüyordu. Ders verip araştırmadan uzak durdukça, daha çok depresyona girdi. Tamamen tükendiğine ve artık hiçbir şey başaramayacağına inanıyordu.

Feynman'ın maaşı artmaya devam etti. Hala dışındaki diğer yerlerden talep görüyordu. Onu diğer üniversiteler hala çok istiyorlardı. Başka bir yer ona daha fazla para teklif ettiğinde ve onu yeni bir işe davet ettiğinde, bunu reddediyordu. Ancak bölüm sekreteri neler olduğunu izliyor ve bu konuda Başkan'ı bilgilendiriyordu. Bu Feynman'ın maaşının arttırılmasının altındaki nedenlerden biriydi. Onu Cornell'de tutmaya çalışıyorlardı.

Bu dönemde en çekici teklif Smyth tarafından gelmişti, Princeton'da, İleri Araştırmalar Enstitüsü'ne oldukça dolgun bir maaşla çağırılmıştı. Princeton'dan Eugene Wigner, Feynman'ı tebrik etti ve kabul edeceği umudunu dile getirdi. Princeton'dan gelen teklif, Cornell'de doçentliğe terfi etmesiyle sonuçlandı. Los Angeles'taki California Üniversitesi'nden (UCLA) ve Berkeley'den rutin olarak reddettiği başka teklifler de aldı. Feynman'a psikolojik durumu göz önüne alındığında, tüm bu davetler o kadar tuhaf ve yanlış geliyordu ki, kendisinin tüm bunlara değdiğini düşünmek için çılgın



olmaları gerektiğini düşünüyordu.

Sonra bir gün ilginç bir şey oldu. Feynman öğle yemeği için öğrenci kafeteryasındaydı. Yemek yerken ve izlerken, etrafta dolanan bir adamın havaya bir tabak attığını fark etti, tabak yukarı çıktı ve aşağı inmeye başladı. Plaka üzerinde Cornell Üniversitesi'nin kurucusu Ezra Cornell'in amblemi vardı. "Plaka havaya yükseldiğinde sallandığını gördüm. Madalyonun sallanmadan daha hızlı döndüğü benim için oldukça açıktı. Dönen plakanın hareketini anlamaya başladım ve yatayla yalpalama açısı çok küçük olduğunda madalyonun yalpalama hızından iki kat daha hızlı döndüğünü keşfettim. Bu sevimli bir ilişkiydi. " Feynman, onun için oldukça eğlenceli olan dönen-sallanan plakanın hareket denklemini çözdü. Bu bölüm, "fizikle oynama" sevgisini yeniden canlandırdı.

Daha sonra görelilikte dönen elektronun

dönme problemini, bunların kuantum mekaniğinde yol integralleri ile nasıl temsil edileceğini düşündü ve elektrodinamikte Dirac denklemi üzerinde çalıştı. Ve bunu bilmeden önce, çok sevdiği ve Los Alamos'a gittiğinde üzerinde çalışmayı bıraktığı aynı problemle uğraşıyordu, tez tipi problemler. "Bir şişenin tıpasını açmak gibiydi, her şey zahmetsizce dışarı aktı. Neredeyse direnecektim! Yaptığım şeyin önemi yoktu, ama nihayetinde önemli olduğu ortaya çıktı. Nobel Ödülü'nü aldığım diyagramlar sallanan plakayla ortalıkta dolanmaya başladı. Feynman, adeta yeni bir oyuna başlar gibi fiziğe yeniden ilgi duymaya başladı.

Babası Melville Feynman, 7 Ekim 1946'da felç geçirdi ve ertesi gün öldü. Richard, babasının ölüm belgesini imzaladı. İki sene içinde iki kayıp vermişti. Babası Melville, Queens'teki Bayside Mezarlığı'na gömüldü.

Feynman, göreceli olmayan kuantum mekaniğine ve diğer problemlere uzay-zaman (yol-integral) yaklaşımına ciddi bir şekilde dâhil oldu ve 1947 yazında kuantum mekaniğini formüle etmenin üçüncü bir yolunu tamamladı. Bu da kuantum mekaniğinin yeni fiziksel yorumlamasına dayanıyordu. Feynman, ikinci makalesini tamamladıktan kısa bir süre sonra, kuantum elektrodinamiğine ve uzay-zaman yaklaşımını geliştirmeye devam etti.

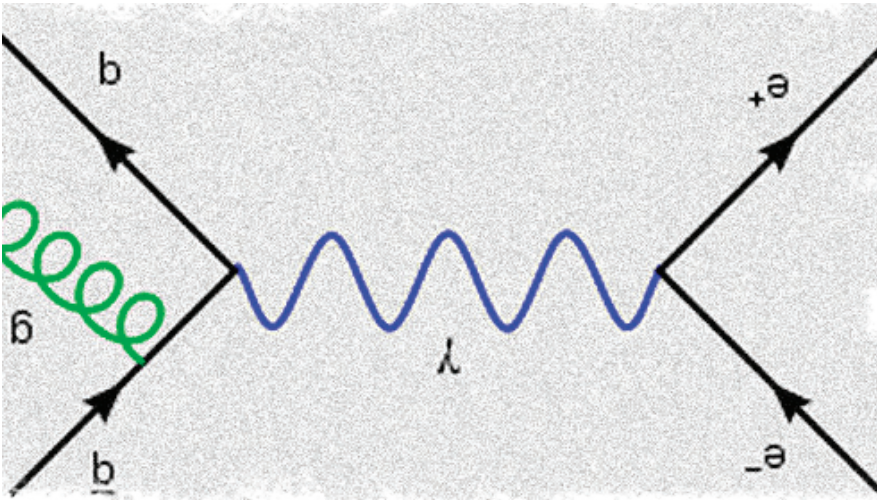
Çalışması için ana yeni girişim, 2-4 Haziran 1947'de Long Island'ın ucundaki Shelter Island'daki Ram's Head Inn'de gerçekleştirilen Shelter Island Konferansı idi ve konferansın genel teması kuantum mekaniği problemleri ve elektrondur. Bu konferansta Willis E. Lamb, Jr, 'Kuzu kayması' olarak adlandırılan şeyin kesin ölçümünün sonucunu sundu ve I.I. Rabi, Polykarp Kusch ve Columbia Üniversitesi'ndeki arkadaşları tarafından elektronun anormal manyetik momentinin ölçümünü bildirdi. Bu ölçümlerin her ikisi de, bu kesin deneysel sonuçlar ile Dirac'ın göreceli elektron teorisi arasındaki küçük ama derin tutarsızlığı gösterdi. Bir sonraki sayfada bulunan resimde Shelter Island Konferansı'ndan hemen sonra, Hans Bethe, görecelik teorisini geliştirmeye büyük ölçüde ilham veren ve Pocono Konferansı'nda görüşlerini özetleyen Feynman ile birlikte görülmektedir (30 Mart - 1 Nisan 1948).

Feynman'ın kuantum elektrodinamiğine olan alışılmadık yaklaşımı toplantıdakileri ikna edemedi ve bu yüzden çok eleştirildi. Aslında elinde çok fazla malzeme vardı, yöntemleri benzersiz ve orijinaldi. Önce sonuçlarını yayınlamaya karar verdi. Bu süreçte, klasik elektrodinamik için zaten tanıtmış olduğu göreceli yüksek frekanslı kesmenin kuantum mekanik versiyonunu içeren "Kuantum elektrodinamiği için göreceli kesme" adlı makalesini yayınlamaya başladı. Pauli ve Villars (1949) tarafından gösterildiği gibi, "düzenleştirme" olarak adlandırılacak olan bu yöntem, kuantum elektrodinamiğin ıraksak integrallerini vakum polarizasyon integralleri dışında sonlu yaptı. Dirac'ın 'eski moda' pertürbasyon teorisini kullanarak, Feynman, kesme sürecinin, hidrojenin enerji seviyelerinin elektromanyetik kayması (Kuzu kayması) ve potansiyel saçılmaya radyatif düzeltmeler için aynı sonuçlara yol açtığını gösterdi. Bethe ve Schwinger dahil olmak üzere başka bilim adamları tarafından kıyasıya eleştirildi. Ancak, Feynman'ın sonuçları, kesme için seçilen değere çok duyarlı olduğunu gösterdiği sonlu integralleri kullanarak sonsuz integrallerin çıkarılmasını önledi.

Feynman'ın kuantum elektrodinamiğiyle ilgili önemli makaleleri 1949'da yayınlandı. Bunlar, 8 Nisan 1949'da Physical Review tarafından ele alınan 'Pozitron teorisi' ve bir ay sonra 'kuantum elektrodinamiğine uzay-zaman yaklaşımı' idi.

Feynman'ın kuantum elektrodinamiğiyle ilgili önemli makaleleri 1949'da yayınlandı. Bunlar, 8 Nisan 1949'da Physical Review dergisinde ele alınan 'Pozitron Teorisi' ve bir ay sonra 'Kuantum Elektrodinamiğine Uzay-Zaman Yaklaşımı' idi. Bu iki makalede verilen kuralların geçerliliği, 8 Haziran 1950'de Physical Review'e ulaşan üçüncü bir makale olan 'Elektromanyetik Etkileşimin Kuantum Teorisinin Matematiksel Formülasyonu' ile gösterilmiştir. Bu makalelerin ilkinde, Feynman pozitronların ve elektronların belirli dış potansiyellerdeki davranışını ayrıntılarıyla tartıştı. Delik teorisini Dirac denkleminin çözümünün yeniden yorumlanmasıyla değiştirerek karşılıklı etkileşimlerini ihmal etti. Dalga fonksiyonundaki sınır koşulları açısından problemin tam çözümünü yaptı ve bu çözüm, sanal (ve gerçek) çift oluşum ve yok etme olasılıklarını, doğru bağıntı dâhil olmak üzere sıradan saçılma süreçleriyle birlikte otomatik olarak içeriyordu.

Bu çözümde, 'Negatif Enerji Durumları' uzay-zamanda (Stückelberg tarafından daha önce yapıldığı gibi) zaman içinde dışsal potansiyelden uzaklaşan dalgalar olarak resmedilebilecek bir biçimde ortaya çıktı.





Deneyel olarak, böyle bir dalga, potansiyele yaklaşan ve elektronu yok eden bir pozitrona karşılık geldi. Bir potansiyelde zamanda (elektron) ileriye doğru hareket eden bir parçacık zamanda ileriye doğru (sıradan saçılma) veya geriye doğru (çift yok olma) saçılabilir. Geriye doğru hareket ederken (pozitron), zamanda geriye doğru (pozitron saçılması) veya ileriye doğru (çift üretimi) dağılabilir. Böyle bir parçacık için, bir başlangıçtan son duruma geçiş genliği, Feynman tarafından bu tür bir saçılmalar dizisine maruz kaldığı düşünülerek potansiyeldeki herhangi bir sırayla analiz edildi.

Bu tür çok sayıda parçacığı içeren bir işlemin genliği, her parçacık için geçiş genliklerinin ürünüdür. Dışlama ilkesi, yalnızca parçacık değişimiyle farklılık gösteren tam süreçler için anti-simetrik genlik birleşimlerinin seçilmesini gerektirir. Tutarlı bir yorumun ancak dışlama ilkesi benimsenmesi durumunda mümkün olduğu görülmüyordu. Ara

durumlar hariç tutma ilkesinin dikkate alınmasına gerek yoktu. Birbirine etkileşime girmeyen yükler için boşluk problemleri ortaya çıkmadı. Ancak Feynman, kuantum elektrodinamiğine yeni bir uygulama beklentisiyle yine de bunları analiz etti. Sonuçları momentum-enerji değişkenleriyle de ifade etti ve ilave olarak ikinci kuantizasyon teorisine denk olduğunu kanıtladı.

Kuantum elektrodinamiği, ikinci makalenin konusu olan 'Kuantum Elektrodinamiğine Uzay-Zaman Yaklaşımı' idi. Bu yazıda Feynman iki şey yaptı. İlk olarak, elektrodinamikteki karmaşık süreçler için matris elemanlarını yazarak önemli bir basitleştirmeye ulaşabileceğini gösterdi. Dahası, Feynman'a herhangi bir özel sorun için bunları yazmasına izin veren fiziksel bir bakış açısı vardı. Bu basit bir şekilde geleneksel elektrodinamiğin yeniden ifade edilmesi olduğundan, matris elemanları karmaşık süreçler için farklılaştı. İkinci olarak, elektrodinamiğin

kısa mesafelerde elektronların etkileşimini değiştirerek değiştirildiğini gösterdi. Boşluk kutuplaşması problemleriyle ilgili olanlar dışında, tüm matris elemanları artık sonlu idi. Feynman ikincisini Pauli ve Bethe'nin önerdiği şekilde değerlendirdi ve bu matrisler için de sonlu sonuçlar elde etti. Değişikliğe duyarlı olan tek etkinin elektronların kütleindeki ve yükündeki değişiklikler olduğunu buldu. Bu tür değişiklikler doğrudan gözlemlenemedi. Doğrudan gözlemlenebilir olaylar, kullanılan modifikasyonun ayrıntılarına duyarlıdır (aşırı enerjiler hariç). Bu tür olaylar için, modifikasyon aralığı sıfıra giderken bir sınır alınabilir. Feynman, sonuçlarının Schwinger'ın sonuçları ile aynı olduğunu buldu. Bu nedenle elektron ve fotonları içeren tüm süreçlerin hesaplanması için eksiksiz, benzersiz ve tutarlı bir yöntemin mevcut olduğunu gösterdi. Feynman daha sonra ünlü Feynman kurallarını ve Feynman diyagramlarını verdi.

Yayımlanan bir sonraki makalede, önceki makalelerde verilen Uzay-Zaman Sürecini gerektirmemek ve "bu sonuçların geleneksel elektrodinamik süreçlerle denkleminin kanıtını" sağlamak için tasarlandı. Aslında, bu makalenin ilk dört bölümü 1947'de yazılmıştı ve bunların çoğu Feynman'ın tez çalışmasının aynısını oluşturuyordu. Bunu bir yıl sonra, Feynman'ın California Enstitüsünde teorik fizik profesörü olarak atanmadan önce Brezilya'da izinli iken tamamlanan 'Kuantum elektrodinamiğinde uygulamaları olan bir operatör hesabı' izledi. Daha sonra belirttiği gibi, "Bu makale ile kuantum elektrodinamiği projesini tamamladım. Yayımlanması gereken hiçbir şey kalmadı. Bu iki yazıda yaptığım her şeyi koydum ve konuyla ilgili yayınlanması gerektiğini düşündüm. Ve bu makale, alanda yayınlanmış çalışmamın sonuydu". Sıralı operatör analizinin yol integral yöntemine göre avantajı, operatörlerle ilgilenmek için kullandığı yeni yönteminin daha geniş bir uygulamaya sahip olmasıydı.



Laurie M. Brown ile 'Compton saçılması'nın ışınım düzeltilmesi' konulu bir makalede, kuantum elektrodinamiği için uygun bir test zemini olduğu kanıtlanan Compton saçılması için Klein-Nishina formülüne radyasyon düzeltmelerini hesapladı. Feynman, 1961'deki bir inceleme makalesi olan, "Kuantum elektrodinamiğinin mevcut durumunda" yaklaşık 1 GeV sanal enerjide önemli ölçüde başarısız olması gerektiğine dair güçlü önyargısını belirtti. Ayrıca, "Bu inanca sahip olacağım ve yeniden normalleştirme felsefesine katılmayacağım" dedi.

Kuantum elektrodinamiğiyle ilgili temel makalelerini tamamladıktan sonra, Feynman alanı zaferle terk etti. Ancak kişisel olarak, 1961 Solvay Konferansı'nda ifade ettiği gibi, her zaman memnuniyetsizdi. Teorideki farklılıklar sorununu çözeceğini düşündü, ama yapmadı. Hesaplamaları yapmak için daha iyi bir yol bulduğuna inanıyordu ama başarılı olamamıştı. Görelî değişmezliği kontrol altında tutmuştu ve her şey güzeldi, ama hiçbir şeyi düzeltmemişti: "Bu durumdan hiç memnun değildim" dedi. Feynman, elektrodinamiğin uzay-zaman resminin gerçekten yeni olmadığı için de hayal kırıklığına uğramıştı. Aslında, Schwinger ve Tomonaga'nın geleneksel alan teorisine eşdeğeri. Alanları, parçacıkların lehine temel varlıklar olarak tamamen ortadan kaldırmayı ummuştu, ancak sonunda alan teorisi zafer kazanmıştı.

CORNELL'DEN CALTECH'E VE YENİ GİRİŞİMLERE

Feynman'ı New York'un kuzeyinde bulunan Cornell'de en çok rahatsız eden şeyler hava durumu, tarih, felsefe, edebiyat, psikoloji ve sosyoloji gibi beşeri bilimler üniversitede tam olarak temsil edilirken entelektüel uğraşlar olduğuna inanmadığı hayvancılık, ev ekonomisi ve otel yönetimi gibi alanların da bunlarla birlikte temsil edilmesiydi. 1949 sonbaharında, Fiziksel Bilimler Bölüm Başkanı ve Norman Bridge Fizik Laboratuvarı Müdürü Robert F. Bacher, Feynman'ı Caltech'e davet etti.

Orada kuantum elektrodinamiği, mezon teorisi ve nükleer kuvvetler üzerine bir dizi seminerler verdi. Feynman, Caltech'teki konaklamasından büyük keyif aldı. Bacher onunla Caltech'e taşınma olasılığını tartıştı ve ona Cornell'i terk etmesi için yeterli bir maaş teklif etti. Her şeyden önce, Feynman'ı iki şey cezbettiler: Birincisi, tabii ki, güzel iklimiydi. İkincisi ancak daha da önemlisi, bir teknoloji enstitüsü olarak Caltech'in karakteriydi. Gerçekten aktif insanların olduğu birçok bilim bölümü vardı ve Feynman'ın sahip olduğu düşünce tarzına sahiptiler. Caltech'e aşık oldu ve oranın "onun türünden bir yer" olduğuna karar verdi. Aslında, Bethe ile olan yakın ilişkisi ve sevgisi, Cornell'i Caltech'e bırakmayı çok zorlaştırdı. Ancak Bacher, Bethe'yi bunun Feynman için en iyi yol olduğuna ikna etti. 1950 baharında Caltech'ten Cornell'e döndükten kısa bir süre sonra Bacher, Feynman'a teorik fizik profesörlüğü teklif etti. Cornell'de Feynman, 1951-52 akademik yılı boyunca izin hakkına sahipti ve Caltech de, oradaki görevlerini bitirebilmesi için, masrafları kendisine ait olmak üzere ona izin vermeyi teklif etti.

24 - 30 Nisan 1950 tarihleri arasında, Paris'te Feynman'ın davet edildiği Uluslararası Temel Parçacıklar ve Çekirdekler Kolokyumu düzenlendi. Bu toplantıda, Feynman'ın açılış gününde temel parçacık teorilerinin mevcut durumu hakkında bir rapor vermesi istendi. Bohr, Dirac, Pauli, Hendrik Kramers, Rudolf (daha sonra Sir Rudolf) Peierls, Markus Fierz ve Walter Heitler, dahil olmak üzere modern parçacık fiziği ve kuantum alan teorisinin neredeyse tüm büyük isimleri Paris Konferansı'nda mevcuttu. Feynman'ın Princeton günlerinden beri tanıdığı Pauli, ondan ve çalışmalarından derinden etkilendi ve Paris'teki konferanstan sonra Feynman'ı birkaç günlüğüne Zürih'i ziyaret etmeye davet etti.

Feynman, Zürih'te Ortak Üniversite-ETH (Federal Teknoloji Enstitüsü) kolokyumuna katıldı ve kuantum mekaniğinin yol-integral formülasyonu ve kuantum

elektrodinamiği üzerine yaptığı çalışmalar hakkında birkaç konferans verdi. Bu, Feynman'ın Avrupa'ya ilk ziyaretiydi ve bundan çok büyük keyif aldı; daha sonra hem iş hem de eğlence için defalarca Avrupa'ya dönecekti.

Feynman, Robert Bacher ile görüşerek 1950-51 akademik yılı için Caltech'e atanmasının 1 Temmuz'da başlamasını planlamıştı. Caltech'in fakülte kulübü Athenaeum'da yıl boyunca uzun süreli misafir olarak kalması da ayarlanmıştı. Caltech'e katılmadan önce Feynman, Brezilya'da Rio de Janeiro'daki Centro Brasileiro de Pesquisas Fisicas'ta bir yıl kaldı ve Portekizce konuşmayı öğrendi. Derslerini Portekizce öğrettiği Rio'da kalmaktan büyük keyif aldı ve özellikle Karnaval zamanında yerel müziğe aşık oldu. Brezilya'da herhangi bir kişisel bağ kuramadığı için Feynman kendini çok yalnız hissediyordu; Cornell'de tanıdığı ve sık sık tatsız tartışmalar yaşadıkları Mary Louise Bell (Mary Lou) ile arkadaşlığını hatırladı. Ona mektupla evlenme teklif etti ve Mary kabul etti. Brezilya'da 10 ay kaldıktan sonra Feynman, Kaliforniya'ya dönmeye karar verdi. Kaliforniyaya kalıcı olarak yerleşti. Brezilya'dan döndükten kısa bir süre sonra, Haziran 1952'de Mary Lou ile evlendi. Ancak anlaşamadıklarına karar verdiler ve bu evlilik 1956'da bitti.

1953 yazına gelindiğinde, Feynman birkaç yıldır sıvı helyumun aşırı akışkanlığı sorunu üzerinde neredeyse sürekli olarak düşünüyordu. 1951-52'de Rio de Janeiro'da kaldığı süre boyunca, sorunun çeşitli yönlerinin çözümüne ilişkin çeşitli fikirler aklına geldi. Eylül 1953'te kısmen Tokyo'da kısmen de Kyoto'da düzenlenen Uluslararası Teorik Fizik Konferansı'na katılmak için Japonya'ya gitti, burada sıvı helyumun atom teorisi üzerine bir konferans verdi ve Lars Onsager ile karşılaştı. Caltech'e döndükten sonra Feynman, sıvı helyumun süperakışkanlığı teorisi ve süperiletkenlik sorunu üzerinde çalışmaya devam etti.

SIVI HELYUM VE DİĞER PROBLEMLER

1953 ile 1958 arasında Feynman, süper akışkan helyumun atom teorisi üzerine çok sayıda makale yayınladı. Feynman'ın temel katkısının önemli bir kısmı, fenomenolojik kavramların doğrudan güçlü itici çekirdeklerle etkileşimli bozonik sistemlerin temel kuantum mekaniğinden ortaya çıktığını göstermesiydi. Feynman, sıvı helyumdaki lambda geçişinin atom teorisini ele alan sıvı helyum üzerine ilk önemli makalesinde, çok cisimli dalga fonksiyonunun simetrik karakterinin izin verilen düşük sınıfını nasıl ciddi şekilde kısıtladığını ayrıntılı olarak gösterdi. "Mutlak sifıra yakın sıvı helyum atom teorisi" adlı makalesinde ayrıntılı olarak yazdı. Sonraki dört makale dizisinde Feynman, sıvı helyumun süper akışkanlığına ilişkin çeşitli kavramlarının tüm ayrıntılarını tartıştı. Bu makalelerin son ikisi, Feynman'la bu problem üzerine doktora tezini yazan Michael Cohen ile ortaklaşa kaleme alınmıştır. Cohen ve Feynman, süperakışkan helyumdan elastik olmayan nötron saçılımını incelemek için deney yaptılar ve saçılmanın, enerji spektrumunun doğrudan bir ölçümüne izin veren tek bir yarı parçacığın uyarılmasıyla domine edileceğini tahmin ettiler; sonraki ölçümler bu davranışı tamamen doğruladı.

Daha önce de belirtildiği gibi, Feynman tarafından ele alınan yol-integral yönteminin uygulamaları arasında, yeni bir varyasyonel ilke geliştirdi. Bu ilkeyi, Herbert Fröhlich, tarafından yazılan bir makaleyi okuyarak tesadüfen ilgilenmeye başladığı polaron problemine uyguladı. Feynman'ın belirttiği gibi, 'iyonik kristaldeki bir elektron, çevresindeki kafesi kutuplaştırır'. Bu etkileşim elektronun enerjisini değiştirir. Dahası, elektron hareket ettiğinde, polarizasyon durumu da onunla birlikte hareket etmelidir. Kafesin çarpıklığıyla birlikte hareket eden bir elektron bazen polaron olarak adlandırılır. Bir elektronunkinden daha yüksek bir etkili kütle sahiptir. Böyle bir elektronun etkin kütlelerini hesaplamak istiyordu.

Fröhlich, Feynman'a polaron problemi ve "Kutup kristalindeki yavaş elektronlar" üzerine yapılan bu çalışmadan sonraki adımın süperiletkenlik sorununun çözümü olacağını iletmişti. Feynman, polaronun öz enerjisi için 1950'lerde yayınlanan diğer beş makalede elde edilenden daha düşük bir alt sınır elde etmek için varyasyonellik ilkesini kullandı. Feynman, Robert W. Hellwarth ve iki Caltech yüksek lisans öğrencisi, Carl K. Iddings ve Phillip M. Platzman ile yazdığı makalede, polaron'un hareketliliğini hesaplamak için benzer bir yöntem kullandı, ancak doğru formülü bulamadı.

Feynman, F.L. Vernon ile makalesinde, bir harmonik osilatör birikimiyle temsil edilen doğrusal bir dağıtıcı sistemle etkileşime giren genel bir kuantum mekanik sistemle ilgilendi. Dalgalanma-yayımla teoremine ek olarak, ilgili sisteme etki eden dalgalı bir klasik potansiyele lineer sistemin ilgili sıcaklığını ve dağılımını türettikleri

makalede elektrik devreleri ise Nyquist-Johnson ilişkisine indirgenmiştir. Feynman her zaman lisansüstü öğrencileriyle makaleler yayınlamadı, ancak Vernon ile yaptığı bu makalede, 'Doğrusal bir ayrıştırma sistemi ile etkileşime giren genel bir kuantum-mekanik sistem teorisi' farklı bir yol izledi.

Feynman, 1959'da Caltech'e geldiğinden beri kendisini çeken ve Max Delbrück ile etkileşime girerek biyolojik sorunlara olan ilgi alanına yöneldi. Bir süre biyolojik sorunların peşine düşmeye karar verdiğinde, bunu Delbrück'e de söyledi. O sırada Delbrück'ün laboratuvarında bakteriyofaj araştırmalarından sorumlu doktora sonrası araştırmacı olan Robert S. Edgar, Feynman'a aktif bir yüksek lisans öğrencisi gibi çalışmasını tavsiye etti. Resmen ona geri mutasyonlar ve ribozomlar üzerinde çalışması için bir problem verdi. Yayımlanan "Bakteriyofaj T4D1'in r mutantları ile haritalama



deneyle" adlı makaleleri başarılıydı. Feynman, Matt Meselson ile ribozomlar üzerinde de çalıştı. Ancak bu çalışma iyi gitmedi ve sonuçları tekrar edemediler. Ancak, bir 'mezun öğretim asistanı' olarak son derece başarılıydı ve tüm lisansüstü öğrenciler onu sevdi.

"İDDİA EDEBİLECEĞİM TEK DOĞA YASASI": ZAYIF ETKİLEŞİMLER TEORİSİ

Henri Becquerel'in elektron, proton veya atom çekirdeğinin keşfedilmesinden önce 1896'da radyoaktiviteyi keşfinden bu yana, zayıf etkileşimler gözlemlendi ve beta bozunması şeklinde incelendi. Enrico Fermi, Pauli'nin nötrino kavramından bahsettiği yedinci Solvay Fizik Konferansı'ndan hemen sonra, 1933'ün sonunda bu sürecin bir teorisini formüle etti. Kuantum elektrodinamiği ve zamanın atomik ve nükleer teorileri gibi, Fermi'nin dört fermiyon zayıf etkileşim teorisi, parite olarak bilinen sol-sağ simetriye uydu (solaktan sağ eli bir uzaysal koordinat sistemine geçerken, fizik değişmedi). Bu nedenle, zayıf etkileşimlerdeki şüpheli parite ihlalinin (beta-bozunması ve parçacık bozunması gibi) 1957'de deneysel olarak doğrulanması, kısa bir aralıkta 'parite devrimi' olarak bilinen teorilere ve deneylere yol açtı. Feynman, 1956 Rochester Konferansı'nda sol-sağ simetringerekliğini alenen sorgulayarak bu devrimde çok önemli bir rol oynadı ve Martin Block'un K'nin çürümesinde paritenin ihlal edilip edilmeyeceğine dair kendisine sorduğu soruyu tekrarladı. 1957 Rochester Konferansı'nda, Feynman gayri resmi olarak zayıf etkileşimin vektör-eksenel vektör (V-A) teorisinin erken bir versiyonunu önerdi. Kısa süre sonra, V - A teorisinin ayrıntılarını çalıştı ve bunun "üzerinde hak iddia edebileceği tek doğa yasası olduğu" düşüncesinden çok mutlu oldu. Ancak, aralarında Murray Gell-Mann ve Robert E. Marshak'ın da bulunduğu birkaç kişi zayıf etkileşimler teorisi üzerinde çalışmıştı. Bunlar Sudarshan ve Sakurai idi. Feynman ve Gell-Mann, V-A etkileşimi üzerine bir makale yazdılar.

Bu işbirliği bazı tartışmalara yol açtı. Bununla birlikte, diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, Feynman ve Gell-Mann'ın katkısı benzersiz bir şekilde vurgulanmıştır.

PARTONLAR - QUARKLAR VE GLUONLAR

V-A zayıf etkileşimler teorisi üzerine yaptığı çalışmalardan sonra, Feynman güçlü etkileşimlerin (nükleonların yapısı) fizikteki durumu inceledi ve çok karmaşık olduğunu gördü. Elde yeterli deneysel veri yoktu. Kuantum kütleçekimi teorisi ve Feynman'ın Fizik üzerine verdiği dersler onu uzun süre meşgul etti ve ancak 1965'te (Julian Schwinger ve Sin-Itiro Tomonaga ile paylaştığı) Nobel Fizik Ödülü'nü aldıktan sonra tekrar bu konuyla ilgilendi. O zamanlar, fizikteki teorik durum, güçlü etkileşimler sorununa yaklaşımlarla doluydu: dağılım ilişkileri, Regge asimptotikleri, mevcut cebir, S-matris yaklaşımı, nükleer demokrasi, önyükleme teorisi ve tabii ki simetrisler. Feynman, "o günlerde çok fazla teori vardı" diye söyler.

1968 baharında, Feynman iki hadronun yüksek enerjilerde çarpışmalarını -örneğin iki proton veya bir pion ve bir proton- incelemeye başladı. Yüksek çarpışma enerjisinde, aralarındaki güçlü kuvvetin dinamik ayrıntılarının oldukça basit ve hesaplamaya uygun hale gelebileceğine inanıyordu. Yüksek bağlı hızları nedeniyle, her proton diğerini göreceli olarak hareket yönü boyunca düz bir disk veya pankek şeklinde daralmış olarak görür. Ek olarak, güçlü etkileşimler kısa menzilli olduğundan, iki düz diskin birbirleriyle etkileşime girmek için çok kısa bir zamanı olacaktır.

Feynman her hadronu, "partonlar" olarak adlandırdığı, belirtilmemiş kuantum sayılarının küçük parçalarından oluşan bir topluluk olarak düşünmeye başladı. Partonları keyfi, "çıplak", ideal parçacıklar olarak düşündü - "altta yatan bir alanın kuantumları, herhangi bir hadrondaki kesin

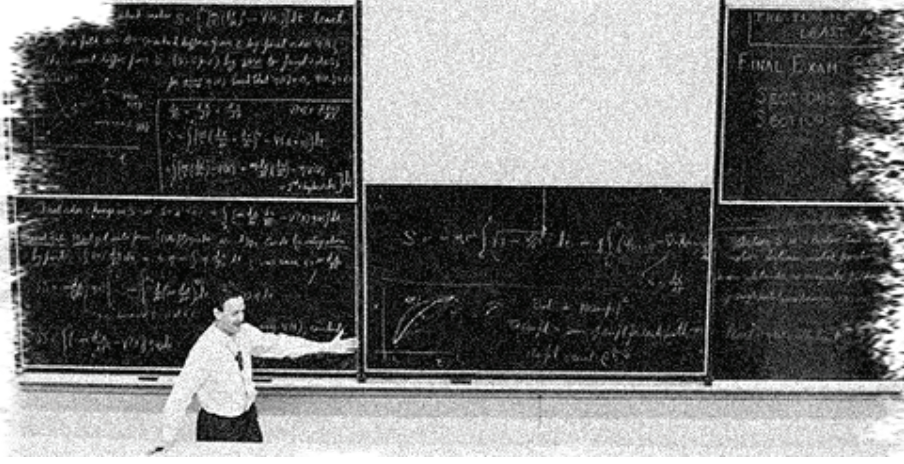
sayıları belirsiz". Feynman, parton modelinin sonuçlarını hesapladı ve yüksek enerjili proton ve pion-proton çarpışmalarında mevcut olan yetersiz verilerde geçerliliğinin kanıtını aradı. Ağustos 1968'in ikinci haftasında, Feynman Stanford Doğrusal Hızlandırıcı Merkezi'ne (SLAC) gitti ve burada hadronların yapısını araştırmak için tasarlanmış derin esnek olmayan lepton-nükleon saçılması deneylerini öğrendi; hadronun nokta benzeri bir nesne (parçacık) olmadığını, sınırlı bir boyuta sahip olduğunu ve çarpışmanın sonuçlarının leptonun bir bileşen tarafından saçılması olarak yorumlanacağını gösterdiler. Feynman'ın parton modeli, SLAC deneylerinin sonuçlarını açıkladı. Caltech'te, Murray Gell-Mann ve George Zweig, sırasıyla 'kuarklar' ve 'aslar' olarak adlandırdıkları kesirli yüklü hadronik bileşenlerin varlığını önermişlerdi. Partonlar, çoğu fizikçi tarafından hızla kuarklarla özdeşleştirildi. Daha sonra partonların yerini kuarklar ve gluonlar aldı. Kullanılan teori kuantum kromodinamiğidir (QCD) ve temel çarpışma süreçleri sadece kuark saçılmasını değil, aynı zamanda kuark-gluon ve hatta gluon-gluon saçılmasını da içeriyordu.

1970'lerin ortalarında Richard Feynman, "kuark jetleri" olarak bilinen bir olayla ilgilenmeye başladı. Rick D. Field ve Geoffrey C. Fox ile birlikte yazdığı bir makalede ilgili verilerin toplanmasından önce kuark ve gluon jetleri üretimi ile ilgili teorik çalışmaları yayınladı ve bunlar deneysel çalışmalarla doğrulandı. Bu jetler, bir çarpışmada üretilen her kuark ve gluonun hızlı bir hadron akışına (yani bir jet) dönüştüğü kademeli süreçlerden oluşur. Feynman, Field ve Fox'un analizleri, QCD'nin asimptotik özgürlük (yüksek nispi momentuma sahip kuarklar arasındaki etkileşimin kaybolması) adı verilen önemli özelliğinden yararlandı.

KUANTUM GRAVİTASYON TEORİSİ

Ocak 1957'de Richard Feynman, yerçekiminin fizikteki rolünü tartışmak için düzenlenen ilk konferanslardan





birine katıldı. "Yerçekiminin doğanın bir parçası olması gerektiğini ve doğanın yarı klasik yarı kuantum mekanik olamayacağını biliyordum." Genel görelilik kuramının diğer tüm 'klasikler' ile aynı kurallara tabi olması gerektiğinin doğrulanması gerekiyordu. Aksi takdirde doğa kanunlarında tutarsızlıklar olacağını gösterilmesi gerekiyordu. Kütle çekim üzerine birkaç dersinde Feynman, kütleçekimsel fenomenlerin tümü makroskopik ölçekte gerçekleşmiş olsa da, neden yerçekimi kuvvetinde kuantum düzeltmeleri olması gerektiğini düşündüğüne dair uzun nedenler saydı.

1960 sonbaharında Victor Weisskopf, Feynman'a yerçekimi dalgalarının radyasyonu hakkında bir soru sordu. 11 Şubat 1961'de Feynman, Weisskopf'a ayrıntılı bir cevap verdi ve kütle çekimsel radyasyon ile en düşük kuantum tanımını tartıştı. Weisskopf'a yerçekimsel dalgaların nasıl hesaplanacağını, elektromanyetik dalgaların olması gerektiği gibi nicelendirilmesi gerektiğini düşündüğünü ve spin 2'li parçacıkların fiziksel olması gerektiğini sabırla açıkladı. Diğerleri gibi gerçek, fiziksel enerji taşıyan parçacıklar.

Temmuz 1962'nin son haftasında Feynman, Polonya'nın Varşova kentinde kuantum kütle çekim teorisi üzerine konuştuğu uluslararası konferansa katıldı. Orada, Weisskopf'a konferanstan bir yıl önce anlattığı şeylerin çoğunu tartıştı. Hala konuya olan ilgisini bugün popüler

olmayacak şekilde gerekçelendirme ihtiyacı hissediyordu; örneğin, Kuzu kayması düzeltmesi gibi bir şeyi, yalnızca yerçekimi kuvvetiyle bir arada tutulan bir atomun enerji seviyelerine doğru hesaplamının prensipte mümkün olması gerektiğini iddia etti. Görünüşe göre bu argüman, onu çok yüksek enerjilerde çekim kuvvetinin eninde sonunda diğer tüm kuvvetlerin üzerinde hakim olacağı fikrinden daha fazla tatmin ediyordu.

Feynman makalelerinde kuantum kütleçekimini yeniden normalleştirme sorununu ele aldı. Kuantum kütleçekimi sorularını, çoğunu kendi geliştirdiği kuantum alan teorisinin araçlarını kullanarak değerlendirdi. Feynman, teorisinin (klasik teoriye eşdeğer olan) diyagramlarını hesaplayarak işe başladı ve bunların ölçü değişmez olduğunu gösterdi. Ancak, daha sonra bazı döngü diyagramlarına baktı ve bunların da ölçü değişmez olmadığını keşfetti. Feynman, çekim için karşılık gelen ifadeleri elde etmek için Yang-Mills teorisini kullandı. Feynman, tek döngü diyagramları düzeyinin ötesine geçmeyi başaramamış olsa da, "hayalet parçacık" döngüleri ve yol integralleri gibi yöntemleri, bu çabanın nihai başansı için vazgeçilmezdi. Tutarlı bir kuantum kütleçekimi teorisi elde etme çabasıyla ilgili olarak Feynman şunları söyledi: "Kutsal Kase'yi aradığımı söyleyemem; Kutsal bir Kase olmayabilir. Yapmaya çalıştığım şey, doğa hakkında daha fazlasını öğrenmek ve anlamak.

Doğanın nasıl olduğu veya olması gerektiği konusunda hiçbir önyargım yok! "

HESAPLAMANIN TEMEL SINIRLARI

Richard Feynman, lisedeki ilk günlerinden beri bilgi işlem sorunu ve bilgisayarın doğası ile ilgileniyordu. Princeton'da John von Neumann'ın bilgisayarlarla ne yaptığını öğrenme fırsatı buldu. Feynman, 1941 yazında Pennsylvania'daki Frankfort Arsenal'de uçakları vurmak için bir mekanik direktör geliştirmeye dâhil oldu. Los Alamos'ta Hans Bethe yönetimindeki Teorik Bölümde Teknik Hesaplama Grubu lideri olarak Feynman, Marchant ve Monroe hesap makinelerini kullandı ve bunları nasıl tamir edeceğini öğrendi. Daha sonra bilgisayarlar çıkmaya başladığında onlarla pek bir şey yapmadı, oynadı. Hayatının son 10 yılında bilgisayar teorisi ve uygulamasından büyülenmiş ve Caltech'te meslektaşları John Hopfield ve Carver Mead ile birlikte misafir öğretim üyelerini konuşmaya davet ettikleri ortak bir hesaplama kursu vermiştir. Feynman ayrıca bilgisayarlarla ilgili birkaç makale yayınladı, bunlardan ikisi aynıydı.

Bu makalelerden en önemlisi, Feynman'ın kuantum bilgisayar fikrini önerdiği ve fizik kanunlarının bilgisayarlara dayattığı sınırlamaları tartıştığı idi. Bazı fikirlerinde Feynman, diğerleri tarafından, özellikle Paul Benioff ve Rolf Landauer tarafından bağımsız olarak paralelleştirilmiş ve bazen tahmin edilmişti. Feynman, ilk olarak bilim adamları tarafından çalışılan ters çevrilebilir bilgisayarı tartıştı. Bennet ve termodinamiğin ikinci yasasından kaynaklanabilecek sınırlamalar (zamanla entropinin artması) gibi. Bununla birlikte, "fizik yasalarının, bitler atomların boyutuna gelene kadar bilgisayarların boyutunu küçültmek için hiçbir engel teşkil etmediği ve kuantum davranışı etkili olduğu görülüyor" sonucuna vardı.

Makale, Hideki Yukawa, ve Sin-Itiro Tomonaga gibi öncülerin yer aldığı Japon teorik fizik okulunun gerçek kurucusu



Yoshio Nishina adına 1985 yılında Japonya'da verilen bir konferanstı. Her ikisi de Nobel Fizik Ödülü'nü aldı. Feynman'ın paralel hesaplamayı ve enerji ile hesaplama boyutunu azaltma olasılıklarını tartıştığı "popüler" bir sunumdu.

"ALTTA BİR SÜRÜ BOŞLUK VAR"

Richard Feynman, 29 Aralık 1959'da Caltech'te düzenlenen American Physical Society Yıllık Toplantısında, "En altta bol bol yer var" başlıklı bir konuşma yaptı. Bu konuşmada Feynman, çok az şeyin yapıldığı, ancak prensipte çok büyük bir miktarın yapılabileceği bir alanı tarif etmeye çalıştı. Feynman'ın konuşmak istediği şey, "işleri küçük ölçekte manipüle etme ve kontrol etme sorunu" idi. Bu sorundan insanlara ne zaman bahsetse, ona minyatürleşmeyi ve bugün ne kadar ilerlediğini anlatacaklarını hatırladı. Örneğin Feynman, 'Bana küçük parmağınız kadar neredeyse bir çivi büyüklüğünde olan elektrik motorlarından bahsediyorlar. Ve piyasada bir iğne başlığına Rab'bin Duasını yazabileceğin bir cihaz olduğunu söylediler. Ama bu daha hiçbir şey değil, bu, benim tartışmak istediğim yöndeki en ilkel adımdır. Şaşırtıcı derecede küçük bir dünya aşağıdadır. Tüm Encyclopaedia Britannica'nın bir iğne başına sığdırılabileceği ve dünyadaki tüm kütüphanelerdeki 24 milyon cildin tamamının Encyclopaedia'nın yaklaşık 35 sayfalık bir broşürüne konulabileceği bir vizyon sundu. Böylece "insanoğlunun kitaplara kaydetmiş olduğu tüm bilgiler bir kitapçıkta taşınabilirdi.

Muazzam miktarda bilginin son derece küçük bir alanda taşınabileceği gerçeği elbette biyologlar tarafından biliniyordu. Açıkça anlaşılmadan önce var olan gizemi, en küçük hücrede insan gibi yapıların organizasyonu için tüm bilgilerin nasıl saklanabileceği çözer. Bilginin küçük ölçekli biyolojik örneği, Feynman'a neyin mümkün olması gerektiğini hayal etmesi için ilham verdi. Feynman, birşeyleri çok küçük yapmanın ekonomik bazı sonuçları da olabileceğini tahmin etti ve bilgisayarları küçültme sorununu düşündü, çünkü fiziksel yasalarda bilgisayar elemanlarının çok daha

küçük yapılamayacağını söyleyecek hiçbir şey yok. Feynman bu fikirleri ayrıntılı bir şekilde takip ederek nanoteknoloji alanına başladı. Çalışma için bir ödül açıkladı, Bir kitabın sayfasından bilgi alıp onu elektron mikroskobu ile okunabilecek şekilde doğrusal ölçekte 1/25.000 daha küçük bir alana koyabilen ilk kişiye 1.000 \$ verilecekti. 1.000 \$ 'lık ikinci ödül ise çalışan bir motor yapabilen ilk kişiye gidecekti. Dışardan kontrol edilebilen ve giriş kablolarını saymayan dönen bir motorun sadece 1/64 inç küp olması gerekiyordu. Feynman'ın ikincilik ödülü Kasım 1960'ta Kaliforniya'nın Pasadena'daki Electro-Optical Systems'ta kıdemli mühendis olan William McLellan tarafından kazanıldı. 1990'da IBM'deki araştırmacılar, bir taramalı tünelleme mikroskobu (STM) ile tek tek süper soğutulmuş ksenon atomlarını nikel substrat üzerine kaldırıp yerleştirerek 'IBM'i yazdılar. Bir yıldan kısa bir süre sonra, Tokyo'daki Hitachi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda (HCRL) bir elektronik mühendisi, STM'yi kullanarak 'PEACE 91' HCRL'yi bir küçürt ortamına oydu. Ancak IBM ekibinin aksine, bunu oda sıcaklığında tasarlamadı, büyük bir soğutma sistemine ihtiyaç duyuyordu. Kısa süre sonra, diğer elektronik cihaz üreticileri devreye girdi ve Feynman'ın "altta bol bol alan" ve dolayısıyla nano-teknolojinin potansiyeli hakkındaki vizyonunu gittikçe daha fazla fark etmeye başladı.

BİLİM, DİN, KÜLTÜR VE MODERN TOPLUM

1950'lerin ortalarından itibaren Richard Feynman, bilim-din ilişkisi ve modern dünyadaki rolü üzerine daha fazla felsefi düşünceler üzerine davetli konuşmalar yapmaya başladı. Bu konuşmalarda Feynman, doğa hakkında düşünmenin zevklerini ve harikalarını kutladı. Mistik ve mantıksız inanç ve uygulamalara karşı cesurca mantıklı ve rasyonel bir bakış açısını savundu ve köklü inançlarını ve bakış açılarını dile getirdi. Batıl inanç, sihir, büyücü doktorlar, UFO'lar, duyu dışı algı, psikoloji ve psikiyatri gibi konularla dalga geçti. Psikiyatri konusunda alaycı bir şekilde "bir psikiyatristi ziyaret etmek isteyen herkesin

kafasını muayene ettirmesi gerektiğini" söylerdi. F

eynman'ın hayata ve insan çabasına bilimsel, akılcı ve nesnel bir bakış açısının önemi konusundaki güçlü görüşleri, yaşamının erken dönemlerinde şekillendi. Yıllara yayılan bir dizi konuşmada Feynman, bilimin değerini, bilim ve din ilişkisini, bilimin bugün dünyadaki rolünü, bilimsel kültürün modern toplumdaki rolünü tartıştı. Feynman, rasyonel ve mantıksal düşüncenin önemi ve popüler inançlar hakkındaki şüphenin ifadesi ve düşüncelerimizi ve yaşamlarımızı etkileyen inançların sürekli olarak yeniden incelenmesi konusundaki görüşlerini dile getirdi.

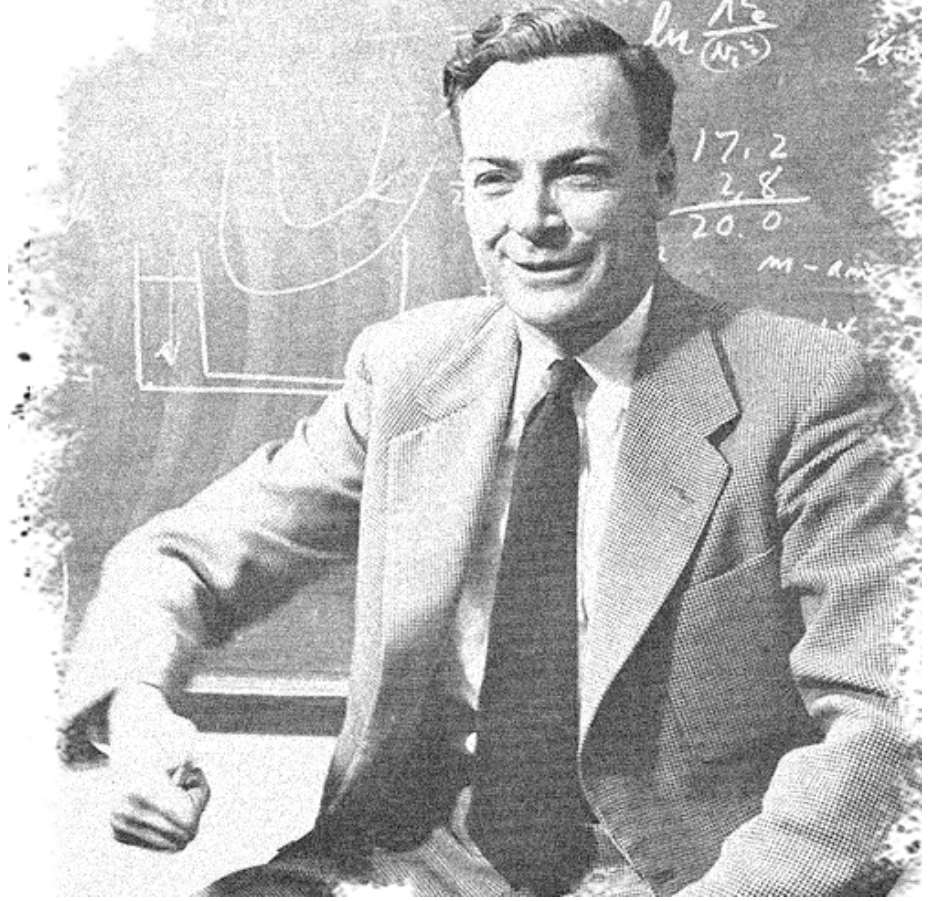
FEYNMAN'IN HAYATI VE KİŞİLİĞİ

Richard Feynman ve Mary Lou, 1956'da boşandılar ve ardından Feynman, eğlenmek için tam bir bekâr hayatı yaşadı. Ancak yerleşeceği uygun bir ortam arıyordu. 1958 yazının sonlarında, Feynman, kendi adına ve Murray Gell-Mann'ın teorik fikirler üzerine ortak bir makale sunduğu Atom Enerjisinin Barışçıl Kullanımına İlişkin İkinci Uluslararası Konferansa katılmak üzere İsviçre'nin Cenevre kentindeydi. Boş zamanlarında Cenevre Gölü sahiline gitti ve orada Yorkshire'da okula giden ve okul kütüphanecisi olmaya başlayan çekici genç bir İngiliz kadın olan Gweneth Howarth ile tanıştı. Tatillerinde anakara Avrupa'yı ziyaret ederdi. Sonraları ise hayatından memnun değildi ve uzak yerleri görmek istedi. İsviçre'ye tek yön bilet aldı ve Cenevre'de İngiliz bir aileyle au pair olarak iş buldu ve zamanının çoğunu ev görevleri ile geçirdi. Plajda Feynman, benekli bikinili bu güzel genç kıza baktı ve oldukça rahat bir sohbetin başlamasından sonra ona yaklaştı. Çok geçmeden hayatı ve işiyle ilgili bilgi alışverişinde bulundu ve ona Kaliforniya'daki kendi hayatından bahsetti. Onu zamanı gelince Pasadena'ya gelip ona ev sahipliği yapmak için Cenevre'deki planlarından vazgeçirip Avustralya'ya gitmeye ikna etti. Feynman, Caltech'teki arkadaşı ve meslektaşı Matthew Sands'ın yardımını ve

garantisi ile onu getirme formalitelerini halletti. Gweneth, dubleks evinde Feynman'la ilgilenme görevini üstlenmek için Pasadena'ya geldikten kısa süre sonra o ve Richard ile birbirlerini keşfettiler. Feynmann evlilik teklifinde bulundu ve özel bir törenle evlendiler. Başından beri Gweneth, Richard için huzurlu ve mutlu bir yuva yapmaya çalıştı. Richard işini onunla gerçekten tartışmazdı ama karmaşık şeyleri basitçe açıklamada harikaydı. Onu gerçekten anladığını hissederdi. Her zaman öğretmeyi sevdiğini hissediyordu. Oğulları Carl, 1962'de doğdu ve Feynman'ın arkadaşı ve pozitronun keşfi olan Caltech fizikçisi Carl Anderson'ın adını aldı. Feynman, oğluyla çok yakın bir ilişki geliştirdi ve babası Melville'in ona yardım ettiği gibi gelişmesine yardım etmeye çalıştı ve Carl da ruhu yakaladı. Gweneth, "Carl'ın zihninin Richard'inkine çok benzediğini" düşündü. Altı yıl sonra, 1968'de Richard ve Gweneth, iki aylık bir bebek kızı evlat edindiler ve ona Michelle adını verdiler. Richard, Carl'la yaptığı kadar yakın bir ilişkiye sahip değildi. Çünkü küçük kız buna izin vermeyecekti, ama yine de Richard ona tapıyordu.

Richard ve Gweneth seyahat etmeyi severlerdi; sık sık sırt çantalarını alıp kamp yapmaya ya da alışılmadık yerleri ziyaret etmeye giderlerdi. Büyük otellerde kalmayı sevmiyorlardı, bu nedenle dördünün birlikte rahatça uyuyabileceği büyük bir minibüs aldılar. Feynman, kuantum elektrodinamik diyagramlarını minibüsün dışına çizdirdi. Bazen, Feynman ailesi Gweneth'in ailesi, akrabaları ve arkadaşlarıyla biraz zaman geçirmek için Yorkshire'ı ziyaret ederdi.

Pasadena'da Richard ve Gweneth, Feynman'ın eski öğrencisi ve meslektaşı Albert Hibbs'in evindeki kostümlü partilere giderlerdi. Bunun için her seferinde benzersiz bir kıyafetle özenle giyinirdi, bu aktivitede çok eğlenirdi. Gweneth onunla birlikte hayatının tadını çıkardı, o mükemmel bir hizmetçi ve harika bir eşti. Ev masrafları gibi umursamadığı şeylerle ilgilenerek omuzlarından büyük



bir yükü aldı. Feynman, karısı ve ailesinden köpekleri de dahil çok mutluymuş ve oğluyla çok gurur duyuyordu.

1960'a geldiğinde, Feynman'ın zihninde bile yaptığı birkaç orijinal şeyden biri için Nobel Ödülü'nü kazanabileceği ortaya çıktı: kuantum elektrodinamik teorisi, sıvı helyumun süperakışkanlığı teorisi veya zayıf etkileşimler teorisi. Feynman'a göre işinden aldığı zevk yeterliydi ve diğer insanların işini yararlı bulup hesaplamalarında kullanmasından büyük memnuniyet duyuyordu. Artık çalışmalarının bilim camiasının kendisine bahsettiği şeyin ötesinde bir takdiri arıyordu. Yine de, kuantum elektrodinamiği teorisine ve Kuzu kaymasının hesaplanmasına yaptıkları katkılardan dolayı Harvard'dan Julian Schwinger ve Kyoto'dan Sin-Itiro Tomonaga ile birlikte 1965 Nobel Fizik Ödülü'nü kazandı.

Nobel Ödülü ilan edildiğinde ve bir sabah erken saatlerde Feynman'a duyurulduğunda önemsememişti. Ona gösterilen ilgi ve tanıtımdan dolayı mutsuzdu. Reddetmeyi çok isterdi ama bunu yapmaması tavsiye edildi. Böylece ödülü kabul etti. Richard ve Gweneth ödülü almak için Stockholm'e gitti, şaşırtıcı bir şekilde geziden çok keyif aldılar.

Stockholm'deki Nobel ödül törenlerinin ardından Feynman, Victor Weisskopf'un daveti üzerine bir konferans için Cenevre'ye gitti. Konferansına Kuantum elektrodinamiğinde önemli işler yapmış olan Stückelberg de katılmıştı. Konferanstan sonra, Stückelberg sessizce tek başına yürürken Feynman, kendisinin sahip olduğu şöhretten bir miktar pişmanlık duydu.

Feynman'a Nobel Ödülü verilmesinden iki yıl sonra, Chicago Üniversitesi Başkanı George Beadle, kendisine, Mütevelli

Heyeti'nin tavsiyesi üzerine, özel bir Bilim Doktoru unvanını vermek istediğini bildirdi. Ancak Feynman, Beadle'in teklifini kabul etmeyi reddetti ve bundan sonra, bu türden her türlü fahri ünvan teklifini reddedecekti. Oldukça erken bir tarihte, ABD Ulusal Bilimler Akademisi üyeliğinden bile istifa etti. Ancak 1962'de Atom Enerjisi Komisyonu tarafından "nükleer bilime önemli katkılarından dolayı" Ernest Orlando Lawrence Memorial Ödülü'ne layık görüldü. 1965'in başlarında, Nobel Ödülü'nü almadan önce, Feynman, kuantum alan teorisine ve sıvı helyum teorisine katkılarında dolayı Londra Kraliyet Cemiyeti'nin Yabancı Üyesi seçildi. 1971'de Feynman, fizik öğretiminde mükemmelliği nedeniyle Amerikan Fizik Öğretmenleri Birliği'nin Oersted Madalyası'nı aldı ve 1973'te Danimarka Kraliçesi Margarethe, Kopenhag'da Niels Bohr Uluslararası Altın Madalyasını ona verdi. Feynman bu ödülleri ve onurları kabul etti. Bununla birlikte, her zaman Caltech'teki görevlerinin, onları kabul etmek için zaman veya fırsat tanımadığı bahanesini vererek, prestijli kurumları ziyaret etme ve ders verme davetlerini kabul etmeyi rutin olarak reddederdi.

Caltech'te, Feynman'ın ofisi öğrencilerin içeri girip bilimsel sorunları onunla tartışmalarına her zaman açıktı. Ancak onu görmek isteyen çeşitli öğretim üyeleri ve yöneticiler sekreteri aracılığıyla randevu almak zorunda idiler. Ayrıca komite toplantılarına ve onu işinden uzaklaştıran "ev işleri" olarak gördüğü diğer şeylere katılmaktan da sürekli olarak kaçındı.

Feynman hiçbir zaman iyi bir öğrencisi olmadığından şikayet ederdi. Öğrencilere çok fazla enerji harcadığı gerçeğine rağmen onları bir şekilde mahvedeceğini düşünürdü ve Arnold Sommerfeld ve J. Robert gibi büyük fizikçilerin ne kadar büyük olduğunu merak ederdi. Oppenheimer, parlak öğrencilerle böylesine büyük teorik fizik okulları kurmuştu. Ancak, aslında, Feynman kaba ve yorucu görünüyordu; öğrencilerine karşı kaba davranmayı seçmemesine rağmen,

onlarla kişisel olarak pek ilgilenmedi ve herkese aynı şekilde davrandı. Doğuştan bir şovcuymdu, toplantılarda sahne alıyor gibiydi, ancak öğrencilerle bire bir karşılaşmalarda o kadar başarılı değildi. Caltech'te geçirdiği tüm yıllar boyunca, Feynman'ın meslektaşları ondan korkuyordu. Fakülte toplantılarında biri, karşı çıktığı bir şey söyleseydi, onları keskin bir dille yanıtlardı. Aptallara uğraşmak zorunda hiç kalmadı ve görünüşe göre fakültede hiç kimse ona yaklaşmadı.

Feynman seminerlerde konuşmacıya korkunç sorular sorardı ve her zaman konuyu konuşmacıdan daha iyi bildiğini gösterirdi. İyi olmadıklarını düşünürse teori seminerlerini vermeye gelen konuşmacılara eziyet ederdi. Önde gelen meslektaşlarından biri olan William Fowler, 'Feynman, herkes için çok yüksek standartlar belirleyen çok bilge bir adamdı. Bunları başarmanız için sizi motive etti. Sadece onun etrafında olduğu gerçeği bile. Caltech'teki hepimiz onun standartlarına uymamız gerektiğini düşündük. Bu dolayı yoldan hepimizi etkiledi '

Feynman, sanatçılar ve amatör oyuncular arasında yakın arkadaşlıklar buldu. Sanatçılar Jiryar (Jerry) Zorthian ve Tom Van Sant yakın arkadaşları oldu. Feynman eskiz ve resim yapmaya başladı ve bunda oldukça iyiydi. Çiziminin kendine çekici gelen komik, yarı Picasso benzeri bir gücü olduğunu keşfetti. Kendisini çizmeyi öğrenip pratik yaparak, iyi ve kötü resimler arasındaki farkı anlamaya başladı.

1964'te Galileo'nun 400. doğum yıldönümünü kutlayan bir konferansa katılmak için İtalya'daydı ve kalabalıklar gelmeden oraya Vatikan'daki Sistine Şapeli'ni görmeye gitti ve etrafa bakmaya başladı. Bir süre tavana baktıktan sonra gözleri biraz aşağıya indi ve tanımadığı bazı büyük çerçeveli resimler gördü ve iyi olmadığına karar verdi. Sonra başka birine baktı ve bunun iyi olduğunu düşündü. Bu panelleri hiç duymamıştı, ancak ikisi dışında hepsinin iyi olduğuna karar verdi; Raphael Odasında da aynı şeyi gördü. Oteline döndükten sonra, rehber kitabına baktı

ve Michelangelo'nun panellerinin altında Botticelli, Perugino ve benzerlerinin dört gençlik paneli olduğunu öğrendi. Raphael Odasının sırrı, resimlerin sadece bir kısmının bizzat büyük ustanın, diğerlerinin ise öğrenciler tarafından yapıldığıydı; Feynman, Raphael'inkilerden hoşlandı ve onları bulabildi, bu da kendine olan güvenini artırdı.

Feynman sonunda sanatın gerçekten, belirli yönlerden birisine bireysel olarak zevk verdiğini anladı. Kendi durumunda bir çizim satmanın sebebinin para kazanmak değil, onu gerçekten isteyen birinin evinde olacağından emin olmak olduğu sonucuna vardı. Böylece resimlerini satmaya karar verdi. Ancak, Richard Feynman, resim yapabilen ünlü bir fizikçi olduğu için insanların onları almasını istemiyordu. Bir takma ad uydurdu ve kendisine Fransızca "Tam anlamıyla konuşan" anlamına gelen "Au Fait" adını verdi, ancak yazımını "Ofey" olarak değiştirdi.

Richard Feynman, Cornell'de kaldığı andan beri düzenli olarak uyguladığı davulun ritmik seslerine her zaman ilgi duymuş ve zamanla her türden perküsyon enstrümanlarını çalmada oldukça başarılı olmuştu. Caltech'te Feynman, Drama Bölümü'nün yıllık prodüksiyonlarına düzenli olarak katılırdı, Guys and Dolls, Kismet, Fiorello, Chaillot'un deli kadını ve 1982'de Güney Pasifik müzikallerinde yer aldı. İkincisinde, yerli gibi giyinmiş birçok Caltech öğrencisi vardı ve sonra Feynman da üstü çıplak devasa tüylü bir kostümle davul çalarak katıldı. Katıldığı son gösteri 1987'de, "Gerçekten denemeden iş hayatında nasıl başarılı olunur?" adlı müzikal komediydi ve tüm eylem New York'taki hayali bir şirketin iş ofisinde gerçekleşti. Feynman bir kapıcı rolünü oynadı.

Feynman, ikinci eşi Mary Lou ile balayı için Meksika ve Guatemala'ya gitmişti. Guatemala'nın küçük bir kasabasında, tuhaf semboller, resimler, çubuklar ve noktalarla dolu bir el yazmasının sergilendiği bir müzeye gittiler. Bu, Mayalar tarafından hazırlanan ve Almanya'nın



Dresden kentinde bir müzede bulunan orijinal bir kitap olan Dresden kodeksinin Villacorta adlı bir adam tarafından yapılmış bir kopyasıydı. Feynman çubukları ve noktaları sayı olarak tanıdı; Mayaların nasıl sıfır icat ettiğini –bunu ona babası söylemişti- ve birçok ilginç şey yaptığını hatırladı. Müzede satılık kodeksin kopyaları vardı ve Feynman bir tane satın aldı. Soldaki her sayfada kodeks kopyası, sağda ise İspanyolca açıklaması ve kısmi çevirisi vardı. Feynman bulmacaları ve kodları severdi, bu yüzden çubukları ve noktaları görünce biraz eğleneceğini düşündü. İspanyolca'yı sarı bir kağıtla kapladı ve otel odasında oturarak Maya çubuklarını ve noktalarını deşifre etme oyununu oynamaya başladı. Kaliforniya'ya döndükten sonra, Feynman kodeks üzerinde çalışmaya devam etti ve onu deşifre etti. Bundan sonra, Mayalar hakkında, özellikle de büyük Maya uzmanı Eric Thompson'ın kitaplarını çok okumaya başladı ve kendisi de Maya hiyerogliflerini deşifre etme konusunda uzman oldu.

Richard Feynman, fiziğin tek hobisi, birincil neşesi ve eğlencesi olduğunu savundu. Onun aynı zamanda işi olması meselenin dışındaydı. Sürekli düşündü ve onunla oynadı. Hayatında fizik ve doğa hakkında düşünmekle kıyaslandığında hiçbir şey yoktu, her şey ona odaklanmıştı. Feynman, fizik çalışmanın iki yolu olduğuna inanıyordu: Babil tarzı ve Yunan tarzı. Yunanlılar çok mantıklıydı ve bir şeyin diğerine bağlı olduğu aksiyomlardan, ilk ilkelerden gelen şeyler üzerinde çalıştılar. Babilliler ise bir şeyi diğeriyile ilişkilendirdiler. Feynman her zaman onun bir Babil olduğunu düşünüyordu ve ona göre Julian Schwinger ve Sin-Itiro Tomonaga gibi insanlar, sorunlara daha mantıklı bir şekilde yaklaşma eğilimindeyken Yunanlılardı. Bu onun sadece kuantum elektrodinamiğine değil, bir bütün olarak fiziğe yaklaşımıydı. Bir problem gördüğünde, her zaman bir şeyi diğeriyile ilişkilendirmeye çalıştı. Feynman her zaman şöyle derdi, "Ben pazardaki doğası gereği aldatılmamaya çalışan küçük bir Yahudi çocuk gibiyim".

1983 baharında, yeniden kullanılabilir bir uzay mekiği ilk seferini yaptı. Başından beri, bir vanada veya diğerinde sızıntı sorunları ve uzay araçlarının uçuşuna özgü çeşitli başka zorluklar vardı, ancak bunlar genellikle aşıldı. Challenger uzay mekiği, 28 Ocak 1986'da tüm astronotlarının öldüğü bir kaza geçirdi. Kazadan birkaç gün sonra, Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) Başkanı William Graham, Feynman'ı mekikte neyin yanlış gittiğini ve birçok ilgili soruyu araştırmak üzere komisyonun üyesi olmaya davet etti. NASA yöneticileri, mühendisleri ve tasarımcıları ile kapsamlı oturumlar yapıldı, ardından soruşturma eski Dışişleri Bakanı William Rogers'ın başkanlık ettiği bir Başkanlık Komisyonu tarafından devralındı. Kısa süre sonra Feynman, çeşitli durumlarda O-ringlerden (ana yakıt deposunun bölümleri arasında bir sızdırmazlık oluşturmak için kullanılan) sıcak gazın yanması şeklindeki temel soruna odaklandı. Ayrıca O-halkalarının gömülü olduğu çinko kromat macunun baloncukları veya delikleri olduğunu ve gazın bu deliklerden O-halkalarını aşındırmak için geldiğini öğrendi. Feynman, O-ring'in bir parçasını aldı ve şimdi ünlü bir televizyonda halka açık bir duruşma sırasında, donma sıcaklıklarında (mekik fırlatıldığında olduğu gibi) O-ring'in dayanıklılığını korumadığını gösterdi; O-ring parçası ve bir bardak buz gibi soğuk suyla deneyi yaptı. Bu deney televizyonda gösterildi ve gazetelerde yer aldı. Çeşitli soruşturma duruşmalarının ardından Feynman, Challenger felaketine yol açan işbirliğindeki bozulmanın bir yandan bilim adamları ve mühendisler diğer yandan yönetim arasındaki ortak ilgi kaybının olduğu sonucuna vardı. Feynman, "Başarılı bir teknoloji için gerçekliğin halkla ilişkilerden öncelikli olması gerektiği, çünkü Doğa kandırılmaz" sonucuna vardı.

HASTANEDE SON KONAKLAMA

1978'in sonlarına doğru Feynman'a karın kanseri teşhisi konuldu. Sonraki 10 yıl boyunca, iç organlarının ve dokularının tüm bölümlerinin alınmasını gerektiren dört büyük ameliyat geçirdi. Bu ameliyatlarda sonucunda, Feynman düzgün yürüyemiyordu ve çoğu zaman acı çekiyordu.

1987'de kanser yeniden ortaya çıktı, ancak bu kez daha fazla ameliyat yapılmasını istemedi. 3 Şubat 1988'de kanserle 10 yıllık savaşının yakında biteceğini bilerek Los Angeles'taki UCLA Tıp Merkezine yattı. Arkadaşları Albert Hibbs, Jerry Zorthian ve Tom Van Sant hastanede onu ziyaret edip neşelendirmeye çalışıyorlardı. Arkadaşları bu vahim durumda bile Feynman'ın onların moralini yükseltmeye çalıştığını gördüler. Kansı Gweneth ve kız kardeşi Joan sürekli başucundaydılar.

Feynman, başına gelenleri tam olarak bilerek, acı sonla yüzleşebilen çok cesur bir adamdı. Güçlü dini inançları olan ve öbür dünyada mükâfat bekleyen biriyle özdeşleşen bir cesarete sahipti. Ancak bir inancı veya beklentisi yoktu. Evrim sürecinin bir ağaçtan düşen bir yaprak gibi varoluşu sona erdirdiğinden ve hayatın genetik bağışlarla döndüğünden kesinlikle emindi. Bilinç kavramı ona çok dar görüşlü geliyordu. Bunları kavrayabiliyordu ama onları genişleyen bir evren ve evrimsel bir tasarım anlayışına sığdıramıyordu. Feynman 15 Şubat 1988'de 70. doğum gününe sadece üç ay kala huzur içinde dünyaya gözlerini yumdu.



Richard P. Feynman

