



# AHMED HASSAN ZEWAİL

26 Şubat 1946 - 2 Ağustos 2016

# Ortadoğu'nun İlk ABD Bilim Elçisi

Merve Çalışır ve Dr. Adil Denizli

Hacettepe Üniversitesi, Kimya Bölümü, Beytepe, Ankara

Ahmed Zewail üç ana nedenden ötürü sonsuza dek yaşayacak ve hatırlanacak bir bilim insanıdır. Bu olgunun ilk sebebi, kimyasal tepkimelerin geçiş halindeki atomların yapısının ve dinamiklerinin, ultra hızlı lazerlerin akıllıca kullanımıyla belirlenebileceğini ilk kez gösteren kişi olmasıdır. Onun icat ettiği, femto-kimya adı verilen öncü olaydır. İkinci sebep ise hem gaz fazlı elektron kırınımını hem de transmisyon elektron mikroskobunu, zamansal çözünürlüklerini yaklaşık 10 merteye iyileştirerek dönüştürmesi ve aynı zamanda atomik seviyede elektron mikroskobunun uzamsal çözünürlüğünü korumasıydı. Üçüncüsü, (Başkan Barack Obama tarafından atanan) Ortadoğu'daki ilk Amerika Birleşik Devletleri Bilim Elçisi olmasıdır. Onu tanıyan herkes için Ahmed Zewail, deneysel ve derin bir düşünür olarak olağanüstü teknik virtüözlüğe sahip, sıcakkanlı, yaşamı zenginleştiren bir insandı. Kahire'nin eteklerinde Ahmed Zewail Bilim ve Teknoloji Şehri'ni kurma kararlılığında girişimci bir bağış toplayıcı olarak dikkate değer beceriler sergiledi. Ayrıca bilimde kadınlara ödül verilmesi için L'Oréal – UNESCO projesini de büyük ölçüde etkiledi.

## İlk Yılları

Ahmed Zewail, Mısır'ın İskenderiye kentine yaklaşık 60 km uzaklıktaki 'Horus Şehri' Damanhur'da doğdu. Çocukluğunu ünlü cami Sidi İbrahim'in evi olan Dısıq şehrinde Nil Deltası'nın Rosetta kolunda geçirdi. Babası Hassan Zewail bir memurdu. Hayatı boyunca yakın olduğu annesi Rawhia, kendisinin ve üç kız kardeşinin Nilotik kırsalında özgürce dolaşmasına izin verdi. İskenderiye Üniversitesi'ne girdi ve buradan en yüksek dereceyle Fen Bilimleri Lisans Diploması ile mezun oldu. Lise öğrencisiyken bile kimyanın matematiği ilgisini çekmişti. Nobel Ödülü yazısında şöyle dedi:

*Kimya, çocukken merak ettiğim laboratuvar olaylarını anlamamı sağladı. Yatak odamda ahşabın nasıl yanan bir gaz ve sıvı bir maddeye dönüştüğünü görmek için annemin yağ ocağından (Arap kahvesi yapmak için) küçük bir aparat ve birkaç cam tüp yaptım.*





İskenderiye'den lisans derecesi ile mezun olduktan sonra, Zewail, uygulama öğretmeni olarak üniversitede kadroya atandı. Bu kodro yüksek lisans derecesi için araştırma yapmak ve lisans öğrencilerini eğitmek için güzel bir pozisyondur. Yüksek lisans tezinde farklı çözücülerdeki çeşitli moleküllerin spektral değişimleri üzerinde çalışarak çalışmalarını 18 ayda tamamladı. Danışmanları Rifaat İssa ve Samir El Ezaby, kendisine doktora için Amerika Birleşik Devletleri'ne gitmesini önerdiler. Bunu gerçekleştirmek zordu. Çünkü o dönemde (1967) Mısır'da Amerika'ya ilgi çok düşüktü. Mısırlı öğrencilerin çoğu, doktoraları için SSCB'ye veya Doğu Avrupa ülkelerine gidiyorlardı. Bununla birlikte, Pennsylvania Üniversitesi'nden aylık 300 \$ miktarında bir doktora bursu kazandı.

## Pennsylvania Üniversitesi ve Berkeley, California

Ahmet Zewail'in Philadelphia, Pennsylvania Üniversitesi'ndeki araştırma sorumlusu, etkileyici ve çok yönlü bir fizik kimyager olan (Heriot-Watt Üniversitesi'nden mezun olan) Profesör Robin Hochstrasser'di. Hochstrasser, Maddenin Yapısı Araştırma Laboratuvarı'nda (LRSM) önde gelen bilim insanlarından biri olduğu Penn'e gitmeden önce British Columbia Üniversitesi'nde çalışmıştı. Zewail, bir danışman olarak ondan ve orada yüksek lisans dersleri verenlerin çoğundan, özellikle de kuantum mekaniği üzerine mükemmel dersler veren J. R. Schrieffer'den büyük ölçüde etkilenmiştir. Hochstrasser ile çalıştığı dönemde Zewail, basit moleküllerin Stark etkisi, nitrit iyonu ve benzer gibi katılarda Zeeman etkisi, manyetik rezonansın optik tespiti (ODMR) ve çift rezonans teknikleri gibi konularda 10 önemli makale yayınladı.

1974'ün başlarında, Zewail doktora sonrası çalışmalarına Berkeley'deki California Üniversitesi Kimya Koleji'nde Charles ile devam etti. Bu, kariyerinde önemli bir dönüm noktasıydı. Çünkü Harris'le çalışırken tutarlılık kavramının önemini öğrenmişti. O ve Harris, elektronik olarak uyarılmış dimerlerdeki tutarlılık üzerine birkaç makale yayınladılar.

Charles Harris, Ahmed Zewail'in ilk dönem kariyerini büyük ölçüde etkiledi. Birlikte teorik ve deneysel makaleler yazdılar. Harris, onu, önde gelen bir üniversitede akademik bir görev için bir atlama taşı olan prestijli bir IBM Bursuna önerdi. Bir süre sonra, Zewail'e Harvard, Caltech, Chicago, Rice ve Northwestern üniversitelerinde yardımcı doçentlik teklif edildi.

O zamanlar Harry Gray (ForMemRS 2000), California Teknoloji Enstitüsü'nde Kimya ve Kimya Mühendisliği Bölümü Personel Komitesi Başkanıydı. Gray (2018) şöyle dedi: "Penn'de Robin Hochstrasser ile yaptığı lisansüstü çalışmasından ve Charles Harris ile yaptığı doktora sonrası araştırmalarından etkilendim... Ahmed'i bir röportaj için Caltech'e davet ettim. Konuşması müthişti, belki biraz fazla iyiydi, çünkü daha muhafazakâr öğretim üyelerinden bazıları onun gerçek olduğuna ikna olmadılar... Ona bir teklifte bulunduk. Ahmed kabul etti ve 1976'da Caltech'e taşındı. Birkaç ay içinde Ahmed, yetenekli ve kendini işine adanmış bir araştırma grubu yönetiyordu. Kimyasal tepkimelerdeki en erken olayların araştırılması için aletler tasarlıyor ve yapıyordu".

## California Teknoloji Enstitüsü'nde Yardımcı Doçent

Zewail'in başarılarını ve şöhrete giden yolu açıklayan ayrıntılı hesaplamalar yayımlandı (Thomas 2016a, b; El-Sayed 2017). Bunların en kapsamlısı Nobel dersinin makalesinde ortaya çıktı. Bu şimdiki kadarki en uzun Nobel Ödülü yayınlarından biridir. 100 sayfa, üç düzine resim ve çok sayıda açıklayıcı diyagram ve kavram içermekte ve tamamen tarihsel ve çağdaş perspektiflerle dolu pedagojik bir incelemedir. Zewail, bu yayında "Belirsizlik İlkesi Paradoksu" olarak adlandırdığı konu üzerinde net bir şekilde durmuştur.

Zewail'in çalışmalarından önce, hızlı tepkimelerle ilgili konularla ilgilenen tüm kimyagerler ve fizikçiler, pikosaniye spektroskopisi çağına ulaştığında, Heisenberg Belirsizlik İlkesinin geçişte yer alan atomların hareketini kaydetmeye yönelik herhangi bir ilerlemeyi önleyeceği fikrine boyun eğdiler. Royal Institution'daki (RI) selefim Lord George Porter, (PRS 1986–1991), 1986'da orada çalışmaya başladığımdan beri UR'de düzenli olarak düzenlenen Cuma sabahı seminerlerinde bu noktayı sık sık belirtiyordu.

Zewail'in Les Prix Nobel yazısı, kimyasal tepkimelerde geçiş durumlarının yapısal ayrıntılarını ve dinamiklerini ele almasını sağlayan düşüncelerindeki ilerlemeyi ortaya koydu. Açıklayıcı bir konuşmasında, "Optik tutarlılığı, yani aynı uyarılmış durumun iki spin durumu arasındaki uyumu değil, uyarılmış elektronik durum ile temel durum arasındaki tutarlılığı doğrudan araştırmalıyız" ifadesini kullandı. Bu düşünceyi güçlendirmek için Zewail, Accounts of Chemical Research'de "Optik moleküler tutarlı lazer spektroskopisi" üzerine önemli bir makale yayınladı. Bu, birçok ünlü bilim adamının dikkatini çekti.

Sonraki beş yıl içinde Zewail, 1982'de Caltech'te Fairchild Scholar olan John Polanyi FRS ve daha önce de 1976'da onu ziyaret eden Dudley Herschbach gibi birkaç seçkin bilim insanıyla verimli tartışmalar yaptı ve onların yüksek zekâlarından etkilendi. Zewail ayrıca Warren S. Warren gibi olağanüstü yetenekli doktora sonrası ortakları da edindi. Zewail'in daha sonra Nobel konferansında hatırladığı gibi, ABD Hava Kuvvetleri Bilimsel Araştırma Dairesi'nden iki program yöneticisi Zewail'in Rochester, New'de düzenlenen bir sempozyumdaki konuşmasına katıldı. York, Ekim 1985'te bu yöneticiler (Davis ve Burgraff) ve Fred Anson (başkan) ve Murph Goldberger (Caltech başkanı) tarafından tasarlanan Caltech'in içinden gelen cömert bağışlar sayesinde Zewail'e önemli bir hibe sağlandı. Ağustos 1986'da Zewail, laboratuvarında (Femtoland olarak adlandırılır), Bell Laboratuvarlarında Shank ve meslektaşları tarafından başlatılan mevcut en iyi ultra hızlı (femtosaniye) lazerleri geliştirdi. O zamana kadar, kimyasal dinamiklerin stereokimyasal yönleri üzerine bir otorite olan R.B. Bernstein (UCLA), Ahmed Zewail'in 'sadık bir havarisi' haline geldi (Herschbach 2018). Bu iki öncü, 1988'de femtokimyanın evrimine ve geleceğine dair ayrıntılı bir genel bakış yayınladı ve şu öncü notuyla sonuçlandı: "Ultra hızlı lazerlerin ve kimyanın bu mutlu evliliği, gerçek zamanlı moleküler tepkime dinamikleri alanında heyecan verici bir gelecek vaat ediyor."

# ZEWAIL'İN ULTRA HIZLI SPEKTROSKOPIYE, ULTRA HIZLI VE ULTRA HIZLI 4D ELEKTRON MİKROSKOBUNA

Zewail'in vefatından sonra gösterilen hürmetin çoğu, 2008-2014 döneminde yayınladığı kitaplar, kimyaya ve fiziğe yaptığı muazzam katkıları içindir. Bunlar, deneyci bir bilim adamı olarak eşsiz etkisini sağlamlaştırdı. Bu bölümde olağanüstü Nobel Ödülü yayınından birçok alıntı ve ondan etkilenenlerin bazı yansımaları özetlenmiştir.

Harvard'dan Profesör Dudley Herschbach, Kasım 1992'de Ahmed'in bir Harvard-MIT fiziksel kimya semineri vermek için Cambridge, Massachusetts'i nasıl ziyaret ettiğini anlattı. 'Femtokimya üzerine göz kamaştırıcı bir konuşma yapmanın yanı sıra, iki günlük ziyareti boyunca Ahmed, hem çalışmalarını anlatırken hem de birçok araştırma sorusu sorarken çok canlıydı.'. Mayıs 2001'de Zewail, Harvard'da Kistiakowsky Konferansını verdi ve Herschbach'a göre bu harika bir konferanstı. DNA ve proteinlerde elektron transferini, ultra hızlı elektron kırınımını ve reaksiyon yollarının lazerle indüklenen kontrolünü içeren fem-

tobiyoloji için ilerlemeleri ve beklentileri anlattı. Konferansı, Heisenberg Belirsizlik İlkesinin, görüşlerin aksine femtosaniye çözünürlüğü elde etmek için neden bir engel olmadığını ele aldı. Ayrıca, ilk kez Eadweard Muybridge (1830-1904) tarafından gerçekleştirilen bir atın klasik durma hareketi fotoğrafını gösteren slaytlar da içeriyordu. Slaytlar, Zewail ve meslektaşları Spencer Baskin'in lise öğretmenleri için yazdığı, lazer stroboskopi ve hareket halindeki atomları dondurmaya nasıl başardığını açık bir şekilde anlatan hayranlık uyandıran, pedagojik açıdan aydınlatıcı bir inceleme makalesinde kullanılmıştır.

Zewail'in Kistiakowsky dersinde açıklanan bu iki konudan, aşağıda Zewail'in femtokimyaya ve tutarlılığa olan güveninin (Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi sayesinde) izleme sırasında algılanan engelleri nasıl aştığına dair ayrıntılı açıklamasını (1999'daki Nobel dersine ek olarak verilmiştir) ele alacağız. İlk olarak, pompa-prob femtoskopi ile ilgileniyoruz.

## Pompa-prob femtoskopi

Yüksek hızlı fotoğrafçılıkta, sürekli bir hareket kısa bir pozlama süresi kullanılarak karelere bölünür. Bu nedenle, Muybridge'in çalışmasında enstantane hızı (pozlama süresi) yaklaşık 2ms (milisaniye) ve hareketin hızı yaklaşık  $10\text{ms}^{-1}$  (saniye başına metre) idi ve sonuçta

2 cm'lik iyi tanımlanmış çözünürlük (hız  $\times$  pozlama süresi), kameralar 0.5m aralıklı olduğundan saniyedeki kare sayısı yaklaşık 20 idi. Moleküler deneylerde, hızda büyük bir fark vardır (şimdi yaklaşık 1 km/s), çözünürlüğün yaklaşık 10-8 cm ve ilgili molekül sayısı (milyonlarca) olması gerekir. Moleküler hız ve çözünürlük göz önüne alındığında, ultra kısa flaşlar 100 fs (femtosaniye) düzeyinde pozlama süresi sağlamalıdır ve 1 saniye içinde 1013 kare kaydedilebilir! Ultra hızlı darbeleri lazer teknikleri, bu zamansal alanın doğrudan keşfini gerçeğe dönüştürdü. Bu tür spektroskopisi (ultra hızlı elektron kırınımının yanı sıra) moleküler süreçlerin araştırılmasında ultra yüksek hızlı fotoğrafçılığın rolünü oynar.

Bir femtosaniye lazer darbesi, gerekli uzaysal çözünürlükle nükleer hareketi dondurmak için enstantane hızını sağlar. Darbe, hareketi stroboskopi ile, yani hareket halindeki molekülün darbeleri aydınlatmasıyla ve belirli anlık görüntüyü kaydederek araştırır. Saniyedeki kare sayısını tanımlayan, bu prob darbelerinin doğru zamanlanmış bir dizisi kullanılarak tam bir hareket dizisi elde edilir. Muybridge'in yöntemiyle benzerlik açıktır. Moleküller adına, hareketi incelemek için ek gereksinimler vardır:

*Yayınladığı kitaplar ve kimya ile fiziğe yaptığı muazzam katkıları, deneyci bir bilim adamı olarak eşsiz etkisini sağlamlaştırdı.*

”

1 A S S A N I

# FRA HIZLI ELEKTRON KIRINIMINA A KATKILARI

- Hareketi, sıfır zamanını tanımlayarak, aynı zamanda onlarca femtosaniye için doğru olarak ayarlamamız gerekir;
- Moleküler hareketin kaydedilmesinde milyonlarca molekül kullanıldığından hareket senkronize olmalıdır; ve
- çekirdekleri lokalize etmek için moleküler tutarlılık indüklenmelidir.

Bu üç gereksinim, bir femtosaniye pompası kullanılarak karşılanır. Bu metodoloji ile incelenen süreç, araştırılan maddenin pompa darbesinden radyasyonu emdiği andan itibaren kaydedilir. Bir prob darbesinin numuneden daha sonraki bir zamanda geçişi, o andaki sistemin durumunun anlık görüntüsünü sağlar. Bağlı zamanın femtosaniye kontrolünün hayati önem taşıdığı femtosaniye çalışmalarında, lazer pompası ve prob darbesi eşzamanlı olarak üretilir, ardından prob darbesi ayarlanabilir bir optik yol uzunluğuna yönlendirilir. Sonlu ışık hızı, yol uzunluğundaki farkı, numunedeki iki darbenin varış zamanındaki bir farka çevirir. Böylece,  $1\mu\text{m}$   $3.5\text{f}$ 'ye karşılık gelir. Tek tek anlık görüntüler, sürekli zaman değişiminin eksiksiz bir kaydı oluşturmak için bir araya gelir, başka bir deyişle, bir film oluşturulur. Zewail buna femtoskopi adını verdi.

## Tutarlılık ve atomik hareket

Klasik bir tanımında, çekirdeklerin hareketleri, potansiyel bir alandaki mermerler gibi, parçacık benzeri olacaktır. Ancak atomik kütleler ve enerjiler ölçeğinde, kuantum mekaniği devralır ve dalga-parçacık ikiliğinin hareketi sınırlı ve ayrıca Belirsizlik İlkesi duruma hâkimdir. Bu, eşzamanlı ölçümlerin hassasiyetine sınırlar getirir. Ortaya çıkan uzamsal olarak değişen 'dalga fonksiyonu' ışık dalgaları ile birçok benzerliğe sahiptir. Bu nedenle Zewail, dalga süperpozisyonu ve girişim fikrini tanıtmak için ışığı kullandı ve Thomas Young FRS'nin klasik çalışmasını ve iki yarık deneyini hatırlattı.

Uzayda iki veya daha fazla kaynaktan gelen ışık örtüştüğünde, ortaya çıkan ışık alanını oluşturmak için her kaynaktan gelen anlık alan genlikleri (yoğunlukları değil) birbirine eklenmelidir. İki yanğa olan mesafelerin farklı olduğu noktalarda ( $n + \frac{1}{2}$ ) dalga boylarına göre ( $n$  tamsayı için) iki dalga her zaman sıfıra eklenir ve hiçbir ışık algılanmaz. Başka yerlerde, genlikler birbirini götürmez. Böylece, sabit bir açık ve koyu girişim saçakları modeli üretilir. Işığın dalga boyu bilgisi ve bir ekrana yansıtılan saçakların aralığı, yarıkların ayırımının bir ölçümünü sağlar.

Zewail, hareket çalışmalarında, dinamiklerin atomik ölçekli çözünürlüğünü elde etmek için moleküler dalga fonksiyonları arasındaki tutarlılık kavramını kullandı. Moleküler dalga fonksiyonları uzamsal olarak dağınıktır ve hareket göstermez. Uygun şekilde seçilmiş fazların bir dizi ayrı dalga fonksiyonunun üst üste getirilmesi, bir dalga paketi olarak adlandırılan, uzamsal olarak lokalize ve hareketli bir tutarlı üst üste binme durumu üretebilir. Yapıcı ve yıkıcı müdahale, bu tür bir mekansal yerleşmenin kökenidir. Paket iyi tanımlanmış bir hızla ve konuma sahiptir, bu da onu atomik çözünürlükte hareketli bir klasik mermere benzetir. Femtosaniye ışığı, tutarlılığı tetikler ve Belirsizlik İlkesini ihlal etmeden atomik ölçekte uzaysal ve zamansal çözünürlüğe ulaşmayı mümkün kılar.

Gerçek bir sistemde hareketin gözlemlenmesi, yalnızca her molekülde lokalize dalga paketlerinin oluşumunu değil, aynı zamanda üzerinde ölçümün gerçekleştirildiği milyonlarca molekülde oluşan dalga paketleri arasında küçük bir konum dağılımını da gerektirir. Durum genellikle şu şekilde sağlanır: (a) çalışılan moleküllerin uyarılmadan önce iyi tanımlanmış ilk denge konfigürasyonu ve (b) paketin "anlık" femtosaniye fırlatılması.

Nobel dersinde büyük ölçüde Zewail'in kendi sözleriyle, Belirsizlik İlkesini ihlal etmeden femtokimyasal tekniklerden atomik mesafeleri elde etmek için gerekli koşulları ifade ettikten sonra, şimdi kendisi ve meslektaşları tarafından elde edilen önemli başarıları yaklaşık kronolojik olarak izleyebilecek bir konumdayız. 1980'lerin ortalarından itibaren.

ICN ve  $\text{H} + \text{CO}_2$  kısımları

Zewail ve çalışma arkadaşları tarafından femtokimyanın doğuşunu belirleyen önemli bir deney, siyanojen iyodürün foto-ayrışmasını araştırmak için moleküler ışınlardan, ultra hızlı lazerlerden ve pompa-prob metodolojisinden yararlandığı deneydir.

$h\nu + \text{ICN} \rightarrow \text{I} + \text{CN}$

Bu çalışmada Zewail ve arkadaşları serbest bir CN fragmanının yaklaşık 200 fs'de ortaya çıktığını tespit etti. Kısa bir süre sonra, grubu kinetikçiler ve teorisyenler arasında büyük ilgi gören bir makale yayınladı. Bu, biyomoleküler bir reaksiyonda çarpışma kompleksinin gerçek zamanlı pikosaniye saat ölçümüydü, OH'nin  $\text{H} + \text{CO}_2$ 'den doğması.

Bu çalışma, yakın zamanda Curt Wittig tarafından geliştirilen bir tekniği savunarak önemli bir katkı yapan R. B. Bernstein'ı da içine katmıştı. Bu, zayıf bir şekilde bağlanmış bir van der Waals etkileşimindeki moleküllerin içsel karşılıklı yönelimini kullandı. Prototip durum, süpersonik bir moleküler ışın içinde bir XH ... CO eklenmesi oluşturdu. Daha sonra hidrojen halojenürün fotolizi bimoleküler reaksiyonu başlattı

$\text{H} + \text{OCO} \rightarrow \text{OH} + \text{CO}$ ,

H atomunu yakındaki  $\text{CO}_2$ 'ye iter. Çarpışma, öncünün geometrisi sayesinde kabaca eş doğrusaldı. Zewail'in ekibi, HX'in foto

# ZEWAIL

ayrışması için pikosaniye lazer darbesi ve ardından OH ürününün gecikmeli pikosaniye lazer probu kullandı. Bu şekilde, HOCO reaksiyon kompleksinin oluşumunu ve bozunmasını zamanlayabildiler. Bu deneydeki temel özellik, ilk darbenin bimoleküler reaksiyon için sıfır noktasını belirlemesi ve ilişkili ürünlerin "gerçek zamanlı" evrimini kaydetmesine olanak tanıyan bir dizi darbenin sağlanmasıydı.

Ahmed Zewail'in sadece bir bilim insanı olarak değil, aynı zamanda bilimsel ve anlaşılır makaleleri için de büyük hayranlık duyduğu arkadaşı Dudley Herschbach'ın (2018) bir makalesinde, Zewail'in Chuck Shank tarafından başlatılan femtosaniye lazerleri nasıl hızlı bir şekilde adapte ettiğinden bahsetti.

Bu, zaman çözünürlüğünü büyük ölçüde artırarak, femtokimyanın müthiş destanını başlattı. Ahmed, üretken laboratuvarları Femtoland I, II, III'ü vaftiz etti ve "Femtosa niye Rüyası" ve "Femtocopia" dan neşeyle bahsetti. Genel bakış evanjelik bir coşkuy la parladı.

## İki eşdeğer bağı olan bir molekülün ayrışması durumunda ne olur?

Çağlar boyunca kimyagerler sık sık şu soruyu düşündüler, Bu eşdeğer bağlar aynı anda mı yoksa sırayla mı kırılacak? Zewail, diiyodotetrafloroetanın ( $C_2F_4I_2$ ) tetrafloroeten ve iki iyot atomuna foto-ayrışmasını inceleyerek bu sorunu çözdü. O ve Khundkar, iki C – I bağının aynı anda değil, sırayla koptuğunu keşfetti (Chergui & Thomas 2017).

Zewail, femtokimyasal spektroskopik tekniğini sonuna kadar kullandı. Organik kimyadaki hemen hemen tüm kimyasal reaksiyon türleri - Diels – Alder, Norrish Tip I ve II, cis – trans ve diğer izomerizasyonlar, perisiklik ekleme ve bölünme reaksiyonlarının yanı sıra nükleofilik sübtitüsyonlar (SN tipleri), bimoleküler elektron transfer

reaksiyonları, asit - DNA taklitlerindeki baz reaksiyonları ve tatomerizasyon süreçleri, grubu tarafından araştırıldı ve elde edilen sonuçlar aydınlatıcıydı. Nitekim İsveç Kraliyet Bilim Akademisi Nobel Komitesi başkanı Bengt Norden, 1999 Nobel töreninde Zewail'i sunduğunda, kullandığı kelimeler şunlardı:

*Zewail'in hızlı lazer tekniğini kullanması, Galileo'nun cennetin mahzenini aydınlatan her şeye yönelttiği tekniğini kullanmasına benzetilebilir. Zewail, femtosaniye lazerini moleküller dünyasında hareket eden her şey üzerinde denedi. Teleskopunu bilimin sınırlarına çevirdi.*



Zewail'in anıtsal çalışmasında attığı en önemli adım, tutarlılık kavramından yararlanmaktı.

## Ultra hızlı ve diğer süreçleri incelemek için fotonları elektronlarla değiştirmek

Femtosaniye lazer spektroskopisindeki başarısının ortasında bile Zewail, molekülleri sorgulamak için birincil ışınlar olarak elektronlara kıyasla fotonların bazı ciddi dezavantajlara sahip olduğunu farkındaydı. Zewail, spektroskopik süreçlerin seçim kuralları tarafından yönetildiği ve bu nedenle bir moleküldeki tüm dinamik değişikliklerin foton emilimi ve emisyon olayları kullanılarak izlenemeyeceği gerçeğinin yanı sıra, elektronların birincil sorgulama kaynakları olduğunu biliyordu. Böylece, X-ışınları ile elektronları karşılaştırırken, Zewail, elektronların saçılma kesitinin X-ışınları kadar büyük olduğunu fark etti. Bu nedenle, elektronların düşük yoğunluklu ortamı (örneğin gaz fazı reaksiyonlarının yanı sıra su ve katı yüzeylerde adsorbe edilen diğer moleküller gibi)

araştırmak için daha uygun olduğu sonucu çıkar. Ek olarak, saçılma olayı başına yatırılan enerji, X-ışınları durumundakinden üç kat daha küçüktür. Dahası, elektron optiği, elektron mikroskopları gibi aletlerdeki her formdaki maddeyi işlemek ve incelemek için, elektron ışınlarının X ışınlarından daha kolay olacağı şeklindedir. Son olarak, elektronlar, hafif elementler için oldukça zayıf olsa da, esasen tüm atomlar tarafından dağıtılır. 1991'de Zewail'in J.C. Williamson ile birlikte yayınladığı ve sodyum iyodürün moleküler ışınlarını incelemek için femtosaniye kırınımının kullanıldığını bildirdiği makale, elektron mikroskobu topluluğunun birçok önde gelen üyesini şaşırttı (bkz. Thomas 1991). Görünüşü, kristalografi ve mikroskopide yeni bir çağın başlangıcının erken bir işaretiydi. Yalnızca ultra hızlı elektron kırınım modellerinin nasıl kaydedilebileceğini görmek hemen mümkün değildi, aynı zamanda ultra hızlı yakın atomik ölçekli görüntülemenin yanı sıra elektron enerji kaybı spektroskopisinin paralel bir şekilde kaydedilebileceği bir dönem vaat ediyordu (Thomas 2005, 2009).

Zewail ve grubu, 4D elektron mikroskobunu icat ettiği şeyi elde etmek için farklı deneysel elektron mikroskobik teknikler geliştirdi.

Kendisinin ve ekibinin geliştirdiği çeşitli 4D elektron mikroskobu ile araştırdığı tüm birincil makalelerin tam bir hesabı Zewail'in son zamanlarda toplanan çalışmalarında bulunmaktadır. Roger Kornberg bu kitabı "olağanüstü bir buluş ve keşif yolculuğunun tarihi" olarak tanımlıyor (Kornberg 2018). Bu, elektron enerji kaybı, elektron tomografisi, yakınsak ışın kaydı, Kikuchi desenleri ve foton kaynaklı yakın alan elektron mikroskobu (PINEM) ayrıntılarını içerir. Ayrıca, bu yayında kimyagerler, fizikçiler, fotokimyacılar, metalurjistler, biyologlar, dünya ve malzeme bilimcileri ve mühendisleri için temel ilgi alanları olan temsili çalışmalar yer almaktadır.







## Evlilik ve Aile Hayatı

Ahmed Zewail'in ilk evliliği boşanmayla sonuçlandı; çiftin, her biri başarılı akademisyen olan Maha ve Amani adında iki kızı vardı. 1989'da Suriye'de doğan tıp doktoru Dr. Dema Faham ile evlendi. O ve Dema, Suudi Arabistan'ın Riyad kentinde, kendisi ve gelecekteki kayınpederi Kral Faysal Ödülü (Dema'nın babası Profesör Faham, Arap/Süryani edebiyatı konusunda büyük bir otoriteydi) aldığı anda tanıştı.

Üç yıl sonra ilk oğulları Nabeel doğdu. Kendisi şu an bilgi teknolojisi konusunda uzmandır. Bir yıl sonra doğan ikinci oğulları Hani, şu anda Berkeley'deki California Üniversitesi'nde etno-müzikoloji alanında doktora yapıyor. Evliliklerinin dokunaklı bir dökümü ve birlikte geçirdikleri son dakikalar Dema (Faham 2018) tarafından yazıya dökülmüştür.

## Dünya meseleleri üzerine düşünceler: barış ve siyaset

Ahmed Zewail, Başkan Obama'dan Danışma Bilim Konseyi'nde hizmet etme ve aynı zamanda Amerika Birleşik Devletleri'nin Ortadoğu'daki ilk Bilim Elçisi olarak görev yapma davetini almadan önce, bir dizi uluslararası gazetede siyasi ve sosyal yönden çok sayıda makale yazmıştı. The Independent (İngiltere), The Huffington Post, The New York Times, The Christian Science Monitor, The Los Angeles Times, The Times (İngiltere), Financial Times (İngiltere), Al Ahram (Mısır) ve diğer birçok satış noktası dâhil. Yerli Mısır'daki şöhreti, çeşitli seçkin akademiler ve kurumlar tarafından Franklin, Fermi ve Einstein ödülleri gibi ödüllerin verilmesinin ardından, Başkan Mübarek'in izinden gidecek uygun kişi olabileceğine dair (2003 gibi erken bir tarihte) birçok spekülasyona yol açtı. Arap Baharı sırasında ve sonrasında siyasi bir lider olarak durması için yeniden çağrılar yapıldı. Ancak kişisel tecrübemden asla siyasi bir görevi üstlenmek istemediğini biliyorum. Sadece Orta Doğu'da değil, dünya çapında dezavantajlılara yönelik endişesi, ölümünden kısa bir süre önce son kitabı Dünya meseleleri, barış ve siyaset üzerine düşünceler adlı kitabında topladığı makalelerinde ezici bir şekilde açıktı. 270 sayfalık bu kitaptaki dört bölümün başlığı: "Mısır ve Müslüman dünyası", "Amerika Birleşik Devletleri", "Dünya" ve "Yumuşak güç: bilim ve teknoloji"dir. Mısır için en büyük tutkusu, Kahire'nin eteklerinde Zewail Bilim ve Teknoloji Şehri'ni kurmaktır. Bir keresinde bana 1800'lerin sonlarında Japonya'dan delegelerin bilim ve uygulamaları hakkında bilgi almak için Mısır'ı ziyarete geldiğini söyledi. Tıpkı Tsukuba araştırma merkezleri kompleksi Japonya'da bilim ve mühendisliğe muazzam destek sağladıysa, umudunun Zewail Bilim ve Teknoloji Şehri'nin ileri teknolojiyi teşvik etmek için bir ilham kaynağı ve pratik bir araç olarak hizmet vermesi olduğunu söyledi.

Zewail Şehri birkaç yıldır çalışıyor ve bilim adamlarının çoğu uluslararası tanınırlığa

ulaştı. Mısır hükümeti, bankalar ve diğer yetkililer, orada başarılı bir akademisyen ve araştırmacı topluluğu oluşturmak için büyük mali yardım sağlamış olsalar da, tüm girişimin önümüzdeki yıllarda garantili, kendi kendini sürdüren bir şekilde çalılabilmesi için hayati fonlara ihtiyacı var.

## Chemical Physics Letters

1999'da Richard Bernstein'in ölümünün ardından, Chemical Physics Letters'in (CPL) ortak editörü olarak görevine, 2007 yılına kadar devam edecek Ahmed Zewail geçti. Sir David tarafından açıklandığı gibi Profesör Buckingham'ı 2000 yılında CPL editörü olarak değiştiren Clary FRS (Clary 2018, 2019), "Zewail bu rolde çok gayretliydi ve kimya ile fizik arasındaki alanları güçlü bir şekilde destekledi." dedi. Zewail, CPL'de 100 makale yayınladı. Zewail'in 2007'de editör olarak emekli olmasının ardından, geri kalan editörler (Clary, Villy Sundstrom ve Mitchio Okumura) Elsevier'e (yayıncılar) Moleküler Bilimler alanında iki yılda bir Ahmed Zewail Ödülü'nün kurulmasını önerdiler ve bugüne kadar David dahil yedi kişi layık görüldü. Buckingham, Mostafa El-Sayed, Noel Hush FRS, Bill Miller (ForMemRS 2015), John Meurig Thomas FRS, Michael Graetzel ve George Schatz.

## L'Oréal – UNESCO Bilimde Kadın ödülleri

1998 yılında, Nobel Ödüllü Christian de Duve ForMemRS ve Pierre-Gilles de Gennes ForMemRS'in savunuculuğunu takiben, L'Oréal – UNESCO Bilimde Kadın programı başlatıldı. Şu coğrafi bölgelerden araştırma çalışmalarında büyük başarı elde eden kadınlara beş büyük ödül verildi. Avrupa, Kuzey Amerika (Kanada dahil), Latin Amerika, Afrika ve Asya – Avustralya – Yeni Zelanda.

Ödüller, Fransız Akademisi'nde ödül alanların sunumları da dâhil olmak üzere Paris'teki büyük bir tören serisinde ve ayrıca Sorbonne'un büyük salonundaki geniş basınla birlikte açık bir etkinlikte verilmektedir. Bir yıl, konu yaşam bilimleridir ve bir sonraki ise fiziksel bilimler (2019'da fiziksel bilimler ve matematikti).

De Gennes'in ölümünden sonra Ahmed Zewail, Ödül Komitesi başkanlığına halefi olarak seçildi ve 2000 yılından itibaren çalışmalarını (de Duve ile birlikte) enerji ve hayal gücü ile yürüttü. Yaklaşık 200 kadar yüksek profilli aday sunuluyor ve davaları, ödülü kazananların nihai seçimini yapmak için zamanı geldiğinde L'Oréal ve UNESCO temsilcileriyle birlikte Paris'te bir araya gelen bir grup ilk değerlendirici tarafından inceleniyordu.

The L'Oréal – UNESCO şeması, dünyanın her yerinden genç kadınların araştırma çalışmalarını teşvik etmek için önemli mali destek içeren bazı burslara da sahiptir. Zewail'in kazananların nihai seçimine başkanlık etmek ve oldukça etkili olan seçim prosedürünü formüle etmek için gösterdiği kapsamlı çabalara tanıklık edebilirim. L'Oréal – UNESCO ödüllülerin birçoğu daha sonra Nobel ödüllerine layık görüldü.

## Kişisel bir not

1990'da Londra'da bir Royal Society Tartışma toplantısından sonra (hızlı tepkiler üzerine), Ahmed Zewail'i özel bir tartışmaya dahil ettim ve ona Kraliyet Enstitüsü'nde (RI) 1856 Noel derslerini veren Michael Faraday FRS'nin bir fotoğrafını gösterdim. Daha sonra UR'ye gelip bir Cuma Akşamı Söyleşi sunması için, Caltech'ten George Ellery Hale'in (ForMemRS 1909) 1904'te güneş girdapları ve manyetik etkileri üzerine bir konuşma yaptığını söyledim. Ahmed kabul etti ve Nisan 1991'de Dema ve onu Albemarle Caddesi'nde ağırlamak bir zevkti.

Çalışmalarıyla ilgili büyüleyici bir açıklama yaptı. Gösterdiği ilk slayt izleyiciyi eski Mısır'a taşıdı ve onlara Mısır'ın 'medeniyetin beşiği' olduğunu hatırlattı. Eski Mısır hakkında söylediklerinin çoğu başka bir yerde verilmiştir (Thomas 2018), ancak şekli gösterme konusundaki yorumu şuydu: 'Bu, ışığın düz bir çizgide hareket ettiğini tasvir eden bilinen ilk görüntüdür.' Ayrıca, neredeyse tam olarak yüz yıl önce (1892'de) Eadweard Muybridge, UR'de koşan ve dörtlü giden atların hareketinin donması üzerine klasik çalışmasını anlatan bir konuşma yapmıştı ve bunun kendisine hatırlatıldığı için çok mutluydu. Bilimde kimin neyi nerede keşfettiğine dair çoğu zaman hatalı olan Avrupa merkezli görüşümü düzeltmek de ona biraz zevk verdi. Bana sık sık 700 yıllık bilim dilinin Arapça olduğunu hatırlattı. Kraliyet Cemiyetinin ilk üyeleri, antik doğa filozoflarının bilgeliği ve başarıları hakkında kendilerini bilgilendirmek için Arapça öğrendi (Royal Society 2011). MS 1000'de Kahire'de Irak doğumlu Al Hazen'in camera obscurayı icat ettiğine ve bu Arap bilim adamının optik kitabının Galileo gibi daha sonraki Avrupalı bilim adamlarını büyük ölçüde etkilediğine işaret etti. 4D elektron mikroskobu ile ilgili ortak kitabımızın 'Tarihsel perspektif' bölümünde, Al Hazen'in 1000 Buluş'tan uyarlanan karanlık kamera örneğini dahil etmemizde ısrar etti: Dünyadaki Müslüman mirasını bu resme de dahil etti. Ahmed Zewail, Kopernik'ten 18 yüzyıl

önce, memleketi İskenderiye'de, Aristarchus'un Dünya'nın Güneş'i dolaştırdığını öne sürdüğüne sık sık dikkatimi çekti. Ayrıca İskenderiye'deki kütüphaneci Eratosthenes'in, Columbus epik yolculuğuna çıkmadan 1700 yıl önce Dünya'nın küresel olduğunu ve çevresini inanılmaz bir doğrulukla hesapladığını kanıtladığını belirtti. Ahmed Zewail ile birlikte çalışırken ve onunla yıllar boyunca devam eden etkileşimim sırasında, onun fizik ve kimyanın temelleri hakkındaki bilgisinin olağanüstü olduğunu da keşfettim. Kapıta-Dirac etkisini (Kapitza & Dirac 1933),

Cambridge'de ortaya çıkmasına rağmen Ahmed Zewail ile tanışana kadar bilmiyordum. Zewail, Mısır eğitimi ve Arapça konuşan arkadaşımız Sir Michael Atiyah'ın (PRS, 2000–2005) bulunduğu Amerikan Felsefe Topluluğu, Benjamin Franklin'in doğumunun üç yüzüncü yıldönümü kutlamasına katıldı. Zewail de Franklin'i bir devlet adamı olarak dünyayı daha iyi bir yer haline getirmeye çalışan tam bir bilim adamının konuşma yer almaktadır:

*Benim için kişisel olarak, Franklin sadece 1700'lerde benzersiz ve dikkate değer bilimsel katkıları için değil, aynı zamanda insani vizyonu ve öğrenmenin gücüne olan inancı yüzünden bir kahramandır. Dünya siyasetini ve barışını etkilemek için kendi gücünü kullandı... Bugün, sorunlu dünyamızda bir diyaloga ve barışa ulaşmak için ihtiyacımız olan, uzlaşma ve belagat ruhuyla Franklin'in vizyonudur.*

”

Zewail bu konuşmayı 2006 yılında Philadelphia'da şu sözlerle bitirdi:

“

*Benjamin Franklin, zamanın önemini ve hayatımızdaki merkezietini anladı. Zaman ve yaşam hakkında şöyle dedi (Zavallı Richard'ın Almancağı, 1746): "Hayatı seviyor musun? Öyleyse zamanı israf etmeyin, çünkü hayatın temelini oluşturan şey budur."*



Photo by Jonas Ekstromer/Associated Press

Çoğu zaman, bir stilistin unutulmaz şekillerde bir şeyler yapan ve söyleyen biri olduğu ilan edilir. Deneysel becerisinin, teorik anlayışının, yazılı katkılarının, özel ve popüler derslerinin ve hatta yayınlanmış makalelerinde kullanılan resimlerin ayrıntılarının analizine göre Ahmed Zewail, bu veya başka bir tanımla mükemmel bir stilistti. Devrim niteliğindeki çalışmalarını hayranlık uyandıran bir şekilde yürüttü ve her kağıt, kitap ya da ders yoğun bir tefekkür ve bolluğun ürünüydü.

## Onurlar ve ödüller

Zewail, Oxford ve Cambridge üniversitelerinde de dahil olmak üzere dünyanın her yerinden birkaç düzine fahri derece aldı.

## Madalyalar ve Diğer Ayrıcalıklar

Nobel Ödülü, Kral Faysal Ödülü ve Kurt Ödülü'nün yanı sıra Zewail, Fermi Madalyası'nı da aldı. Linus Pauling Kimya Kürsüsü'nün ilk hak edeni ve bir kimya ve fizik profesörü ve California Teknoloji Enstitüsü'nde Ultra Hızlı Bilim ve Teknoloji Fiziksel Biyoloji Merkezi'nin direktörüydü. American Chemical Society ona Peter Debye ödülünü (1996), E. Bright Wilson ödülünü (1997) ve en yüksek ödülü olan Priestley Madalyasını (2011) verdi. Franklin Enstitüsü'nden Franklin Madalyası (1998), Albert Einstein Dünya Bilimler Ödülü (2006) ve Kraliyet Cemiyeti Davy Madalyası'nı (2011) aldı.

Mısır Cumhurbaşkanı kendisine Nil Nişanı'nı (1999) verdi ve Nobel Ödülü'nü kazandıktan sonra Mısır'da fotoğrafıyla birlikte bir posta pulu bastırıldı. Zewail ayrıca memleketi Mısır'da Liyakat Düzeni Şövalyesi olarak atandı. Fransa onu Legion of Honor Şövalyesi ve Ulusal Liyakat Düzeni Subayı yaptı. Lübnan ona Sedir Ulusal Düzeni'nin Büyük Kordonunu ve Tunus'a Cumhuriyet Düzeni Komutanlığı'nı verdi. Mısır Cumhurbaşkanı, 7 Ağustos 2016'da Kahire'deki El-Mosheer Tantawy Camii'nde Zewail için askeri bir cenaze töreni düzenledi.