

İç Uzay

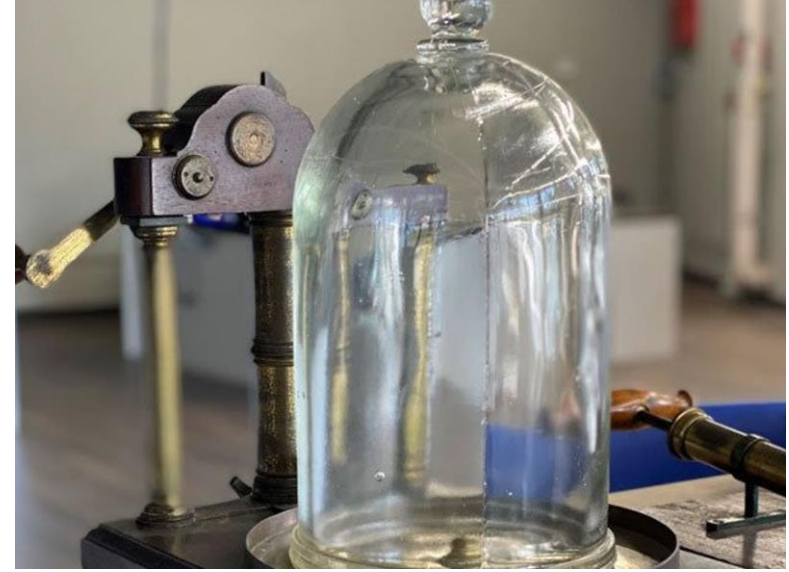
Prof. Dr. Bektaş TEPE

Bilim Tarihi

Bölüm 13

Vakumla Devrim: Bilimde Yeni Bir Dönem

- 1800'lerin ortasında daha gelişmiş vakum pompalarının icadı, bilimsel çalışmalarda devrim yarattı.
- Michael Faraday, havasız ortamda elektrik akımını araştırmak için yetersiz aletlerle çalışıyordu.
- Kullanılan cam şişeler mantarla kapatılıyor, elektrotlar metal iğnelerle içeriye uzatılıyordu.
- O dönemin pompaları modern bisiklet pompalarına benzeyen ilkel cihazlardı.



Geissler ve Vakum Tüpü Teknolojisi

- Heinrich Geissler, 1850'lerde daha verimli ve hava geçirmez vakum pompaları geliştirdi.
- Civa kullanımını sayesinde cam kaplardaki hava daha etkili şekilde dışarı atılabildi.
- Sürekli tekrar edilen tahliye işlemleriyle çok düşük basınçlı vakumlar elde edildi.
- Geissler, vakum tüpüne iki elektrot yerleştirerek kalıcı vakumlu bir sistem yarattı.



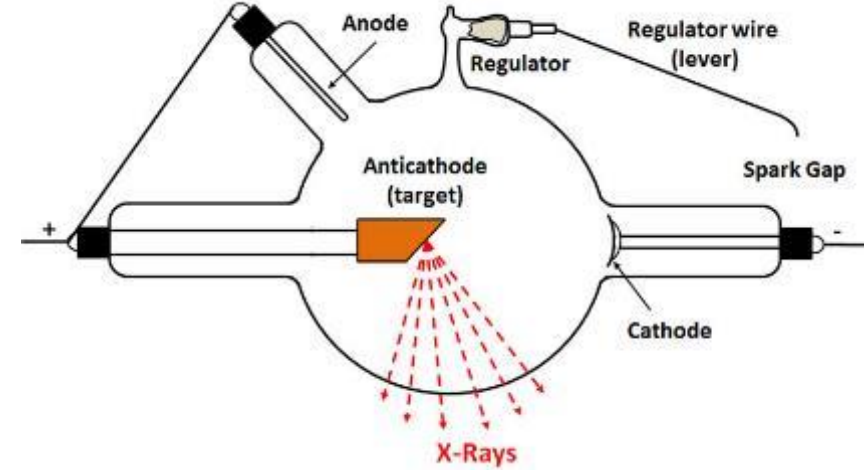
Geissler Kimdir, Ne Değildir?

- Geissler aslında bir cam üfleyicisiydi!
- Elektrik deneyleri için geliştirdiği vakum tüpü, onu bilimin yıldızları arasına soktu.
- Bazen en büyük buluşlar, "teknisyen gözüyle" başlar...
- Koca bir bilim dünyası, o vakum tüplerinin içine bakarak yepyeni şeyler keşfetti!



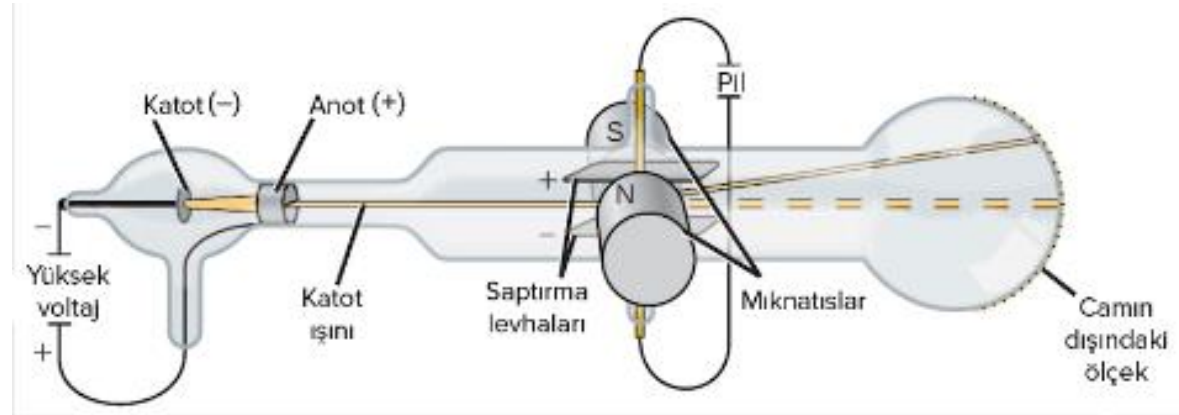
Vakum Tüpünün Etkileri

- Geissler ve takipçileri, 1880'lere gelindiğinde olağanüstü düşük basınçlarda vakumlar üretmişti.
- Bu tüpler, katot ışınları ve X-ışınlarının keşfine zemin hazırladı.
- Vakum tüpleri, modern fizik ve elektronik teknolojisinin temellerini attı.
- Bu gelişmeler radyoaktivite üzerine yapılan araştırmaları da doğrudan etkiledi.



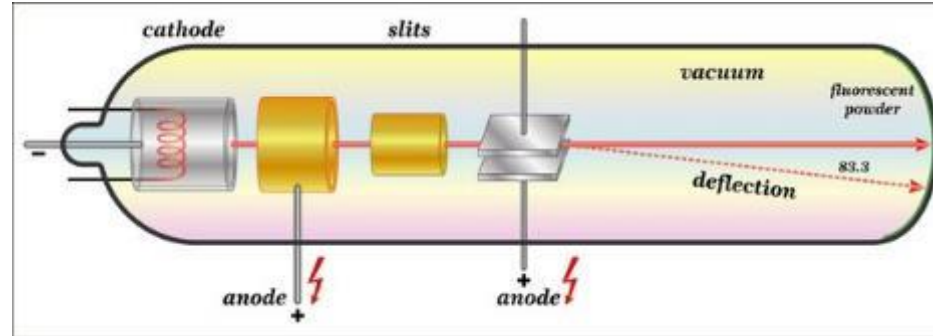
Katot Işınlarıyla İlk Temas

- Julius Plücker, Geissler tüpleriyle deney yapan ilk fizikçilerden biriydi.
- Katottan yayılan gizemli ışınları ilk fark eden kişi öğrencisi Johann Hittorf oldu.
- Bu ışınlar, daha sonra "katot ışınları" olarak adlandırıldı.
- Elektrotlar arasında elektrik akımı olduğunda tüp içinde parlayan çizgiler gözlemlendi.



Goldstein ve “Kanal Işınları”

- Eugen Goldstein, 1876’da katot ışınlarının manyetik alanla sapıtıldığını gösterdi.
- Işınlardan gölge oluşturduğunu fark ederek onların parçacık özelliği olduğunu düşündü.
- **1886’da anot deliklerinden geçen başka bir ışın türü keşfetti:** kanal ışınları.
- Bugün bu ışınların, pozitif yüklü iyonlar olduğunu biliyoruz.



"Kanal" mı Dediniz?

- Goldstein, yeni keşfettiği bu ışınlara Almanların delik anlamına gelen “Kanal” kelimesinden isim verdi.
- ***Yani kısaca:*** "Işınlar delikten geçiyorsa, adı da kanal olur!"
- Bilim bazen şiirsel değil, doğrudan ve sade bir mantıkla ilerler...

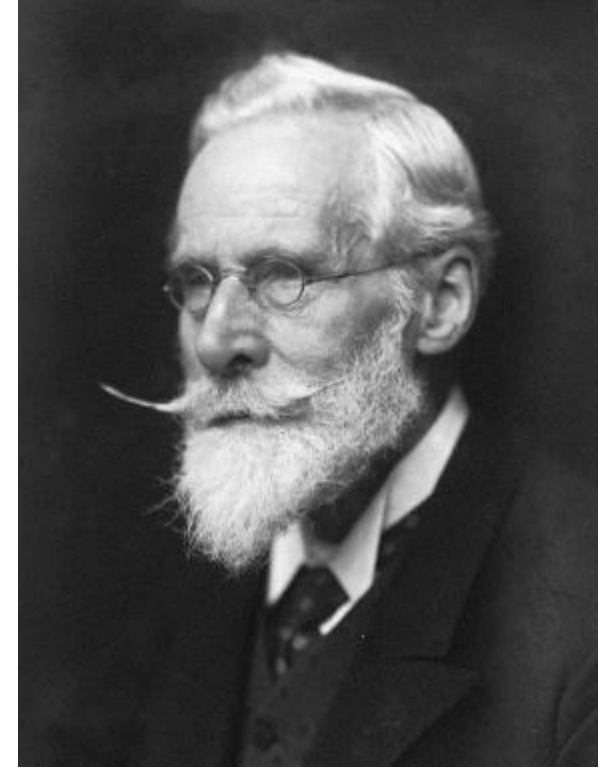
Katot Işınlarnn Yorumu: Parçacık mı, Dalga mı?

- Cromwell Varley, katot ışınlarının negatif yüklü parçacıklar olabileceğini öne sürdü.
- William Crookes, bu parçacık yorumunu benimsedi ve ışınların doğasını araştırdı.
- Bu yorum, ileride elektronun keşfiyle doğrulanmış oldu.
- Katot ışınlarının doğası, parçacık-fizik tarihinde önemli bir dönüm noktasıdır.



Crookes'un Bilime Giden Yolculuğu

- William Crookes, 1832'de Londra'da doğdu; 16 çocuklu bir ailenin en büyüğüdü.
- Genç yaşta Royal College of Chemistry'de Hoffmann'ın asistanı oldu.
- Kimya öğretmenliği ve meteoroloji çalışmalarından sonra kendi laboratuvarını kurdu.
- Chemical News dergisini çıkararak bilim dünyasında aktif bir rol üstlendi.



Crookes Tüpü: Katot Işıklarını Görünür Kılmak

- Crookes, çağdaşlarından çok daha iyi vakum sağlayan tüpler geliştirdi.
- Katot ışıklarını daha net gözlemlemek için bu tüpleri kullandı.
- Malta haçlı deneyinde ışıkların düz doğrultuda yayıldığını gösterdi.
- Çark deneyinde ışıkların momentum taşıdığını ve maddeyle etkileştiğini ortaya koydu.



Crookes'un İlgi Alanı: Tüpler ve Tinselcilik

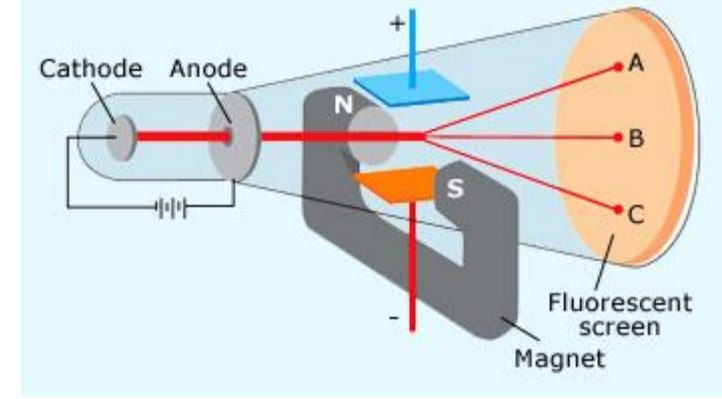
- Crookes bir yandan katot ışınlarını incelerken öte yandan ruh çağırma seanslarıyla da ilgileniyordu.
- “Bilim insanı mı, medyum mu?” sorusu onun için çok da uzak değildi.
- Ne diyelim... Bilim de bazen hem maddeye hem manaya uzanabiliyor!

Paracak mı, Dalga mı? İki Ayrı Kıta, İki Ayrı Görüş

- Crookes, katot ışınlarının paracak olduğunu savundu ve İngiltere’de bu görüş benimsendi.
- Almanya’da ise Hertz, ışınların elektrik alandan etkilenmediğini gösterdi.
- Bu da kıta Avrupa’sında ışınların dalga (elektromanyetik) olduğu fikrini güçlendirdi.
- İki yorum uzun süre yan yana var oldu, çözüm ise 1890’ların sonunu buldu.

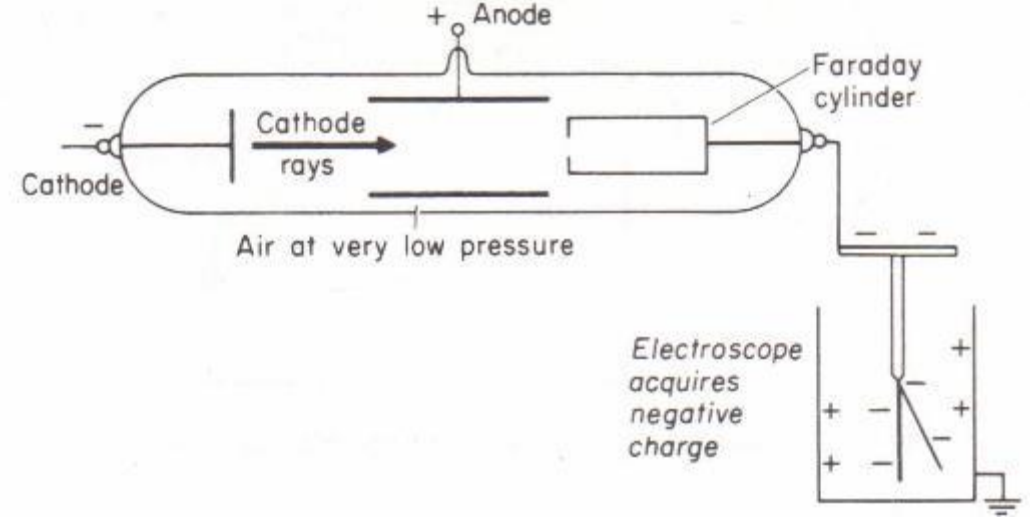
Thomson: Işık Hızını Yakalamayan Işıklar

- J.J. Thomson, katot ışınlarının ışıktan yavaş hareket ettiğini kanıtladı (1894).
- Maxwell'e göre elektromanyetik ışımlar ışık hızında yayılır; bu ışınlar yavaştı!
- Böylece ışınların parçacık olduğu görüşü kuvvetlendi.
- Katot ışınlarının elektrik yükü taşıdığı da kanıtlarla desteklenmeye başladı.



Perrin ve Katot Işınlarnının Yüğü

- Jean Perrin, ışınların manyetik alanda sapmasını gösterdi.
- Işınların bir levhayı eksi yüklü hale getirdiğini deneysel olarak ortaya koydu.
- Bu bulgular, ışınların negatif yüklü parçacıklardan oluştuğunu düşündürdü.
- Katot ışınları artık gözle görülemeyen ama hesaplanabilen “bir şey”di.



Kaufmann ve Thomson: Elm'in Peşinde

- Walter Kaufmann, farklı gaz ortamlarında ışınların sapmasını inceledi.
- Parçacıkların yük/kütle oranını (e/m) ölçtü; hep aynı değeri bulunca şaşırdı.
- ***Thomson da aynı değere ulaştı ama şaşırmadı:*** Hep aynı parçacığı bekliyordu!
- Bu deneyler, parçacığın evrensel ve atom altı bir yapı olduğunu gösterdi.

Thomson ve “Dalga Geçme” Meselesi

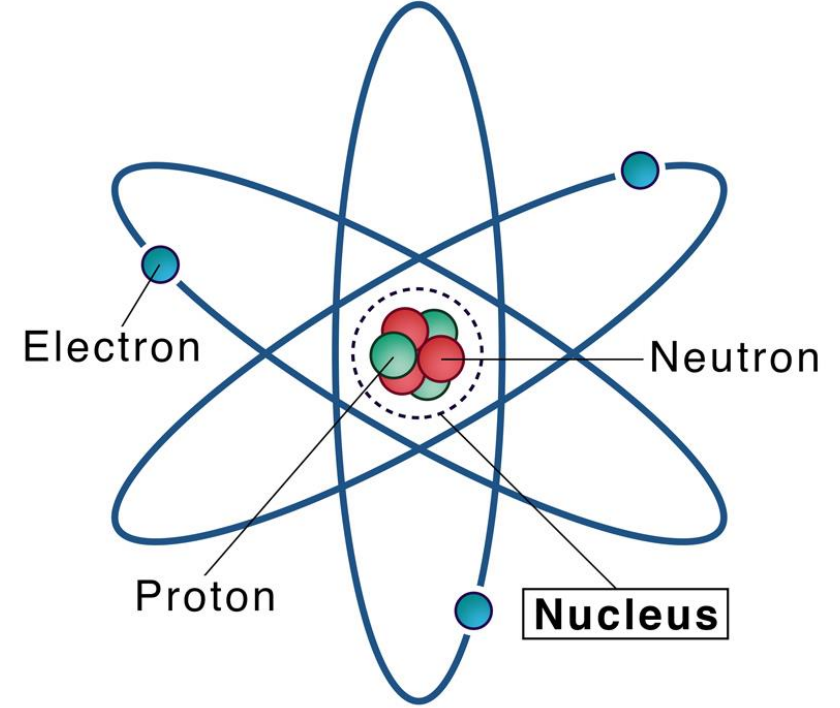
- *1897’de Kraliyet Kurumundaki dersinde Thomson şunları söylemişti:*

“Atomdan daha küçük parçacıklar olabilir diyorsam, bu ürkütücü bir düşünce!”

- *Bir meslektaşı yıllar sonra şöyle dedi:* “O gün senin dalga geçtiğini sanmıştım.”
- Bazen bilim tarihi, ciddiyetle yapılan esprilerin ciddiye alınmasıyla yazılır!

Elektron Sahneye Çıkıyor

- 1897 itibarıyla katot ışınlarının elektrik yüklü parçacıklardan oluştuğu kesinleşti.
- Bu parçacıklar, bugün elektron dediğimiz, atom altı ilk parçacıklar olarak tanımlandı.
- Elektronun keşfi, maddenin yapısına dair yepyeni bir dönemi başlattı.
- Artık atom, bölünemez bir yapı değil, iç yapısı olan bir sistemdi.

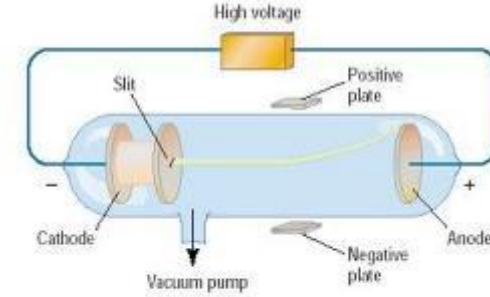


Elektronun Gerçekten Keşfedildiği An

- 1897 yılı genellikle elektronun keşif yılı olarak bilinir.
- Ancak gerçek atılım, Thomson'un 1899'da elektrik yüklü damlalarla yaptığı ölçümle geldi.
- Bu deneyle, elektronun kütlesinin hidrojen atomunun yaklaşık iki binde biri olduğu anlaşıldı.
- Artık atomun bölünemez olmadığı kesindi — bilim dünyası için sarsıcı bir gelişmeydi.

Discovery of the Electron

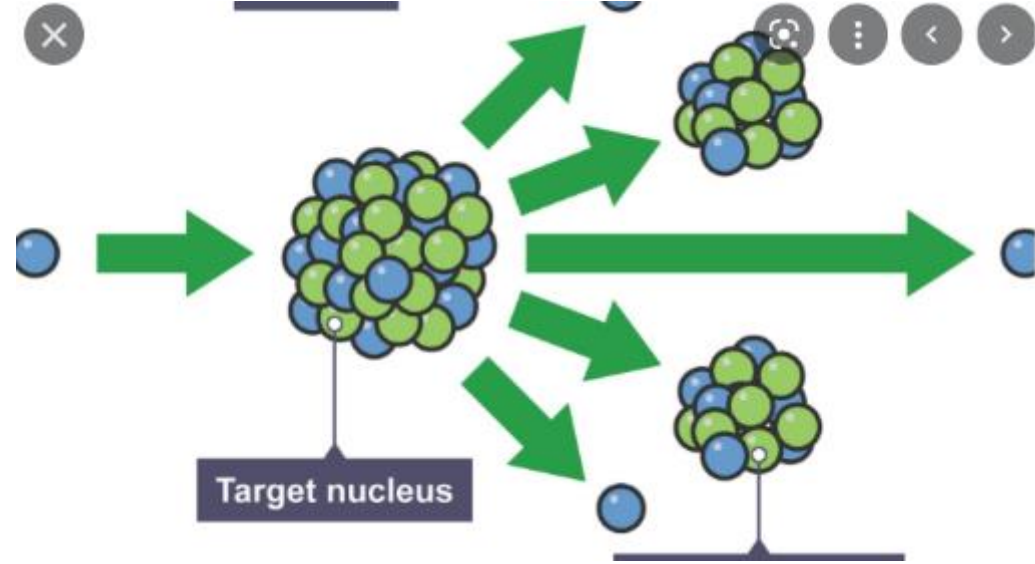
In 1897, J.J. Thomson used a cathode ray tube to deduce the presence of a negatively charged particle.



Cathode ray tubes pass electricity through a gas that is contained at a very low pressure.

Bir Atomu Parçalamak: Ürpertici Bir Dönüm Noktası

- Thomson'un ortaya koyduğu "cisimcikler", aslında atomdan ayrılmış parçacıklardı.
- Bu buluş, atomun temel yapı taşı değil, parçalanabilir bir sistem olduğunu gösterdi.
- Bilim insanları için bu, doğaya bakışın kökten değişmesiydi.
- Artık maddeye dair daha derin sorular sorulabilecekti.



J. J. Thomson: Elektronu Keşfeden Adam

- 1856'da Manchester yakınlarında doğan Thomson, genç yaşta bilim yolculuğuna çıktı.
- Mühendislik eğitimiyle başladı, ancak babasının vefatı sonrası fiziğe yöneldi.
- Cambridge'de uzun yıllar çalıştı, 1884'te Cavendish Laboratuvarı'nın başına geçti.
- 1906'da Nobel ödülü, 1908'de şövalyelik unvanı aldı.



Thomson'un Farkı Neydi?

- Aslında bir matematikçiydi ama deney tasarlamada olağanüstü sezgilere sahipti.
- Deneyler ters gittiğinde, sorunun nerede olduğunu başkalarından önce fark edebiliyordu.
- Ancak deney aletleriyle çalışması fiyasko olabiliyordu — ciddi ciddi sakardı!
- Yine de onun sezgisi, birçok bilim insanı için yol göstericiydi.

Laboratuvarda Yasaklı Bilim İnsanı

- Rivayete göre Thomson laboratuvara girdiğinde herkes temkinli davranırdı.
- Çünkü o deney aletlerine dokunduğunda, işler genellikle ters giderdi!
- Bu yüzden ekip arkadaşları onu bazı zamanlarda laboratuvara sokmamaya çalışırdı.
- Ama iş deneyin neden yanlış sonuç verdiğini anlamaya gelince, herkes ona danışırdı.

Bilimsel Mentorluk ve Cavendish'in Altın Çağı

- Thomson'un yetiştirdiği 7 asistanı Nobel ödülü aldı.
- Cavendish Laboratuvarı, onun liderliğinde büyük bir çekim merkezi hâline geldi.
- Genç araştırmacılar için hem öğretmen hem rehberdi.
- Bilimsel keşiflerin zeminini hazırlayan bu atmosfer, fizikte yeni bir çağ başlattı.



Yeni Fiziğin Doğuşu: Gençlik ve Teknoloji Buluşuyor

- 19. yüzyıl sonu, vakum tüpleriyle deney yapmanın mümkün olduğu bir dönemdi.
- Fizik bilimi de gençti; keşiflere açık, enerjik bir yapıdaydı.
- Genç araştırmacılar, yeni teknolojilerle büyük buluşlara imza atıyordu.
- Röntgen X-ışınlarını keşfettiğinde genç değildi; önemli olan yaş değil, olanaklardı.

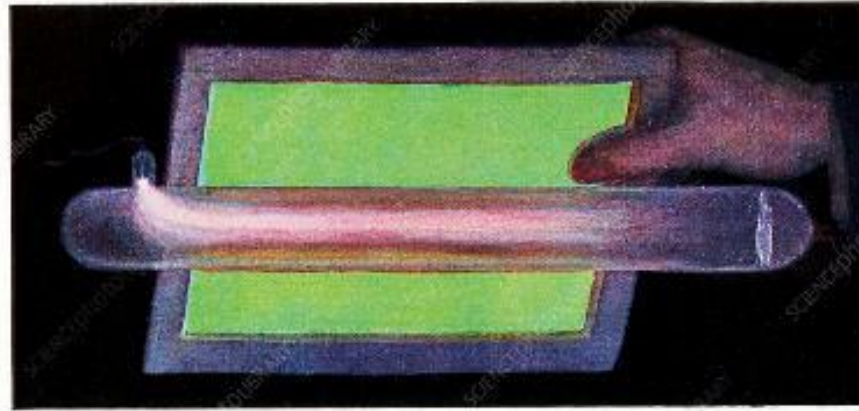
Sıradan Bir Fizikçi mi?

- Wilhelm Röntgen 1845'te Almanya'da doğdu, bilim yolculuğu onu 1888'de Würzburg Üniversitesi'nde profesörlüğe taşıdı.
- O güne kadar çeşitli alanlarda çalışmıştı ama çarpıcı bir buluşu yoktu.
- 1895 yılına geldiğinde 50 yaşındaydı ve katot ışınları üzerinde çalışıyordu.
- Bu çalışmalar, vakum tüpleriyle yapılan deneyler üzerinden yürütülüyordu.



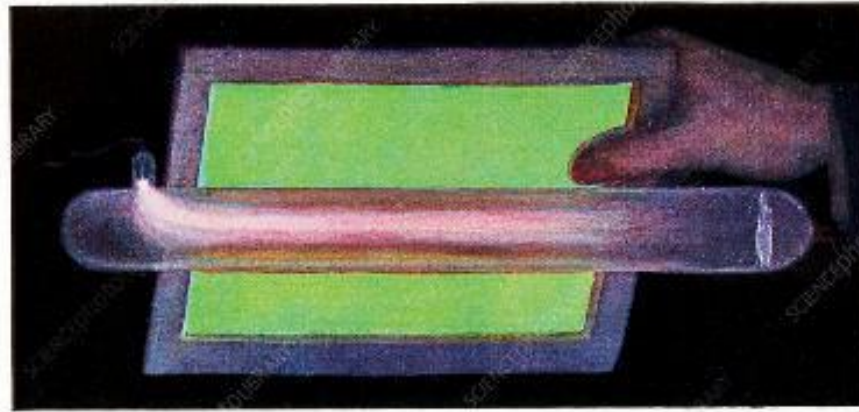
Işığın İzini Sürerken

- Röntgen, ışığın yayılmasını izlemek için siyah kartonla kaplanmış bir vakum tüpü kullandı.
- Katot ışınlarının tespiti için baryum platinosiyanür kaplı floresan ekranlardan yararlanılıyordu.
- Ekran, ışınlarla karşılaştığında yeşilimsi bir parıltı yayıyordu.
- Ama o gün, Röntgen'in ekranı hiç beklenmedik bir anda parladı.



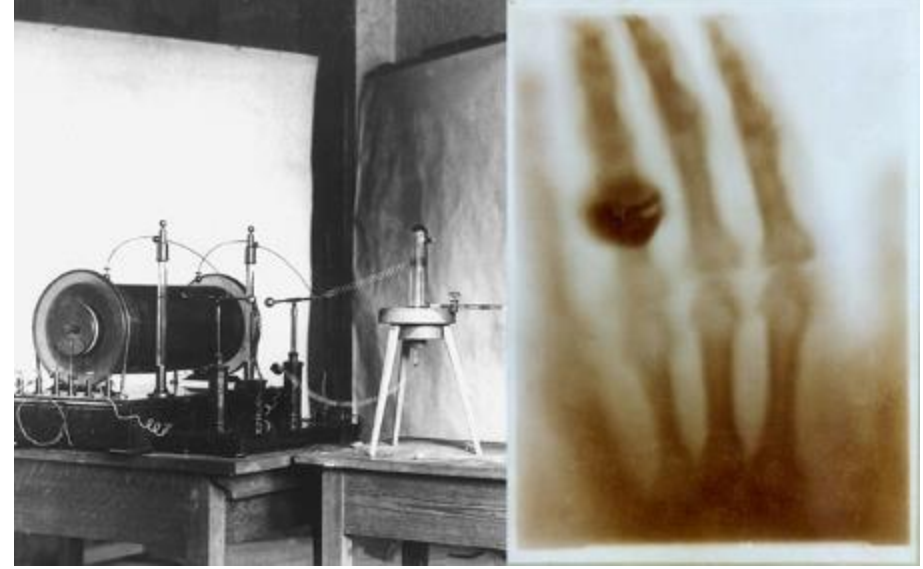
Karanlıkta Parlayan Keşif

- 8 Kasım 1895'te ekran, tüpten oldukça uzakta olmasına rağmen ışık saçtı.
- Bu olay, yeni bir ışın türünün varlığına işaret ediyordu.
- Röntgen, gözlemlerini dikkatle sınıadı; rastlantı olamazdı.
- 28 Aralık'ta keşfini bilim derneğine sundu; fizik dünyası heyecan içindeydi.



İnsan Elinin İçinden Görüntü

- Röntgen, yeni ışınlarla eşinin elini görüntüledi; kemikler ilk kez dışarıdan görülebilmşti.
- Bu görüntü, 1 Ocak 1896'da makalesiyle birlikte dağıtıldı.
- Kısa sürede gazetelerde haber oldu, halkın ilgisi büyüktü.
- 13 Ocak'ta keşfini bizzat İmparator II. Wilhelm'e sundu.



X-ışınları Dünyayı Sarsıyor

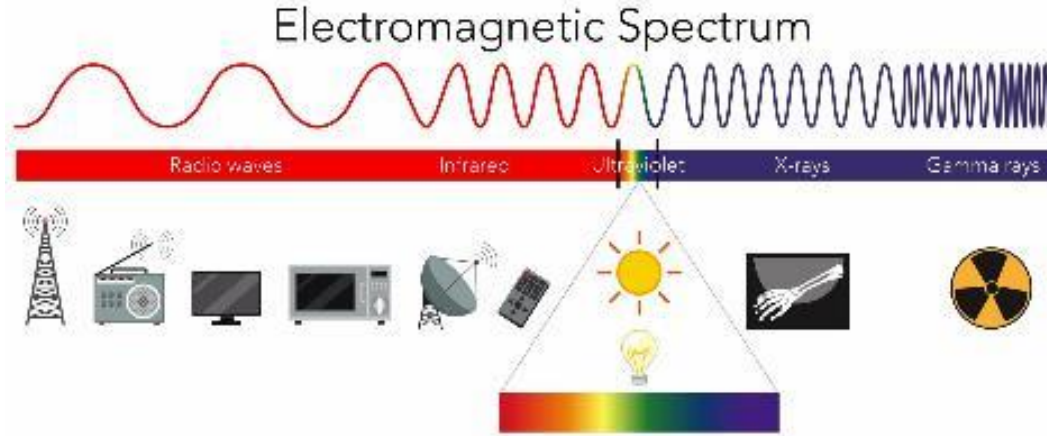
- Makalesi kısa sürede Nature ve Science gibi dergilerde yayımlandı.
- ***Tıbbi alanda hemen kullanılmaya başlandı:*** ilk iç organ görüntüleri alındı.
- Fizikte ise iyonlaşma gibi olguların incelenmesinde çığır açtı.
- 1901'de, fizik alanında verilen ilk Nobel Ödülü'nün sahibi oldu.

X-ışınları Neydi, Gerçekten?

- Işınlarnn katot ışınlarının cama çarptığı noktada oluştuğı anlaşıldı.
- Düz çizgilerle yayılıyor, fotoğraf levhalarını etkiliyor ama alanlardan etkilenmiyorlardı.
- Ancak yansıma ve kırınım göstermemeleri kafa karıştırıyordu.
- Dalga mı, parçacık mı oldukları uzun süre tartışma konusu kaldı.

Sonradan Anlaşılan Gerçekler

- 1910'dan sonra X-ışınlarının çok kısa dalga boyuna sahip elektromanyetik dalgalar olduğu anlaşıldı.
- Uygun yüzeylerde yansıyor ve kırınımına uğruyorlardı.
- Bu bilgiler, atom fiziğinde yeni keşiflerin önünü açtı.
- Röntgen ise bu konuya bir daha dönmedi; ama mirası silinmedi.



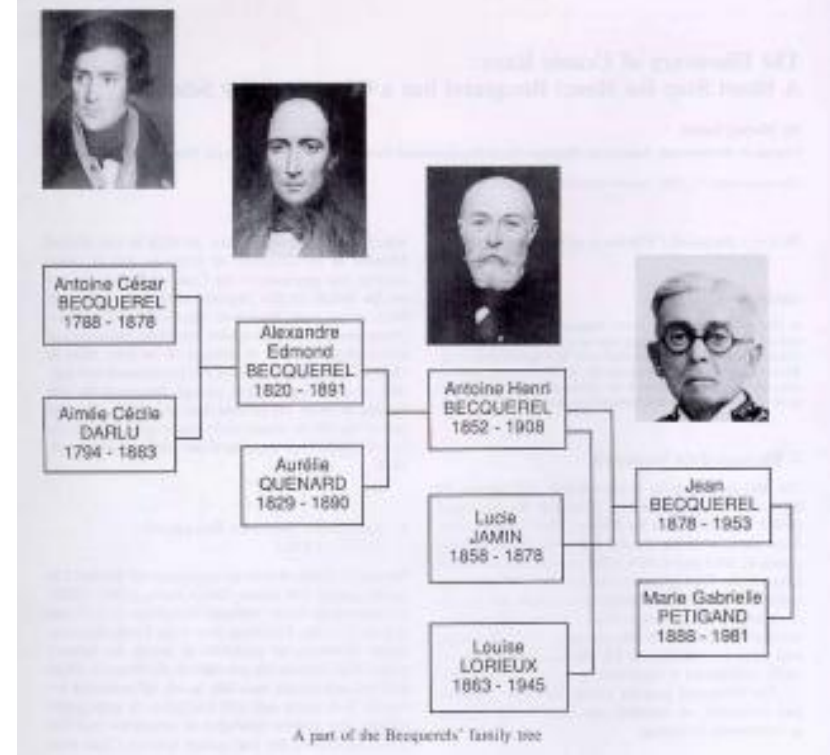
Işık, Aşk ve El Pozu

- Röntgen'in makalesinde yer verdiği o ünlü X-ışını fotoğrafı eşinin eline aitti.
- Fotoğrafta yüzük net biçimde seçiliyordu — romantik bir bilimsel ikon!
- Bu detay, hem bilim dünyasında hem halkta büyük yankı uyandırdı.
- Kim bilir, belki de ilk “X-ray aşk pozu” ona aitti. 😊



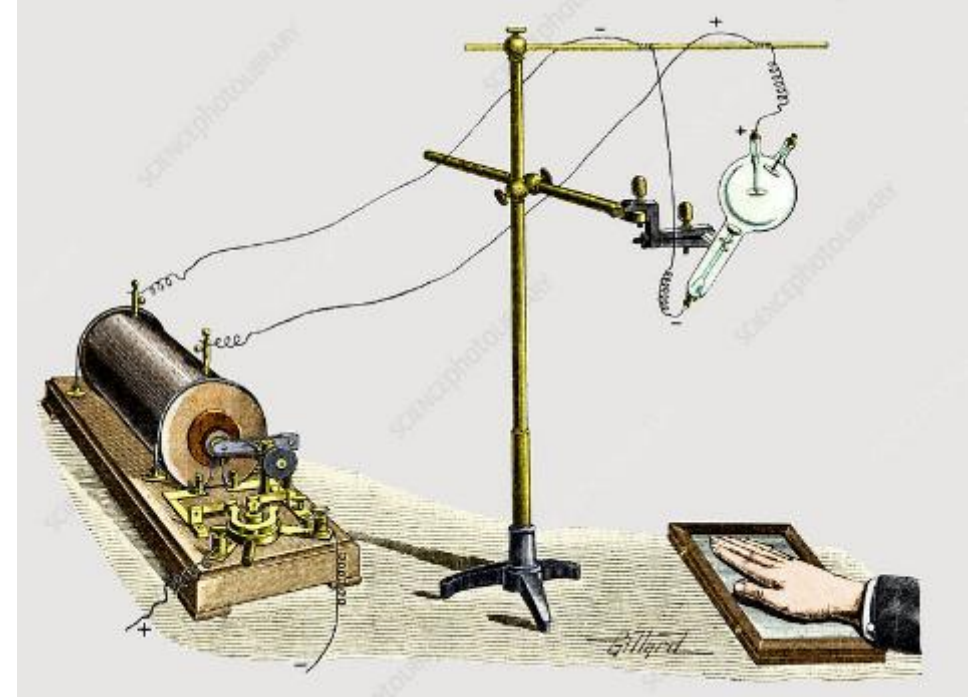
Becquerel Ailesi: Kuşaktan Kuşağa Fizik

- Bilimsel merak, Becquerel ailesinde bir gelenektir.
- Antoine Becquerel, ışıldayan maddeler üzerine öncü çalışmalara imza attı.
- Oğlu Edmond, fosforlu katılarla ilgili araştırmaları sürdürdü.
- Ailenin üçüncü kuşağı Henri Becquerel, fizik bayrağını devraldı.



Henri Becquerel ve X-Işınları Heyecanı

- 1896'da Henri, X-ışınlarının keşfinden ilhamla deneylere girişti.
- Fosforlu tuzları güneş ışığıyla “yükleyip” fotoğraf levhalarıyla test etti.
- *Bazı levhalarda metal şekillerin izi belirdi:* ışığın etkisi vardı.
- X-ışınları gibi bir etki ortaya çıkmıştı ama hikâye burada bitmiyordu.



Büyük Tesadüf: Bulutlu Gün ve Yeni Bir Keşif

- Paris'te güneşsiz bir gün, deney sürecini etkiledi.
- Güneş ışığı olmadan da fotoğraf levhalarında iz oluştu.
- Uranyumlu tuzlar, ışık almadan da enerji yayıyordu.
- Bu olağanüstü durum, enerjinin korunumu yasasını zorluyordu!

Becquerel'in Mirası ve Curie'lerin Devralışı

- Becquerel, ışımayı yüklü parçacıklara bağladı ama ilgisi kısa sürdü.
- Detaylı araştırmalar Marie ve Pierre Curie tarafından yapıldı.
- 1903'te üçü birden Nobel Fizik Ödülü'nü paylaştı.
- Radyoaktivitenin esas hikâyesi işte şimdi başlıyordu...



Marie Curie: Bilimin Yıldız Kadını

- Marie, Polonya'dan Paris'e zorlu bir yolculukla geldi.
- Üniversite yıllarında yoksullukla mücadele etti.
- Pierre Curie ile tanışması bilimsel bir ortaklığı başlattı.
- Doktorasına 1897'de, anne olduktan sonra başlayabildi.



Cam Tavanları Delen Bilim Kadını

- Marie Curie, Avrupa'da doktora yapan ilk kadınlardan biri oldu.
- Ana laboratuvarlara alınmıyordu; “dikkat dağıtıcı” bulunuyordu.
- Tüm zorluklara rağmen bilimsel yolunu kendi kazıdı.
- 1903'te fizik, 1911'de kimya Nobel ödülleriyle taçlandı.

☕ ‘Cazibeli Bilim Kadını’ Endişesi

- *Marie Curie'nin laboratuvara alınmamasının sebebi:* “erkek araştırmacıların dikkatinin dağılması” korkusuydu!
- Bilim dünyasında bu gerekçeyle dışlanan ilk ama ne yazık ki son kadın değildi.
- Erkek egemen akademi, zamanla Curie'nin başarıları karşısında susmak zorunda kaldı.
- Hem bilim yaptı hem de bilimin görünmeyen duvarlarını yıktı.

Curie'lerin Olağanüstü Keşfi

- 1898'de Marie Curie, pitchblendenin uranyumdan daha radyoaktif olduğunu fark etti.
- Bu, daha önce bilinmeyen başka bir elementin varlığına işaretledi.
- Keşfin etkisiyle Pierre Curie kendi çalışmalarını bırakarak Marie'ye katıldı.
- Uzun çalışmalar sonunda polonyum ve radyum adlı iki yeni element keşfedildi.



Tonlarca Taştan Bir Gramlık Zafer

- Radyumun kimyasal olarak ayrıştırılması 1902'ye kadar sürdü.
- Yalnızca bir gramın onda biri kadar radyum elde edilebildi.
- Polonyum'un adı, Marie'nin anavatanı Polonya'ya yapılan politik bir selamdı.
- 1903'te Marie'nin doktorası kabul edildi ve ilk Nobel Ödülü'nü aldı.



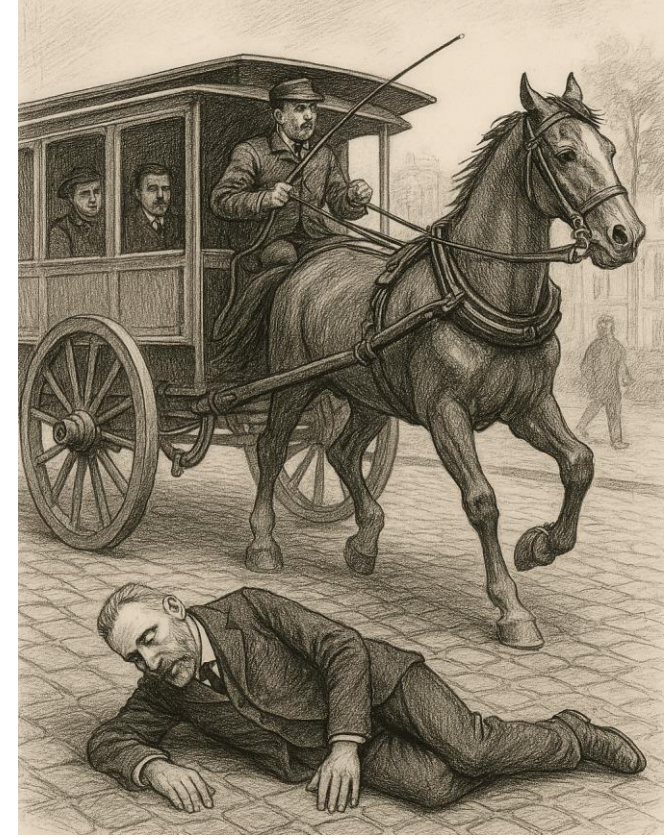
Radyumun Gücü ve Gizemi

- Pierre Curie, 1 gram radyumun büyük miktarda ısı enerjisi yaydığını gösterdi.
- Radyum tekrar tekrar suyu kaynatabiliyordu; enerji bitmek bilmiyordu.
- Bu durum, enerjinin korunumu yasasına bir meydan okumaydı.
- Keşifler, Curie çiftinin ününü dünya çapında artırdı.



Talihsiz Bir Veda

- Pierre Curie 1906'da Paris'te karşıdan karşıya geçerken bir atlı vagonun altında kaldı.
- Ayağının takılması, muhtemelen radyasyona bağlı baş dönmesindendi.
- Radyasyon, ilk kurbanını belki de daha Curie'ler farkına varmadan almıştı.
- Marie, 1934'te lösemi nedeniyle hayatını kaybetti.

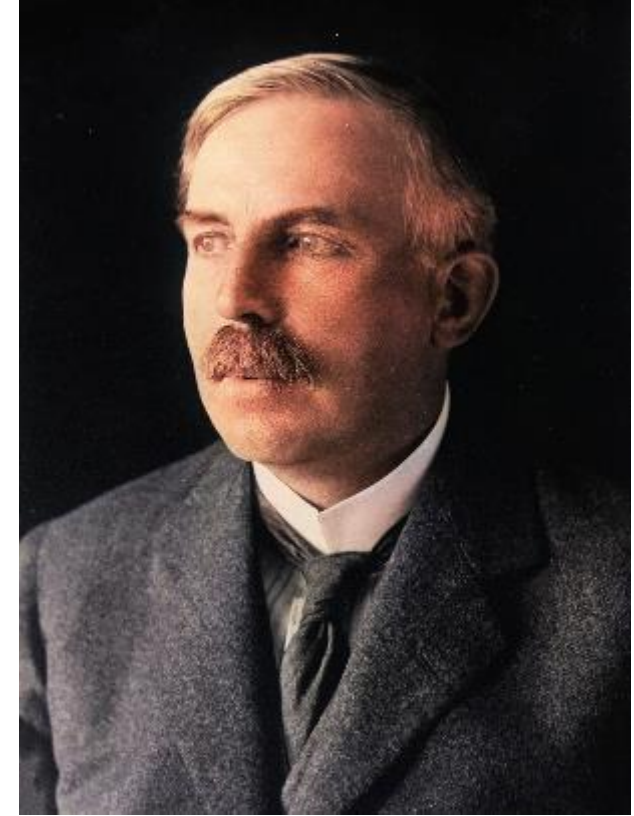


Radyumun Mirası

- Curie'lerin laboratuvar notları hâlâ yoğun şekilde radyoaktiftir.
- Bu belgeler kurşun kaplı kasalarda saklanmakta, erişim sınırlıdır.
- Radyasyonun etkileri o dönemde anlaşılamasa da bugün büyük ciddiyetle ele alınıyor.
- Marie Curie bilimin ötesinde bir cesaret ve adanmışlık simgesi oldu.

Rutherford'un Yeni Zelanda'dan Yükselişİ

- Ernest Rutherford 1871'de Yeni Zelanda'da doğdu, büyük bir ailenin çocuğuydu.
- Çocukluğu kırsal alanda geçti; ailesi öncü yerleşimcilerdi.
- Eğitimine kısıt kaynaklarla ama büyük kararlılıkla devam etti.
- Lisans ve yüksek lisans derecelerini Christchurch'teki Canterbury College'dan aldı.



Bilim İçin Doğru Zaman, Doğru Yer

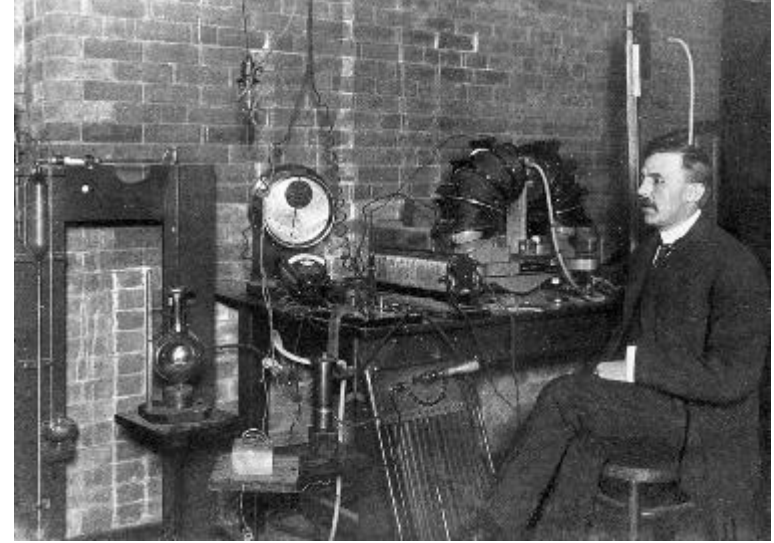
- Rutherford, 1895'te 1851 Fuarı Bursu'nu alarak Cambridge'e gitti.
- Cavendish Laboratuvarı'na dışarıdan kabul edilen ilk araştırmacı oldu.
- X-ışınlarının keşfine ve elektronun tanımlanmasına tanıklık etti.
- O, hem doğru zamanda doğru yerdeydi hem de sabırsız bir bilim tutkunu.

Şans Kapıyı Radyoyla Çaldı

- Rutherford, 1894'te öğretmenlik yapamazken bir öğretmenin hastalanmasıyla ders vermeye başladı.
- Burs için ilk aday olmasa da diğer aday evlenip işi kabul etmeyince fırsat ona geçti.
- Bilim tarihinde birçok dönüm noktası, böyle rastlantılarla şekillendi.
- Rutherford bu şansını zekasıyla birleştirerek kullandı.

Radyodan Atomun Kalbine

- Rutherford, ilk radyo alıcılarından birini geliştirdi.
- Radyo iletimine dair deneyleri Marconi'ninkiyle eř zamanlıydı.
- O bilimsel yönüyle ilgilenirken Marconi iřin ticaretine yöneldi.
- Rutherford sonrasında atom altı parçacıkların peşine düşerek tarihe geçti.

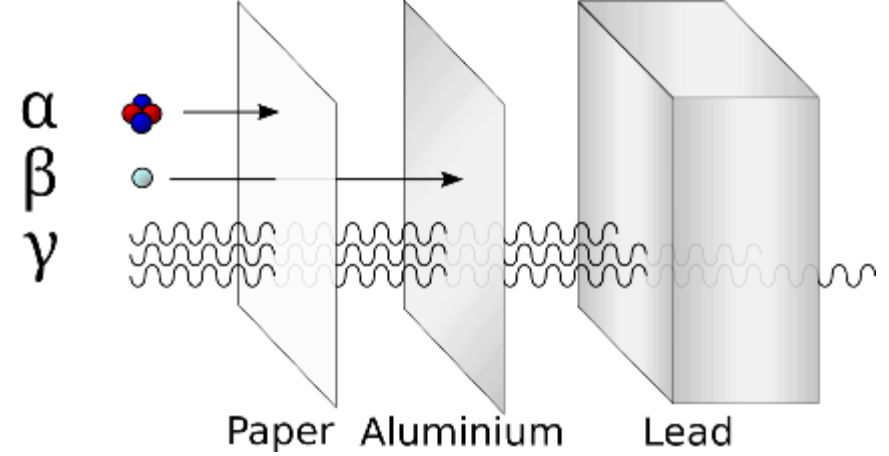


Rutherford'un İlk Işıma Gözlemleri

- 1896'da Rutherford, J. J. Thomson'un yanında X ışınlarıyla çalışıyordu.
- X ışınlarının gazları iyonize etme biçimini araştırıyorlardı.
- Bu ışınların, Maxwell'in kuramına uygun elektromanyetik dalgalar olduğu düşünülüyordu.
- Rutherford'un ilgisi kısa süre sonra Becquerel'in yeni keşfettiği ışımaya kaydı.

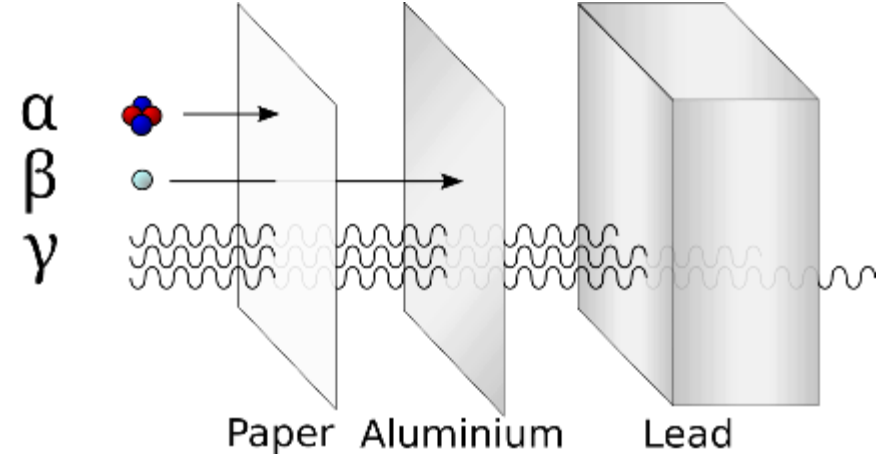
Alfa ve Beta Işınları Ortaya Çıkıyor

- *Rutherford, ışımanın iki bileşenli olduğunu fark etti:* alfa ve beta.
- Alfa ışınları kâğıtla bile durdurulabiliyordu; kısa menzilli idi.
- Beta ışınları ise çok daha nüfuz ediciydi; menzili daha uzundu.
- Bu ayrım, ışımanın doğasına dair ilk büyük adımı temsil etti.



Gama Işını ve Işımanın Tanımlanması

- *1900'de Kanada'dayken Rutherford üçüncü bir ışımayı keşfetti: gama.*
- Alfa ışınları, eksik iki elektronla helyuma eş parçacıklardı (1908'de kanıtlandı).
- Beta ışınları, yüksek enerjili elektronlardan oluşuyordu.
- Gama ışınları ise X ışınlarından bile kısa dalga boyuna sahip elektromanyetik dalgalardı.



Rutherford'un Cambridge'den Ayrılışı: Bürokratik Bir Tuhaflık

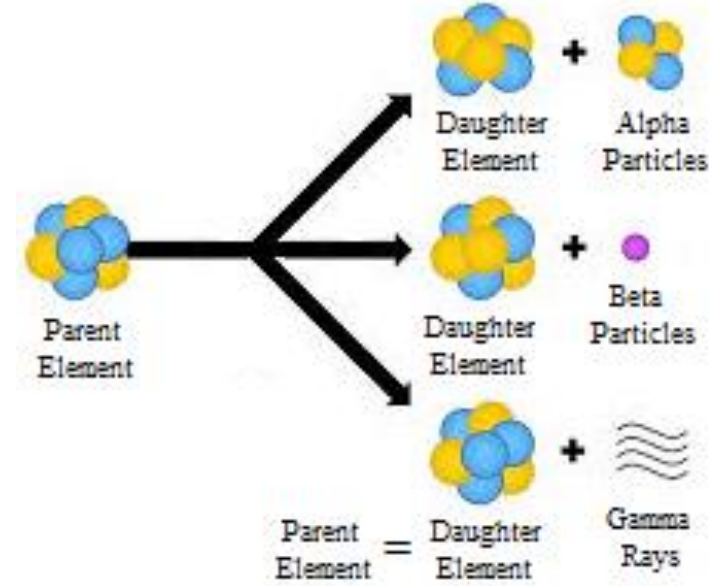
- Rutherford 1851 bursunu kazanmıştı ama bu burs sadece iki yıl geçerliydi.
- Cambridge kuralları ise dört yıl kalmayanlara yeni burs vermiyordu!
- Bir yıl daha destek bulmuş olmasına rağmen üniversiteden ayrılmak zorunda kaldı.
- Ertesi yıl kural değişti ama iş işten geçmişti. (Neyse ki McGill Üniversitesi kapıyı araladı.)

Kanada'da Yeni Bir Başlangıç

- Rutherford, 1898'de 27 yaşındayken McGill Üniversitesi'ne geçti.
- Cambridge'te parlak işler yapmasına rağmen henüz doktorası yoktu.
- O dönemlerde doktorasız akademisyen olmak mümkündü.
- Burada Frederick Soddy ile işbirliği başladı.

Atomlar Değişiyor: Radyoaktif Bozunma

- Rutherford ve Soddy, radyoaktivitenin atomları dönüştürdüğünü keşfetti.
- Alfa ya da beta parçacığı salan bir atom, farklı bir atoma dönüşüyordu.
- Bu süreç, doğada atomların sürekli değiştiğini ortaya koyuyordu.
- Böylece “bozunma” kavramı bilimsel bir temele kavuştu.



Yarı Ömür Kavramı Doğuyor

- Bozunmalar rastgele değil, belli bir orana göre gerçekleşiyordu.
- Rutherford, radyoaktif bir örnekte belli sürede yarı atomun bozulduğunu fark etti.
- Bu süre “yarı ömür” olarak adlandırıldı.
- Radium örneğinde yarı ömür 1602 yıl olarak ölçüldü.

Radyoaktivite ve Enerji Sorunu

- ***Bozunan atomlar enerji yayıyordu:*** bu sanki sonsuz bir kaynak gibiydi.
- Ancak Rutherford bu enerjinin sınırsız olmadığını gösterdi.
- Radyoaktif enerji de tıpkı bir petrol sahası gibi tükenebilirdi.
- Enerji korunumu yasası yine kazanmıştı.

Radyumlu Su Isıtıcısı? (Gerçekten mi?)

- O dönem bazıları radyumla çalışan cihazlar tasarlamayı hayal etti.
- Ancak Rutherford'un analizleri bunun fiziksel olarak sınırlı olduğunu gösterdi.
- Radyum, sadece “çok uzun sürede” tükenen bir kaynak olabilirdi.
- Ama elbette buharlı radyum kettle'lar hiçbir zaman moda olmadı!

Rutherford'un Öngörüsü: Dünya Kaç Yaşında?

- Radyoaktif elementlerin enerjisi, Dünya'nın uzun geçmişini açıklar.
- Rutherford, bu enerjinin Dünya'ya yüz milyonlarca yıl ömür verdiğini ileri sürdü.
- Bu görüş, Arthur Holmes'un Dünya'nın yaşını belirleyen çalışmasının yolunu açtı.
- Yani radyum sadece enerji değil, zamanın da anahtarıydı.

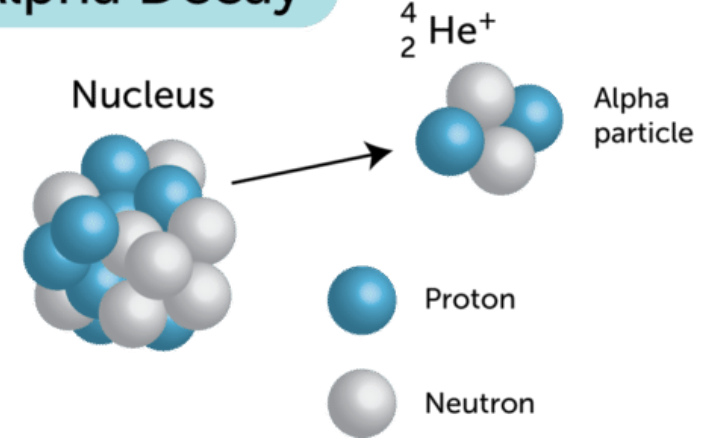
Manchester Dönemi: Bilimle Yeniden Buluşma

- Kanada'daki başarılarına rağmen Rutherford, Avrupa'daki gelişmelerden uzak kalmaktan rahatsızdı.
- Yale'den gelen kârlı teklifi reddetti, Manchester Üniversitesi'ne geçti (1907).
- Burada fizik profesörü olarak bilimsel araştırmalara ağırlık verdi.
- Dönüşüyle birlikte çalışmalar tekrar hız kazandı.

Helyumun Peşinde: Alfa Parçacıkları Tanımlanıyor

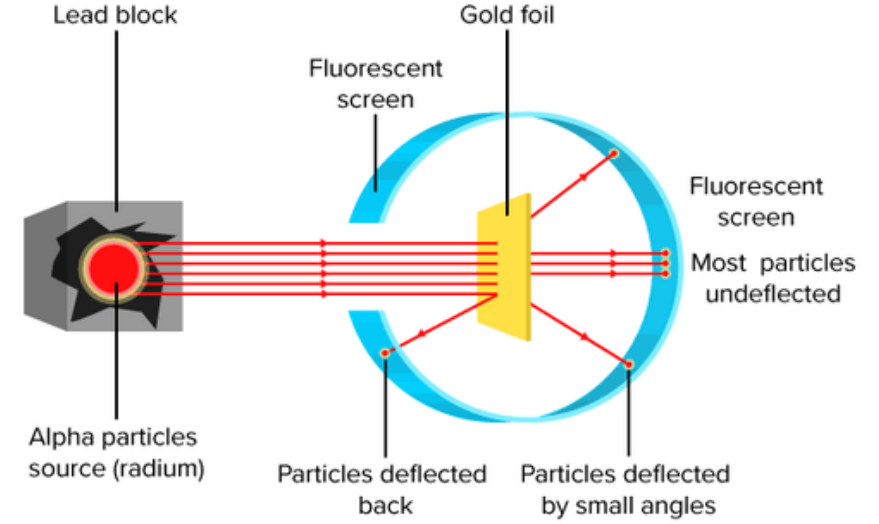
- Rutherford'un ekibi 1908'de alfa parçacıklarının helyum çekirdekleri olduğunu gösterdi.
- Bu keşif, atom altı parçacıkların tanımlanmasında devrim niteliğindeydi.
- Deneyler alfa parçacıklarının iki elektron kaybetmiş helyum atomları olduğunu kanıtladı.
- Fiziğin ne kadar hızlı ilerlediği bu örnekle açıkça görölüyordu.

Alpha Decay



Altın Folyo Deneyi: Atomun Kalbine Yolculuk

- 1909'da Geiger ve Marsden, Rutherford'un gözetiminde altın folyo deneyini yaptı.
- Alfa parçacıkları ince altın folyoya gönderildi ve saçılmaları gözlemlendi.
- Bazıları geri sekmmişti – atomun büyük kısmı boşluk olmalıydı!
- Bu, atom çekirdeği kavramına giden yolu açtı.



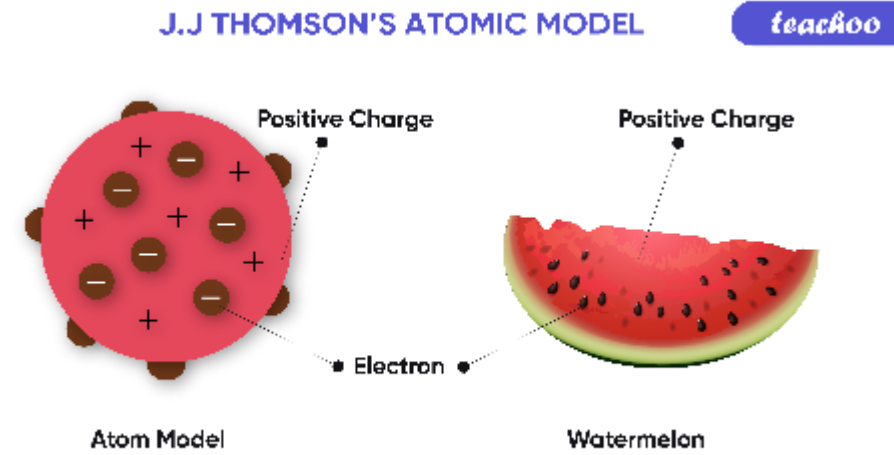
Asıl Kahramanlar: Geiger ve Marsden

- Deneyi meşhur eden Rutherford olsa da uygulamada Geiger ve Marsden öne çıktı.
- Hans Geiger, sonradan kendi adıyla anılan dedektörü de geliştirdi.
- Marsden ise deneydeki gözlemleriyle dikkat çekti.
- Bilim bazen perde arkasındaki kahramanlarla ilerler.



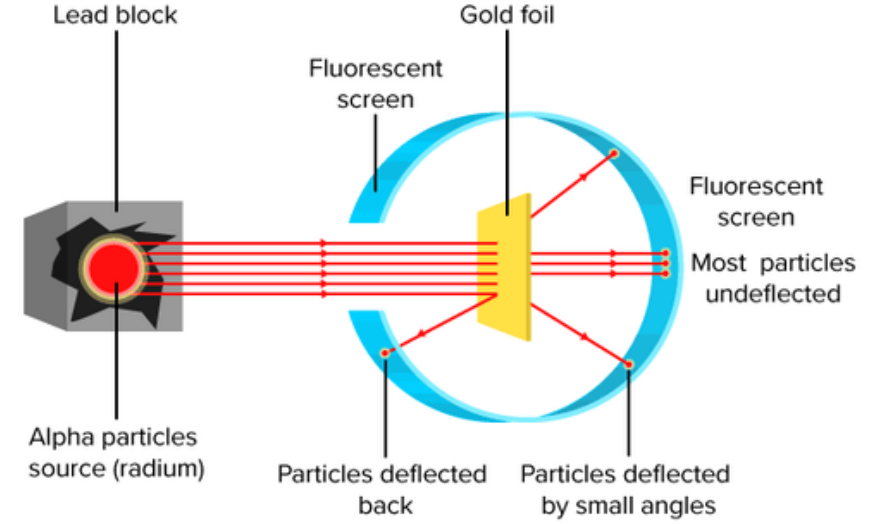
Thomson'un Karpuz Modeli

- 20. yüzyıl başında en yaygın kabul gören atom modeli Thomson'a aitti.
- Bu modele göre, negatif yüklü elektronlar pozitif yüklü bir kürenin içine gömülmüştü.
- *Model, “karpuz modeli” olarak da anılır:* elektronlar karpuz çekirdeği gibi dağılmıştır.
- Ancak Rutherford'un deneyleri bu modelin doğru olamayacağını gösterdi.



Altın Folyoya Ateş!

- Rutherford ve ekibi, alfa parçacıklarını ince altın bir folyoya gönderdi.
- Çoğu parçacık düz geçti, bazıları az saparken, çok azı geriye sekti.
- Bu, atomda küçük ama yoğun bir pozitif merkez olduğunu düşündürdü.
- Alfa parçacıkları sadece bu yoğun merkezle çarpışınca geri dönebiliyordu.

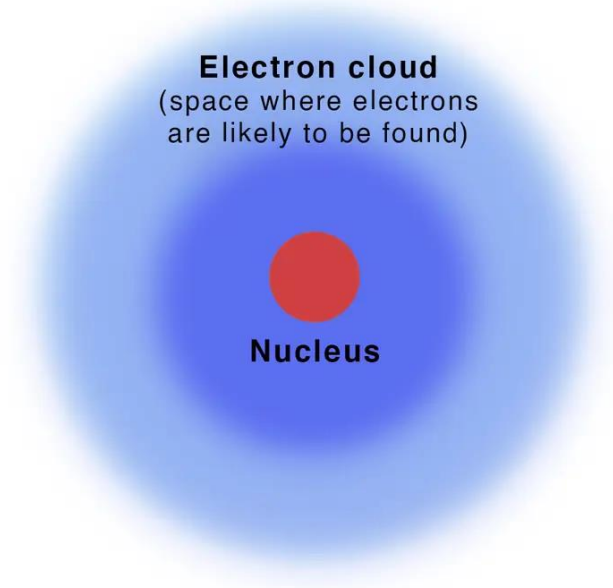


Çekirdeğin Doğuşu

- Rutherford, atomun merkezinde pozitif yüklü küçük bir çekirdek olduğunu öne sürdü.
- Elektronlar bu çekirdeğin çevresinde bulut gibi dağılmıştı.
- 1912’de bu merkeze ilk kez “çekirdek” adını verdi.
- Elektronlar çok hafif oldukları için alfa parçacıklarını saptıramazdı.

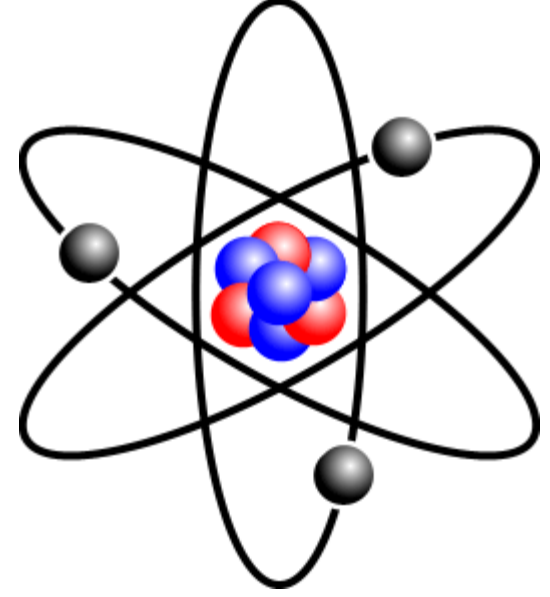
Electron Cloud

ScienceFacts.net



Bir Kum Tanesi ve Carnegie Hall

- Çekirdeğin çapı, tüm atom çapının yaklaşık yüz binde biridir.
- Bu oran, bir kum tanesinin Carnegie Hall içinde olması gibidir.
- Atomun büyük kısmı aslında boşluktur.
- Bu boşluk, artı ve eksi yüklerin oluşturduğu elektromanyetik kuvvetlerle doludur.

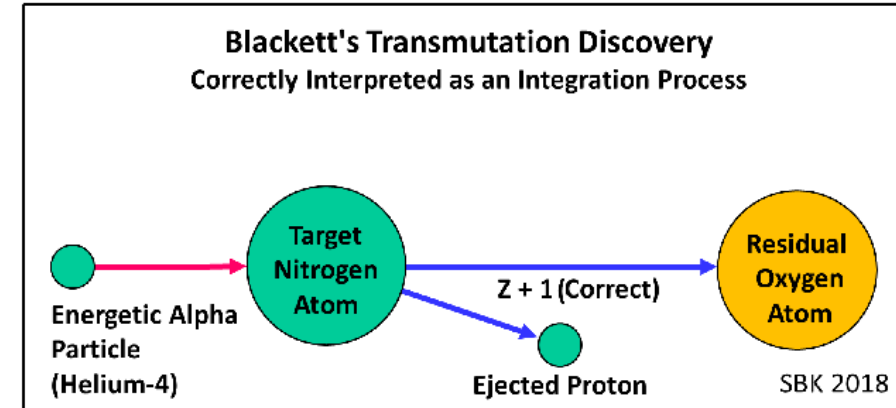
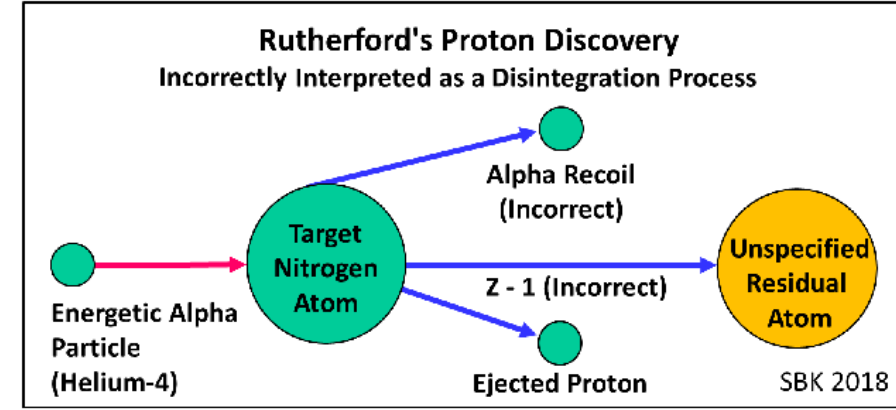


Rutherford'un Hayatına Kısa Bakış

- Rutherford, sonrasında Cavendish Laboratuvarı'nın başına geçti (1919).
- I. Dünya Savaşı'nda sonar teknolojisinin öncüsü olan çalışmalarda bulundu.
- 1937'deki vefatına kadar pek çok fizikçiye yol gösterdi.
- 1914'te şövalye ilan edildi, 1931'de Baron Rutherford unvanını aldı.

Yapay Element Dönüşümü

- 1919'da, azot atomuna alfa parçacıkları göndererek bir proton çıkmasını sağladı.
- Bu, bir elementin başka bir elemente yapay dönüşümünün ilk örneğiydi.
- Atomun çekirdeğinde değişim olduğu açıktı – bu, çekirdek fiziğinin başlangıcıydı.
- Proton kavramını ilk kez Rutherford 1920 yılında kullandı.

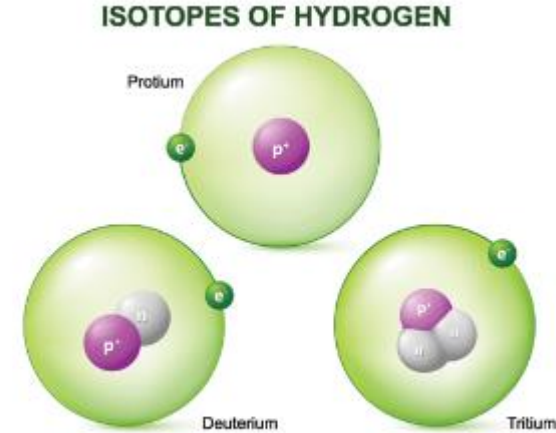


Proton Yağmuru

- 1920–1924 arası Chadwick ile çalışarak hafif elementlerin proton yaydığını gösterdi.
- Bu deneyler, atomun iç yapısına dair güçlü kanıtlar sundu.
- Rutherford, bu alanda ikinci bir Nobel ödülünü hak edecek işler yaptı.
- Sonraki fizikçi kuşakları üzerinde büyük bir etki bıraktı.

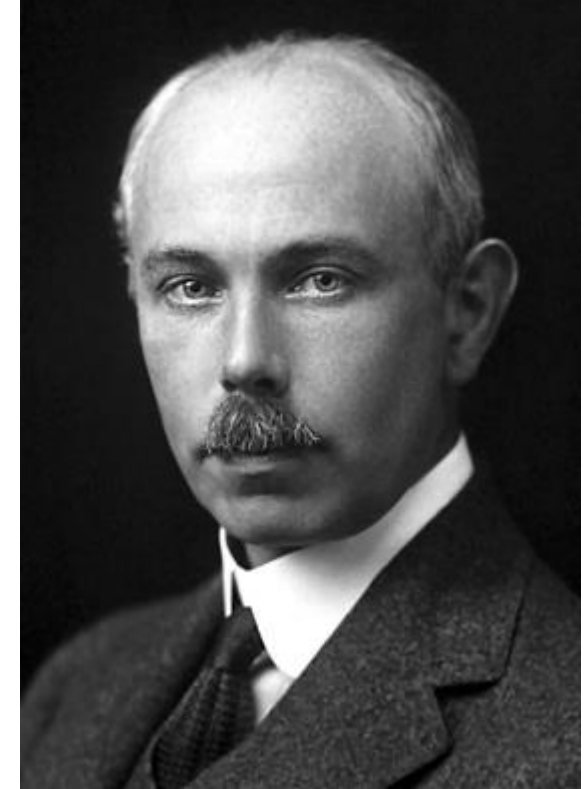
İzotopların Keşfi: Kimya Karışıyor

- 1911'de Soddy, kimyasal olarak aynı ama farklı ağırlıktaki atomların varlığını öne sürdü.
- 1913'te bu türlere "izotop" adını verdi.
- Bu durum, periyodik tabloda Mendeleyev'in yaptığı bazı düzenlemeleri de açıklıyordu.
- Farklı izotoplar, atomun aynı "davrandığını" ama farklı "ağırlıkta" olabildiğini gösterdi.



Aston ve Kütle Tayini

- Francis Aston, izotopların varlığını deneysel olarak doğrulayan kişiydi.
- Pozitif yüklü iyonların elektrik ve manyetik alanlarda nasıl saptığını inceledi.
- Bu sapmalardan yola çıkarak iyonların kütlelerini ölçtü.
- Bu teknik, kütle spektrografisinin temelini attı.



İzotopların Nobel Ödülü Hikâyesi

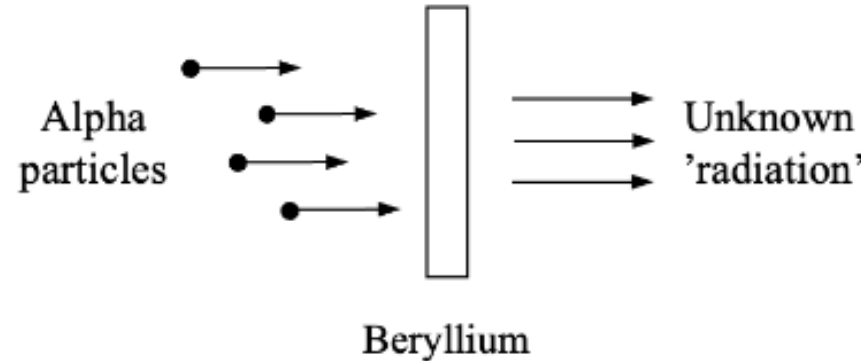
- Aston, 1922'de kimya Nobel'ini aldı.
- Soddy ise bir yıl önce, 1921'de aynı ödüle layık görülmüştü.
- İzotopların keşfi, atom fikrine hâlâ şüpheyile bakanlara güçlü bir yanıt oldu.
- 1920'lere gelindiğinde, artık atomlarla doğrudan yapılan deneyler sıradan hale gelmişti.

“Atomlar Gerçek mi?” Tartışması

- 1900’lerin başında bile bazı bilim insanları atomların gerçekliğine inanmıyordu.
- Einstein’ın istatistiksel kanıtlarına rağmen bu direnç sürdü.
- Ama Rutherford ve Aston gibileri, bu tereddütleri tarihe gömdü.
- Atomlar artık sadece düşünsel değil, ölçülebilir varlıklardı.

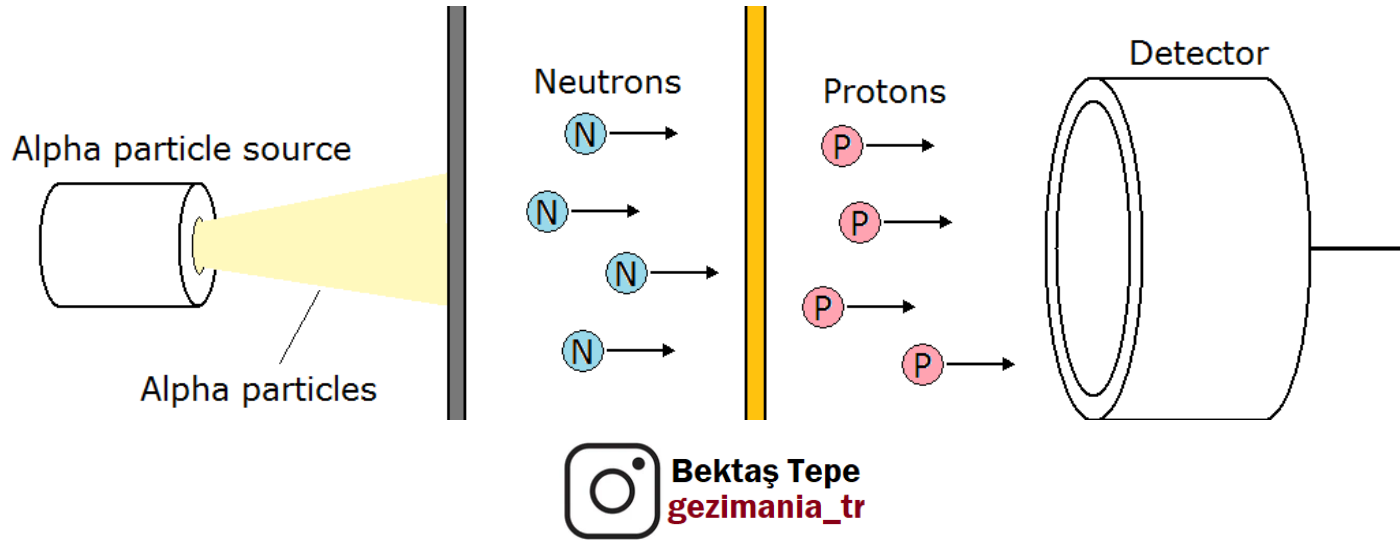
Nötronun İzinde: Bir Keşfin Ayak Sesleri

- 1930'da Bothe, berilyum üzerine alfa parçacıkları gönderdiğinde yeni bir ışınım türü keşfetti.
- Joliot-Curie çifti bu ışınımın parafinden protonları fırlatabildiğini gözlemledi.
- Işınımın gama değil, nötron gibi yüksüz bir parçacık olabileceği şüphesi doğdu.
- Chadwick, deneyleri geliştirerek bu yeni parçacığın nötron olduğunu gösterdi.



Nötron Sahneye Çıkıyor

- Chadwick, nötronun protondan biraz daha ağır olduğunu belirledi.
- Nötronun keşfi, atom çekirdeğinin yapısının anlaşılmasında büyük bir sıçrama yarattı.
- 1932'de bu çalışma tamamlandı, 1935'te Chadwick'e Nobel Fizik Ödülü kazandırdı.
- Bu keşifle atomun temel parçaları neredeyse tamamlanmış oldu.



Nötronun Adı: Rutherford'un Hayalinden Gerçeğe

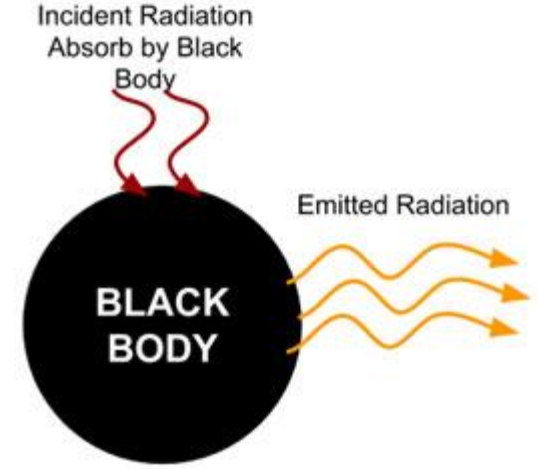
- Rutherford, 1920 gibi erken bir tarihte "nötron" terimini ortaya atmıştı.
- Bu terim, bir proton ve elektronun birleşiminden oluşan hayali bir parçacık içindi.
- Chadwick'in başarısı, bu eski fikrin yeniden canlanmasıyla mümkün oldu.
- Böylece, atomun çekirdeği içindeki gizemli yapı biraz daha netleşti.

Paris'ten Gelen İlham

- Chadwick'in deneylerini hızla tamamlamasında Paris'ten gelen haberlerin rolü büyüktü.
- Joliot-Curie'lerin açıklaması, Cavendish laboratuvarında adeta bir kıvılcım etkisi yarattı.
- Bilimsel rekabet, bazen yarışı kazandıran son itkiyi sağlayabilir.
- “Bir keşif bazen sadece doğru zamanda duyulan doğru haberle mümkündür.”

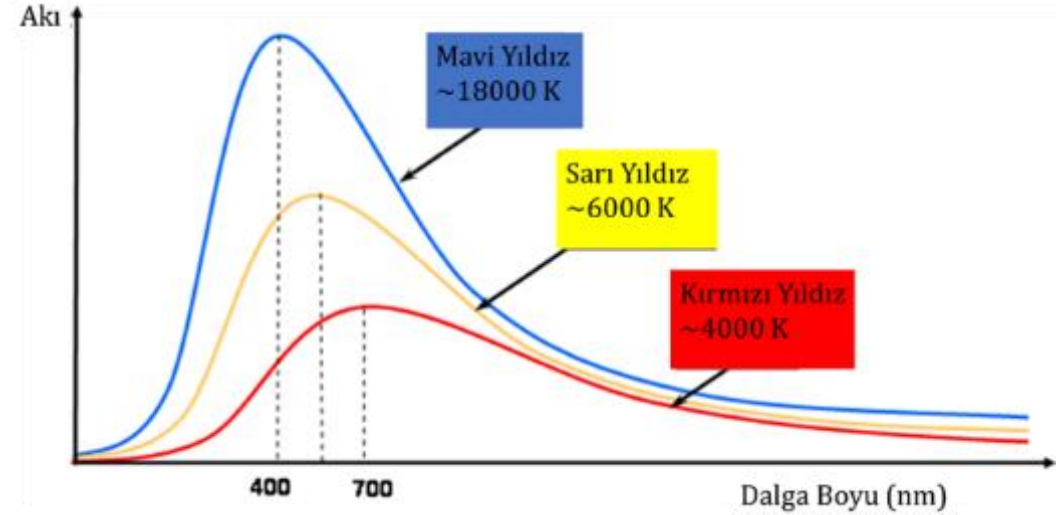
Kara Cisim Işıması: Sıcaklığın Işığa Dönüşümü

- Kara cisim, tüm ışıınımı soğuran ve yalnızca sıcaklığına bağlı ışıma yapan ideal bir cisimdir.
- Isıtılmış kapalı bir kutudaki ışıınım, küçük bir delikten çıkarken "kara cisim" özelliği gösterir.
- Bu ışıınım türü, fizikçiler için doğayı anlamada eşsiz bir laboratuvar sağlar.
- *Işımanın dalga boyu, cismin sıcaklığına göre değişir:* renk ile sıcaklık bağlantılıdır.



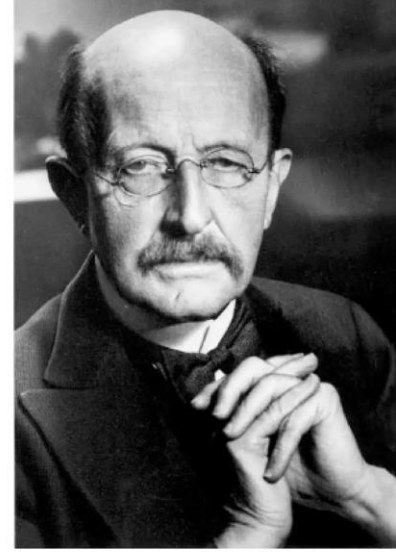
Kara Cisim Işıması: Gözle Görünen Evrensel İpucu

- Kırmızı ışıma daha düşük sıcaklık, maviye kayan ışıma daha yüksek sıcaklık anlamına gelir.
- Bu özellik, yıldızların yüzey sıcaklıklarının ölçülmesinde kritik bir araçtır.
- 19. yüzyıl boyunca pek çok fizikçi kara cisim tayfını doğru betimlemeye çalıştı.
- Ancak deneylerle uyumlu bir model oluşturmak bir türlü başılamadı... ta ki Planck'a kadar.



Max Planck: Hesaplayan Devrimci

- 1900 yılında Max Planck, kara cisim ışımasını açıklayan modeli nihayet oluşturdu.
- *Enerjinin kesikli paketler hâlinde yayıldığını varsaydı:* bu “enerji kuantumları”ydı.
- Bu yaklaşımda enerji, Planck sabiti h ile belirlenen küçük birimlere bölünüyordu.
- Model başarılıydı ama Planck bile kuantum fikrine fiziksel gerçeklik atfetmemişti.



Max Karl Ernst Ludwig Planck
1858-1947

Quantum energy of photon

$$E = h \nu$$

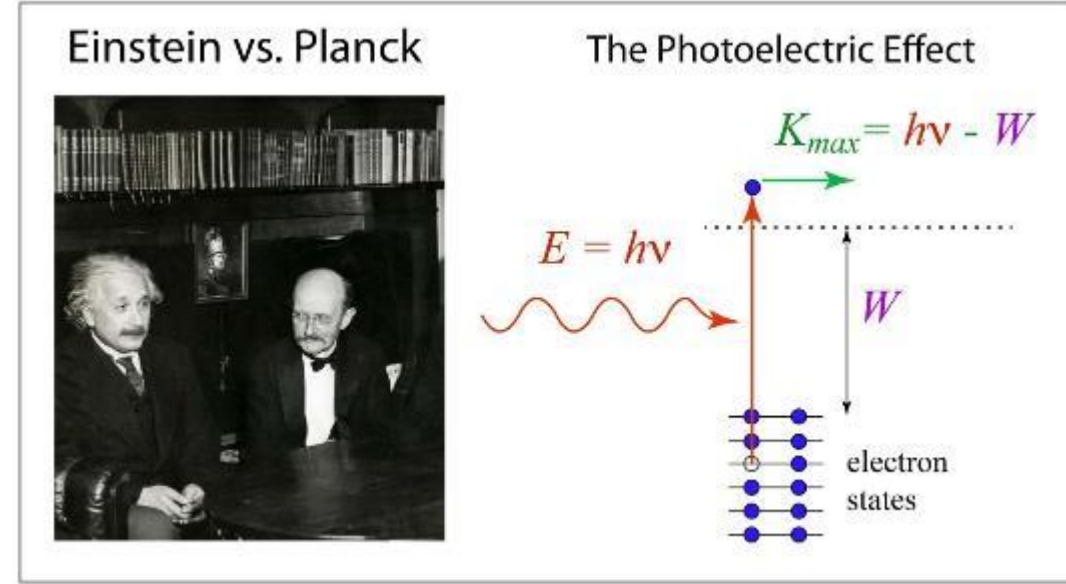
h = Planck's constant
= 6.626×10^{-34} Jsec

ν : frequency of radiation



Kuantum Devriminin Sessiz Başlangıcı

- Planck'ın buluşu, 14 Aralık 1900'de Berlin'de duyuruldu.
- Bu tarih, sonradan kuantum devriminin başlangıcı olarak anıldı.
- Ancak Planck ve çağdaşları bu “enerji parçacıklarını” geçici bir araç olarak görüyordu.
- Gerçek devrim, beş yıl sonra Einstein'ın katkısıyla başladı.

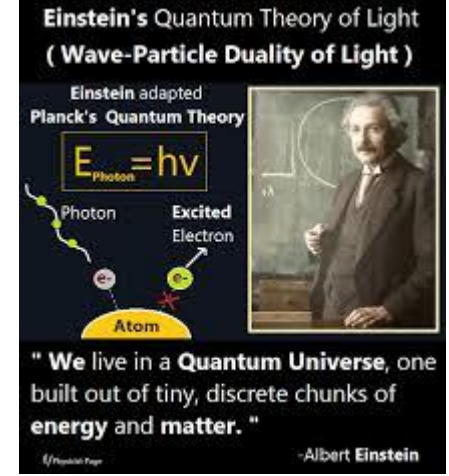


Planck'ın İstemeden Yaktığı Kıvılcım

- Planck, aslında klasik fiziğin sınırlarını aşmak istememişti.
- Kuantum fikri, onun için sadece “geçici bir hesaplama hilesiydi.”
- Oysa modern fiziğin kapısını aralayan tam da bu “hata payı” oldu.
- Bazen bir bilim insanı kendi devrimini bile fark edemez!

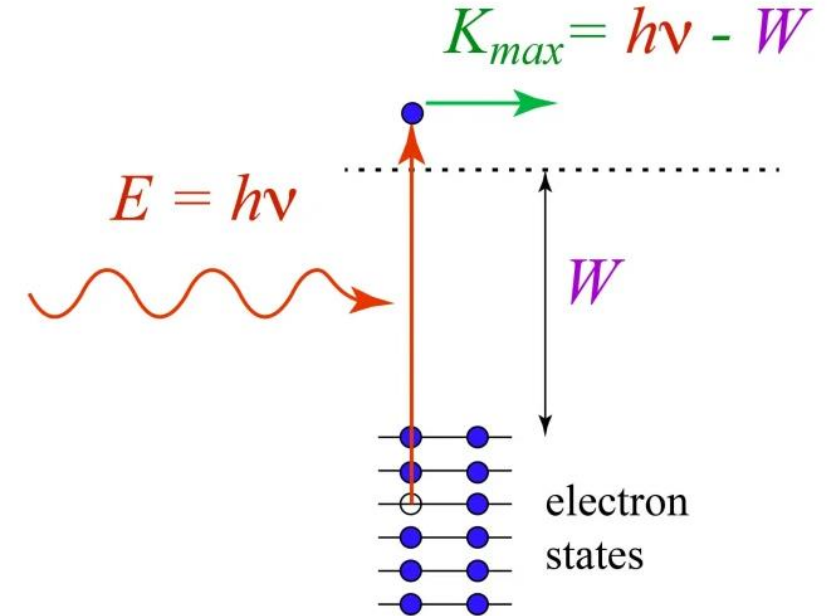
1905: Einstein ve Devrimci Bir Makale

- Einstein, 1905 yılında yayımladığı beş makaleden birini "özellikle devrimci" olarak tanımlamıştı.
- Bu makalede, ışığın parçacıklı bir yapısı olduğunu öne sürerek "ışık kuantası" fikrini ortaya koydu.
- Kullandığı yaklaşım, Planck'tan farklı olarak termodinamiğin olasılıkçı bir yorumuna dayanıyordu.
- Einstein, ışığın enerji paketçiklerinden (kuantalar) oluştuğunu ve bunların ayrı ayrı hareket ettiğini ileri sürdü.



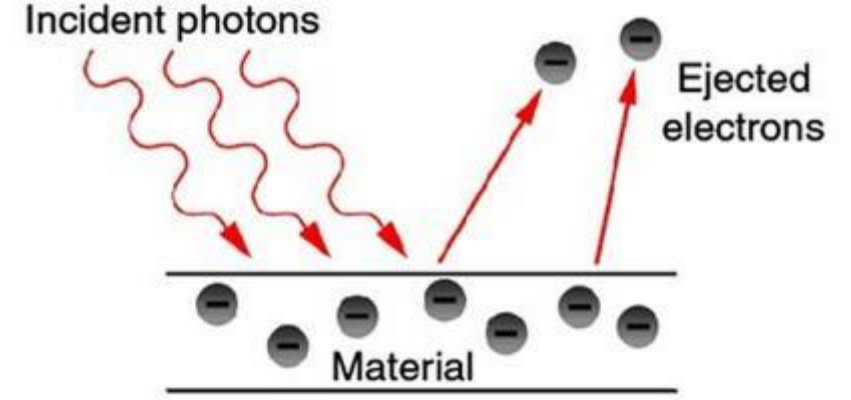
Işık Kuantumu Fikri Neye Dayanıyordu?

- Einstein, bir atomun elektromanyetik ışınlamı ancak belirli enerji paketleri ($h\nu$) halinde yaydığını savundu.
- Buradaki " ν ", ışığın frekansını gösterir; enerji ise bu frekansla doğru orantılıdır.
- Bu fikir, ışığın sürekli bir enerji dalgası olduğu klasik modele aykırıydı.
- Einstein'a göre enerji, yalnızca tam kuantumlar halinde alınabilir ya da verilebilir.



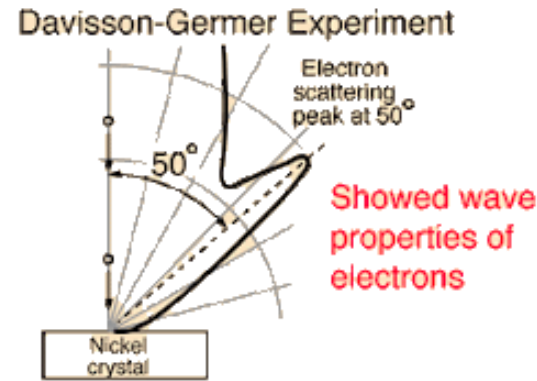
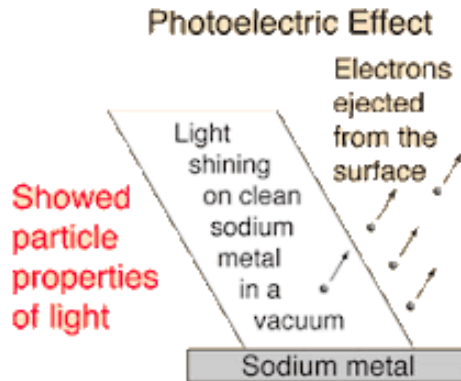
Fotoelektrik Etki: Yeni Bir Açıklama

- Einstein, ışığın metal yüzeyden elektron koparmasını açıklamak için kuantum fikrini kullandı.
- Lenard, ışığın parlaklığının değil dalga boyunun belirleyici olduğunu deneysel olarak göstermişti.
- Einstein, bu etkiyi, ışığın bağımsız enerji paketçiklerinden oluştuğu varsayımıyla açıkladı.
- Böylece her bir foton, bir elektrona sabit bir enerji verir; sonuçta kopan elektronların enerjisi hep aynıdır.



Dalga mı Parçacık mı?

- Işık, kimi deneylerde (çift yarık gibi) dalga gibi, kimilerindeyse (fotoelektrik etki) parçacık gibi davranır.
- Bu ikili doğa, klasik fiziğin açıklayamadığı bir çelişki ortaya koyuyordu.
- Einstein, ışığın parçacık karakterini cesurca savunmasına rağmen, bu fikir uzun süre kabul görmedi.
- Fizikte devrimsel bir değişim başlamıştı ama herkes henüz ikna olmamıştı.



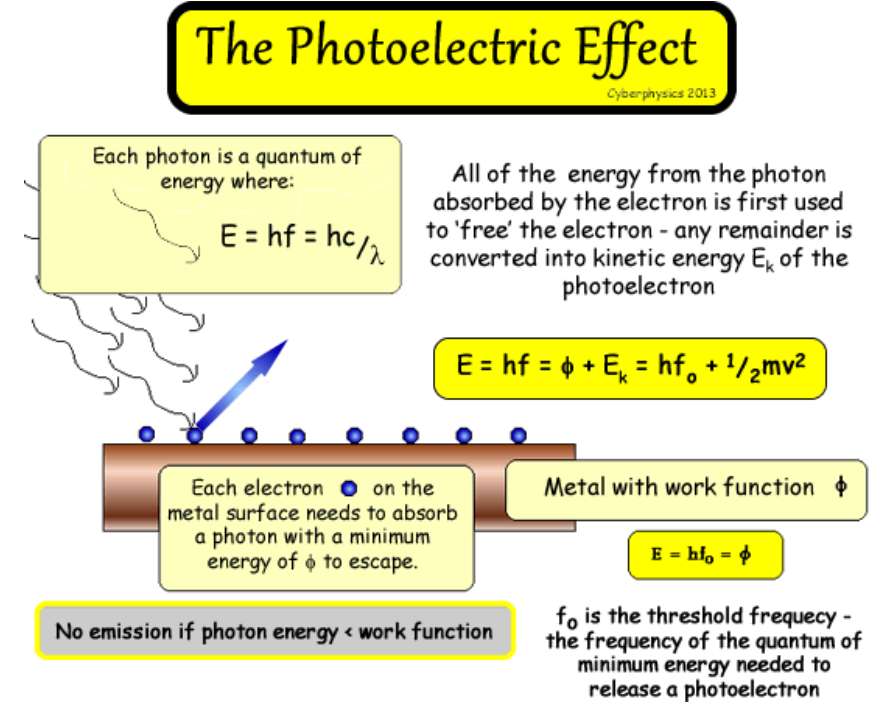
💡 Küçük Bir Direniş Hikâyesi

- Amerikalı fizikçi Robert Millikan, Einstein'ın yorumunu “tam anlamıyla saçmalık” bulmuştu.
- 10 yıl boyunca yaptığı titiz deneylerle Einstein'ı çürütmeye çalıştı.
- **Sonuç?** İstemedi Einstein'ı doğruladı ve Planck sabitini çok hassas bir biçimde ölçtü.
- **Sonradan şöyle dedi:** “Tüm beklentilerime rağmen Einstein'ın denklemine inanmaktan başka çarem kalmadı.”



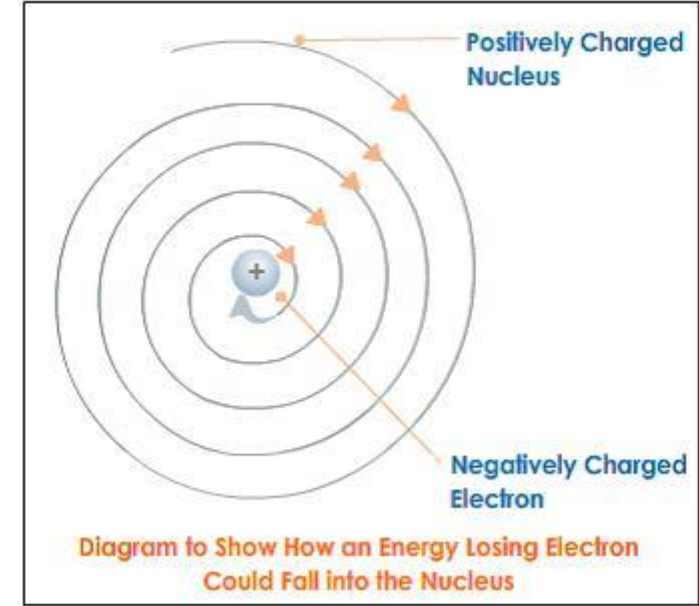
Millikan'ın Deneyleri ve Onayı

- Millikan'ın çalışmaları, Einstein'ın hipotezini deneysel olarak doğruladı.
- Fotoelektrik olayında çıkan elektronların enerjisi gerçekten de ışığın frekansına bağlıydı.
- Bu durum, ışığın parçacıklı yapısına güçlü bir destek sağladı.
- Millikan bu çalışmayla Nobel aldı (1923); Einstein da ertelenmiş 1921 ödülünü 1922'de bu nedenle aldı.



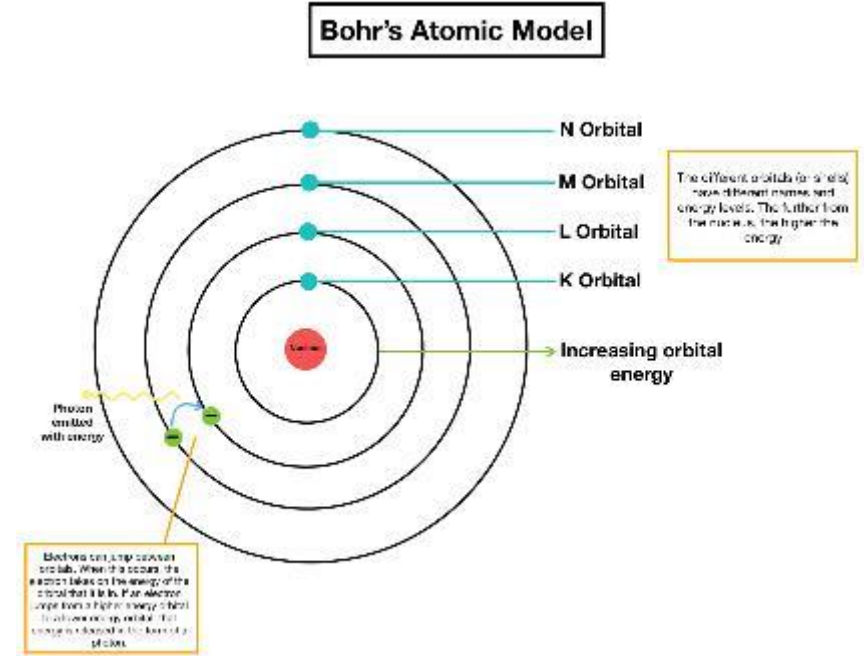
Atomun İkilemi: Neden Çökmez?

- Rutherford'un atom modeli, çekirdek çevresinde dönen elektronları öngörüyordu.
- Ancak klasik fiziğe göre ivmelenen bir yük enerji kaybeder ve çekirdeğe düşmeliydi.
- Yani, bu modele göre atomlar kararsız olmalıydı.
- Ancak evrende işler böyle yürümediği için bu açıklama yetersizdi.



Kuantum Cevap Veriyor: Bohr'un Katkısı

- Danimarkalı fizikçi Niels Bohr, atomların kararlılığını kuantum kuramıyla açıkladı.
- Elektronların sadece belirli enerji düzeylerinde bulunabileceğini öne sürdü.
- Bu düzeyler arasında geçiş yapan elektronlar, enerji farkı kadar foton yayar veya soğurur.
- Bohr'un modeli, kuantum fikrini atom yapısına uygulayan ilk başarılı örnek oldu.



Kopenhag'da Başlayan Bir Bilim Serüveni

- Niels Bohr, 1885'te akademisyen bir ailenin çocuğu olarak Kopenhag'da doğdu.
- Fizik eğitimini burada tamamladı ve 1911 yılında doktorasını aldı.
- Aynı yıl, Cavendish Laboratuvarı'nda J. J. Thomson ile çalışmak üzere İngiltere'ye gitti.
- Ancak Thomson ile bilimsel uyum sağlayamadı; ilgi alanları farklıydı.



Rutherford ile Tanışma: Bilimsel Kimyada Uyumluluk

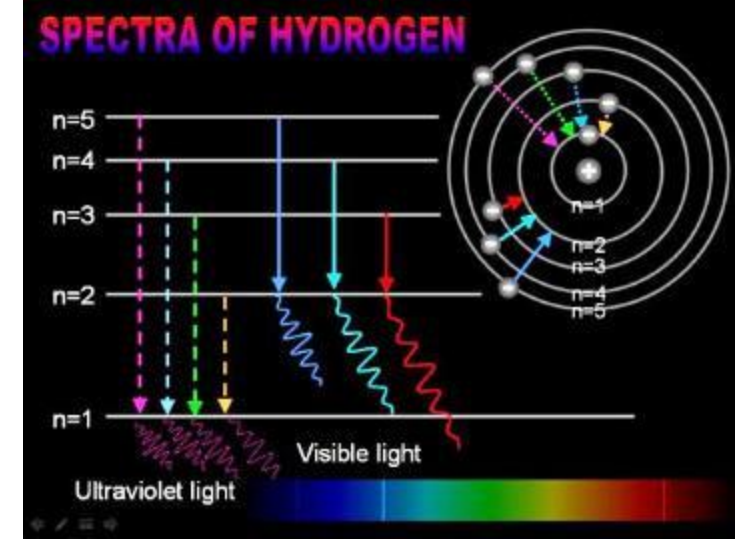
- 1911'in sonlarında Rutherford'la tanıştı ve aralarında güçlü bir bağ kuruldu.
- 1912 yılında Manchester'a geçerek Rutherford'un yanında çalışmaya başladı.
- Burada ilk kuantum atom modeli fikrini geliştirmeye başladı.
- Bu çalışma, klasik ve kuantum fikirlerini birleştiren bir çıkır açtı.

Bilim ve Aşk Aynı Yıl

- Bohr 1912 yazında Danimarka'ya döndü ve Margrethe Nørlund ile evlendi.
- Aynı yıl, Kopenhag Üniversitesi'nde ders vermeye başladı.
- 1913'te yayımladığı üç makale, ona 1922 Nobel Fizik Ödülü'nü kazandıracaktı.
- Bu makaleler, atomun yapısına dair yeni bir anlayış sundu.

Atomun İçinde Elektron Dansı

- Bohr'a göre elektronlar belirli yörüngelerde kalır ve bu yörüngeler sabit enerji seviyeleridir.
- Elektronlar sadece bir yörüngeden diğeriine sıçrayarak enerji yayar veya soğurur.
- Bu sıçramalar, atom tayfindaki çizgilerin ortaya çıkmasını açıklar.
- Her elemente özgü tayf, bir tür “parmak izi” gibidir.



Parça Parça Ama Etkili: Bir Hibrit Model

- Bohr'un modeli, klasik ve kuantum fizik fikirlerinin birleşimiydi.
- Matematiksel hesaplarla öngörülen tayf çizgileri, gözlemlerle tam uyumluydu.
- Model kusurluydu ama dönemi için oldukça açıklayıcıydı.
- Fizikçiler için kuantum yolunun önemini gösterdi.

☕ Bohr'un Mizahı: Mars Nereye Gidiyor?

- Bohr, elektron sıçramalarını açıklarken bir benzetme yapar:

“Bir elektronun bir yörüngeden diğerine geçmesi, Mars’ın enerji patlamasıyla Dünya yörüngesinde belirivermesi gibidir.”

- Elbette bu sadece bir benzetmeydi ama sınıfta bu cümle duyulunca yüzlerde bir gülümseme belirirdi.



Bilimsel Saygınlık ve Kopenhag Günleri

- Bohr'un ünü yayıldıkça teklifler artmaya başladı.
- 1914'te Kopenhag Üniversitesi onun için özel bir kürsü kurmayı önerdi.
- Ancak Bohr, Rutherford'la daha fazla çalışmak için bir süre daha İngiltere'de kaldı.
- Savaş yıllarında bile ailesiyle birlikte İngiltere'ye gidip dönebildi.

Kopenhag'da Bir Enstitü, Bir Çekim Merkezi

- Bohr Danimarka'da kalmayı tercih etti ve kendi araştırma merkezini kurdu.
- Kopenhag'daki Kuramsal Fizik Enstitüsü, dünya çapında fizikçilerin buluşma noktası oldu.
- Burada yeni kuantum fiziğinin temelleri tartışıldı ve geliştirildi.
- Enstitü zamanla “kuantum fikirlerinin beşiği” olarak anıldı.

Bilimsel Etki Kuşaklar Boyu

- 1930'larda Bohr, nükleer fizik ve fisyon konularına yöneldi.
- II. Dünya Savaşı'nda Nazilerin atom bombası geliştirmesinden endişe etti.
- Oğlu Aage ile birlikte Manhattan Projesi'nde danışman olarak görev aldı.
- Savaş sonrası dönemde, CERN'in kuruluşuna öncülük etti.



Atom Modelinin Kimya İçin Mirası

- Bohr modeli, kimyasal tepkimelerin ve atomik yapının daha iyi anlaşılmasını sağladı.
- Hangi elementlerin neden bileşik oluşturduğu gibi sorulara açıklık getirdi.
- Elektron yörüngeleri fikri, modern kimyanın temel taşlarından biri oldu.

Bir Dalga Gibi Düşünmek: De Broglie'nin Büyük Fikri

- 1924'te Louis de Broglie, parçacıkların da tıpkı ışık gibi dalga özellikleri taşıyabileceğini öne sürdü.
- Bu fikir, onun Sorbonne Üniversitesi'ndeki doktora tezinin temelini oluşturuyordu.
- Elektronları, yörüngelerinde dönen dalgalar gibi düşünmek gerektiğini savundu.
- Bu yaklaşım, atom modeline yepyeni bir bakış kazandırdı.



Fizikte Geç Kalmıř Bir Dahi

- De Broglie fiziğe otuzlu yaşlarında, aslında tarih eğitimi almışken yöneldi.
- Ailesi onun diplomat olmasını istiyordu, ama o fizikçi olmayı seçti.
- I. Dünya Savaşı sırasında Eiffel Kulesi'nde radyo uzmanı olarak çalıştı.
- Fizik dünyasına geç katılsa da büyük bir etki yaratmayı başardı.



Dalga ve Parçacığın Buluştuğu Yer

- De Broglie, fotonların enerji ve momentumu ile ilgili iki denklemi birleştirdi.
- $E = hv$ ve $E = pc$ denklemlerinden yola çıkarak $p\lambda = h$ formülünü elde etti.
- Bu denklem, bir parçacığın momentumu ile dalga boyu arasında ilişki kurar.
- De Broglie'ye göre bu sadece ışık için değil, elektron gibi parçacıklar için de geçerliydi.

Atomda Dalga: Müzikal Bir Model

- De Broglie, elektronların belirli yörüngelerde sadece belirli dalga modelleriyle var olabileceğini savundu.
- Bu durumu, sabit bir teldeki nota armonilerine benzetti.
- Ancak yalnızca tepe ve çukur noktaları birbirini güçlendiren dalgaların yörüngelerini oluşturabilirdi.
- Böylece atomda enerji seviyeleri, dalga düzenlerinin sonucu olarak belirdi.

Einstein ve Langevin'in Tepkisi

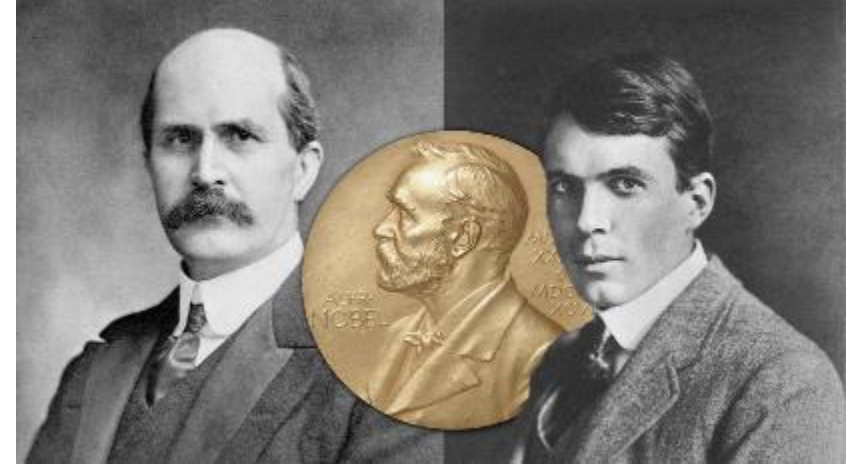
- Tez danışmanı Langevin, bu fikirler karşısında şaşkınlık yaşadı.
- Tezi Einstein'a gösterdi; Einstein çalışmayı derinlikli ve önemli buldu.
- Böylece de Broglie, dönemin en büyük isimlerinin desteğini kazandı.
- Kısa süre sonra doktorasını tamamladı.

“Peki, Bu Fikir Nasıl Sınanır?”

- Sözlü sınavda ona bu teorinin nasıl test edileceği soruldu.
- De Broglie’ye göre, elektronların dalga boyu kristallerde kırınım gösterecek düzeydeydi.
- Bu öngörü, birkaç yıl sonra Davisson-Germer ve George Thomson’ın deneyleriyle doğrulandı.
- Böylece maddenin dalga özelliği deneysel olarak da kanıtlanmış oldu.

Nobel'lik Dalgalar

- 1937'de Davisson ve George Thomson bu deneyler sayesinde Nobel ödülünü paylaştılar.
- Germer, Davisson'un yanında "sadece öğrenci" olduğu için ödüle layık görülmedi.
- İlginçtir ki George'un babası J.J. Thomson da Nobel'i elektronun parçacık olduğunu gösterdiği için almıştı.
- Baba parçacığı, oğul dalgayı kanıtladı – ve ikisi de haklıydı!



Fotonlar, Elektronlara İlham Veriyor

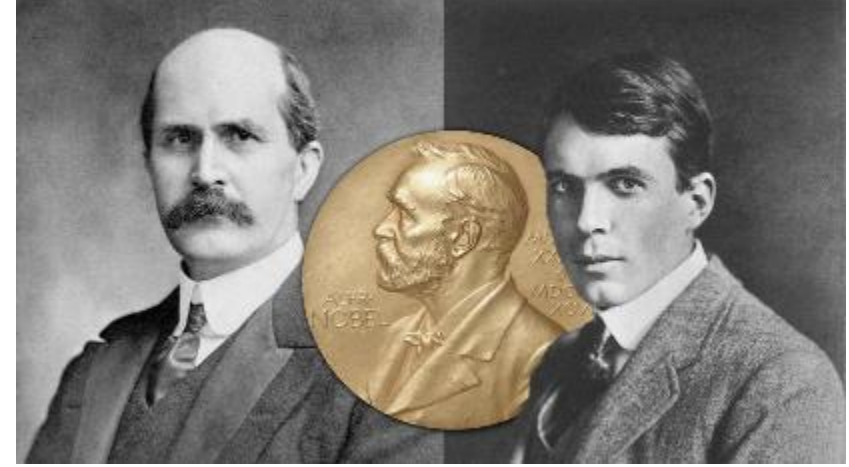
- Compton, X-ışınlarının saçılmasını parçacık gibi açıklayarak fotonların varlığını kanıtladı.
- Bu deneysel başarı da Broglie'ye elektronların da dalga gibi davranabileceği düşüncesi için ilham verdi.
- Kuantum dünyasında dalga-parçacık ikiliği, hem ışık hem madde için geçerli hale geldi.
- Bu, klasik fiziği kökten sarsan yeni bir anlayışın temelini oluşturdu.

Dalga Mı, Parçacık Mı? Belki İkisi Birden...

- De Broglie'nin denklemi, tüm parçacıkların aynı zamanda dalga karakteri taşıdığını söylüyordu.
- Ancak gündelik nesnelerin dalga özelliği o kadar küçüktür ki ölçülemez.
- Dalga özelliği ancak elektron, proton gibi atom altı parçacıklar için önemlidir.
- Elektronun “gerçek doğası” hakkında artık yalnızca matematiksel modellerle konuşabiliyoruz.

Gülümseten Gerçekler: Fizikte Baba-Oğul Tersliği

- ***J. J. Thomson:*** Elektronun bir parçacık olduğunu gösterdi ve Nobel aldı.
- ***Oğlu George Thomson:*** Elektronun bir dalga olduğunu gösterdi ve o da Nobel aldı.
- İki zıt sonuç, iki doğru yanıt!
- Kuantum fiziği mantığın sınırlarını zorluyor.



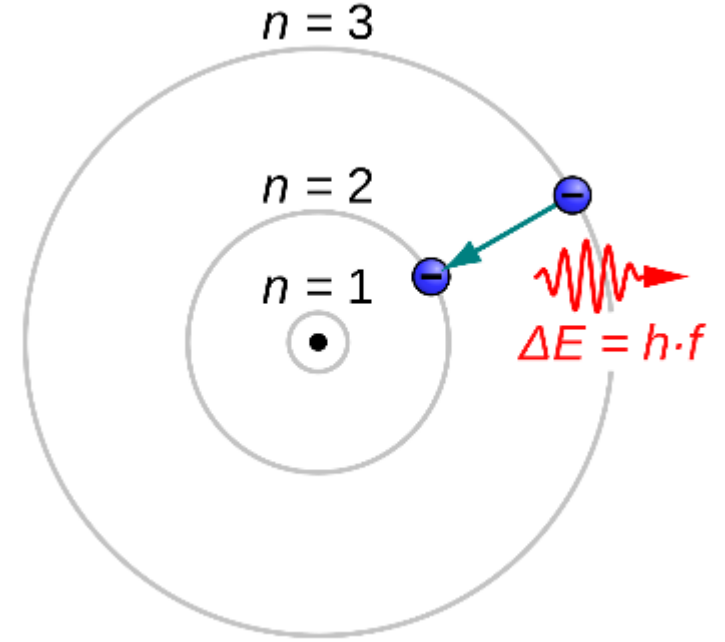
Schrödinger: Dalga Denklemiyle Kuantum Dünyasına

- 1926'da Erwin Schrödinger, elektronların davranışını açıklayan bir dalga denklemi geliştirdi.
- Bu model, Louis de Broglie'nin "elektronlar da dalga olabilir" fikrini temel alıyordu.
- Schrödinger'in yaklaşımı, kuantum fiziğine tanıdık bir matematiksel çerçeve sundu.
- Fizikçiler bu denklem sayesinde elektronların davranışlarını hesaplamaya başladı.



Heisenberg: Parçacık Yaklaşımı ve Kuantum Sıçramalar

- Schrödinger'in modeline karşılık, Heisenberg parçacık odaklı bir yaklaşım geliştirdi.
- Elektronların enerji düzeyleri arasında kuantum sıçramaları yapabildiğini savundu.
- Göttingen'de Max Born ve Pascual Jordan bu modele katkı sağladı.
- Paul Dirac ise bu iki yaklaşımı ortak bir matematiksel dilde birleştirdi.



Matematiksel Eşdeğerlik: Dalga mı, Parçacık mı?

- Schrödinger ve Heisenberg'in modelleri matematiksel olarak eşdeğerdir.
- Bu, modellerin farklı görünse de aynı fiziksel öngörülerini verdiği anlamına gelir.
- Dirac'ın çalışması, kuantum kuramının sağlamlığını matematiksel olarak kanıtladı.
- Jordan dışındaki tüm bu isimler, Nobel ile onurlandırıldı.

Dalgalar ve Parçacıklar: Kuantum Dünyası Nasıl Görünür?

- Elektronlar hem dalga hem parçacık gibi davranabilir.
- Günlük yaşantımızda benzeri olmayan bu davranışlar hâlâ tartışma konusudur.
- Hangi yorumun “gerçek” olduğunu bilmekten çok, işe yarayıp yaramadığı önemlidir.
- Kuantum mekaniği, deneylerle doğrulanan öngörüler yapar – bu yeterlidir.

Schrödinger'in “Tanıdık” Rahatlığı

“Bir denklemin dünyayı anlamlı kılması çok güzel.”

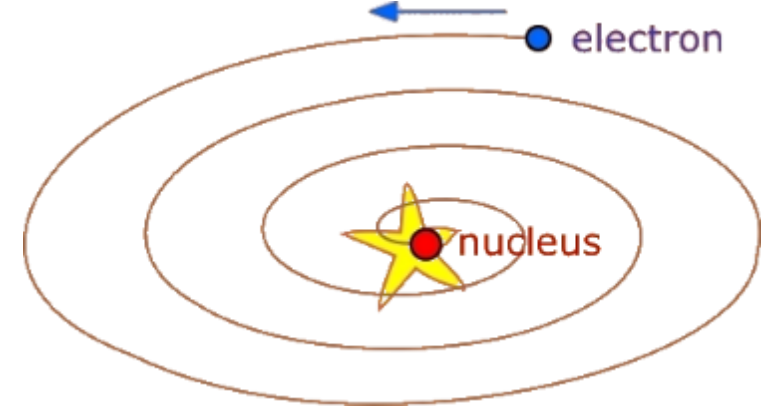
- Schrödinger, karmaşık kuantum dünyasında tanıdık bir matematiksel denklemle ilerlemenin rahatlatıcı olduğunu söylüyordu.
- Fizikte akıl sağlığını korumak bazen böyle detaylarda gizlidir.

Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi

- 1927'de Heisenberg, konum ve momentum gibi niceliklerin aynı anda kesin olarak bilinemez olduğunu ortaya koydu.
- Bu, ölçüm cihazlarının yetersizliğinden değil, doğanın temel bir özelliğidir.
- Elektron hem nerede olduğunu hem de nereye gittiğini aynı anda “bilmez.”
- Bu ilke kuantum mekaniğinin temel taşlarından biridir.

Elektronlar Neden Çekirdeğe Düşmez?

- Elektronun çekirdeğe düşmemesi, belirsizlik ilkesinin doğal bir sonucudur.
- Konumu tam belirli olan bir parçacığın momentumu belirsiz olmalıdır.
- Elektron çekirdeğe düşerse her iki değer de kesinleşir ve bu ilkeye aykırıdır.
- Atomların varlığı, aslında bu belirsizliğe borçludur.



Belirsizliğin Gücü: Kuantumun Temeli

“Bilemeyiz” ifadesi bazen bilimin en güçlü cümlesidir.

- Belirsizlik ilkesi, sadece bilgi eksikliği değil, doğanın yapı taşıdır.
- Bu ilkeyi temel alarak tüm kuantum mekaniğini yeniden kurmak mümkündür!

Dalga mı, Parçacık mı? En Doğru Cevap: “Evet”

- Kuantum nesneler bazen dalga, bazen parçacık gibi davranır.
- Bu çifte doğa, klasik fizik anlayışımızın ötesindedir.
- İki yaklaşım da farklı yönlerden aynı gerçeği temsil eder.
- Önemli olan, hangisinin işe yaradığını bilmektir.

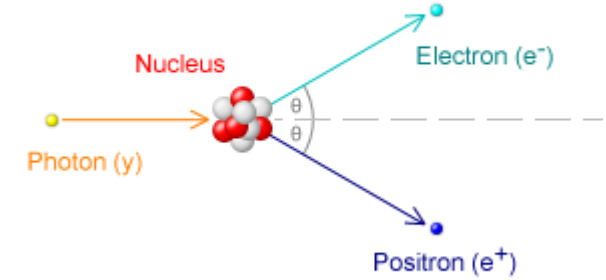
Dirac'ın Büyük Atılımı: Elektron Denklemi

- 1927'de Paul Dirac, özel görelilikle uyumlu bir elektron dalga denklemi geliştirdi.
- Bu denklem, elektronun hem kuantum hem de görelilik kurallarına göre davranışını açıklıyordu.
- ***Denklem tıpkı $x^2 = 4$ gibi iki çözüm verdi:*** biri "normal" elektron, diğeri gizemli bir negatif enerji çözümüydü.
- Dirac, bu ikinci çözümün yeni bir parçacığa işaret edebileceğini düşündü.



Pozitif Elektron? Gerçekten mi?

- Dirac, pozitif yüklü çözümün proton olamayacak kadar ağır olduğunu fark etti.
- 1931'de, bu çözümün, elektronla aynı kütleye sahip ama artı yüklü bir parçacığı tanımladığı sonucuna vardı.
- ***Bu, daha önce bilinmeyen yeni bir parçacığın varlığı anlamına geliyordu: pozitron!***
- Denklem, madde ve enerji arasında çift üretimle mümkün olan bir dönüşümü de öngörüyordu.



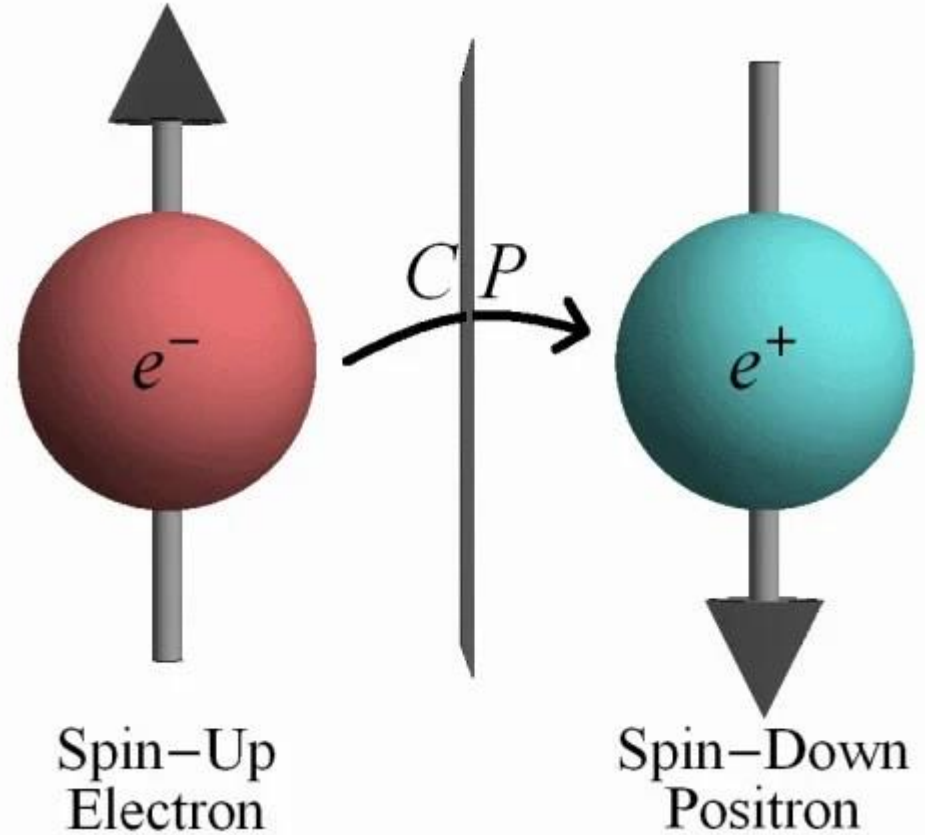
Dirac'ın Çekingenliği

- Dirac, teorisinin sonuçlarını açıklarken öylesine çekingen ve mütevazıydı ki...
- Pozitron fikrini ilk önerdiğinde, bu parçacığın "muhtemelen bir gün gözlenebileceğini" bile ancak mırıldanarak söyledi.
- Bu da, onu tanıyanlar arasında "sessiz devrimci" lakabını kazandırdı!



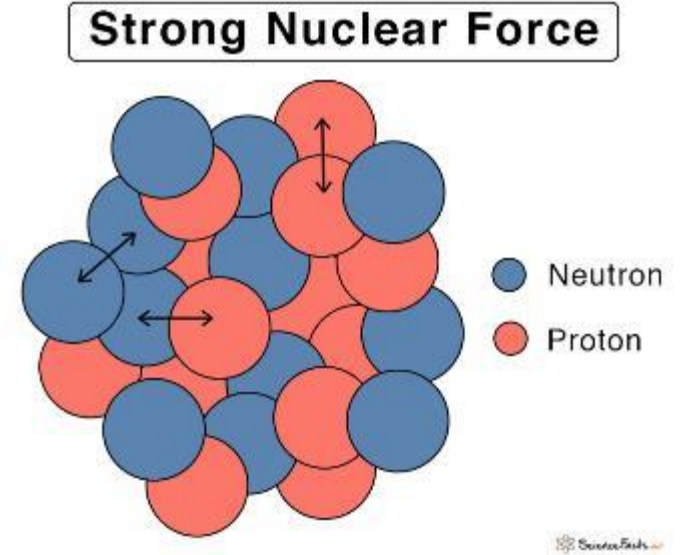
Karşıt-Madde Gerçek Oluyor

- 1932'de Carl Anderson, kozmik ışınlar üzerinde çalışırken pozitronu deneysel olarak keşfetti.
- Bu keşif, Dirac'ın öngörüsünü doğruladı ve karşıt-madde kavramının fiziksel bir gerçeklik olduğunu gösterdi.
- Bugün her parçacığın, zıt özelliklere sahip bir karşıt parçacığı olduğu biliniyor.
- Evrenimizde görünmese de, karşıt-madde büyük patlamanın simetrik sonucu olabilir.



Atomun Çekirdeğini Bir Arada Tutan Kuvvet

- 1920'lerde nötron henüz bilinmiyorken, çekirdeğin nasıl kararlı kaldığı bir gizemdi.
- Chadwick ve Bieler, bu yapının çok güçlü bir kuvvetle bir arada tutulduğunu öne sürdüler.
- Bu kuvvete "yeğin nükleer kuvvet" adı verildi; atom çekirdeğini bir arada tutan temel etkiydi.
- Elektrik itmeden 100 kat güçlüdür ama çok kısa mesafelerde etkilidir.

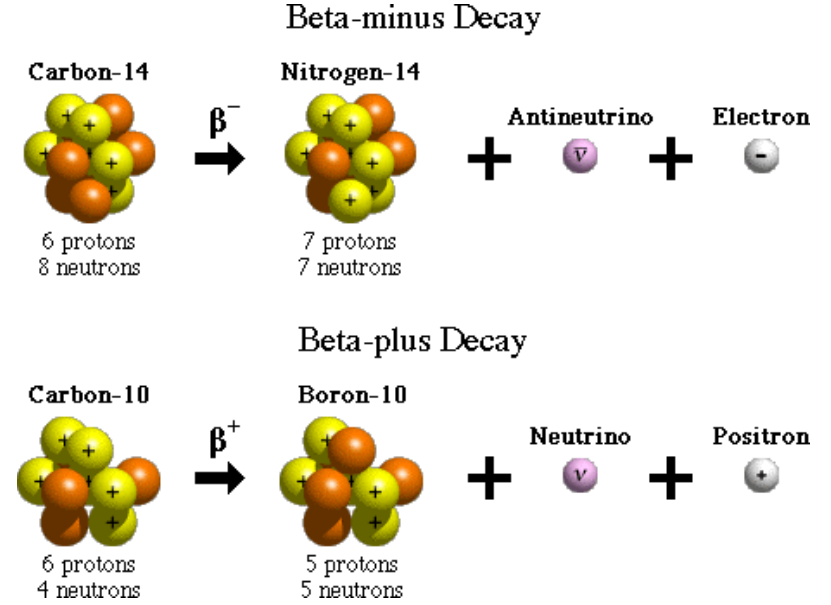


Yeğin Kuvvetin Sınırları

- Yeğin kuvvet, yaklaşık 10^{-13} cm mesafeye kadar işler, sonra etkisi sıfıra düşer.
- Bu yüzden çekirdekler belirli bir büyüklüğü aşamaz; aksi takdirde elektriksel itki kazanır.
- En büyük kararlı çekirdeklerde yaklaşık 100 proton vardır; fazlası çekirdeği parçalayabilir.
- Bu sınırlı erim, atom çekirdeğinin boyutunu belirleyen temel etkendir.

Beta Bozunumu: Bir Elektron Nereden Çıkar?

- Bir atom çekirdeği beta bozunumu geçirirken elektron salar ve başka bir elemente dönüşür.
- Nötron keşfedildikten sonra, bu sürecin aslında nötronun proton ve elektrona dönüşmesi olduğu anlaşıldı.
- Serbest nötronlar kararsızdır ve zamanla beta bozunumu geçirir.
- Ancak çıkan elektronun enerjisi, beklenen şekilde sabit değil, değişkendi!

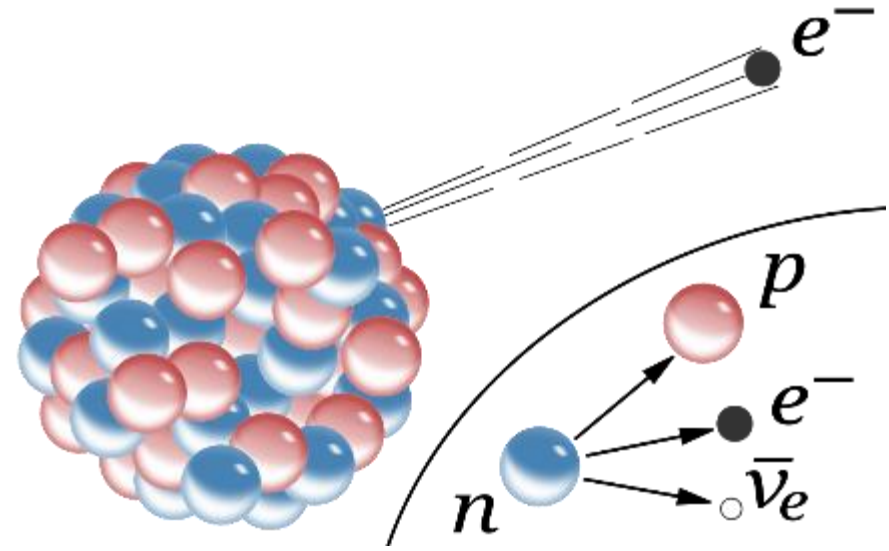


Enerji Nereye Gidiyor?

- Elektronların enerjileri sürekli bir dağılım sergiliyordu, bu durum enerjinin korunumu yasasına aykırı görünüyordu.
- Başlangıçta deneysel hata sanılsa da, sorun sistematiikti ve başka bir açıklama gerekiyordu.
- Alfa bozunumunda olduğu gibi gama ışınları da süreci dengelemiyordu.
- Fizik dünyası, görünmeyen bir bileşenin eksik olduğunu fark etti.

Görünmeyen Bir Kurtarıcı: Pauli'nin Varsayımı

- 1930'da Wolfgang Pauli, beta bozunumunda yayılan bir başka parçacığın varlığını önerdi.
- Bu parçacık yüksüz, çok hafifti ve elektronla birlikte yayılarak enerji dengesini sağlıyordu.
- *Pauli bu parçacığa "nötron" adını verdi, ancak daha sonra isim değişti: Nötrino.*
- Nötrino, adeta görünmeyen bir hırsız gibi enerjinin bir kısmını yanına alıp gidiyordu.



Pauli'nin “Utannarak” Önerdiği Parçacık

- Pauli, 4 Aralık 1930'da meslektaşlarına bir mektup yazdı:

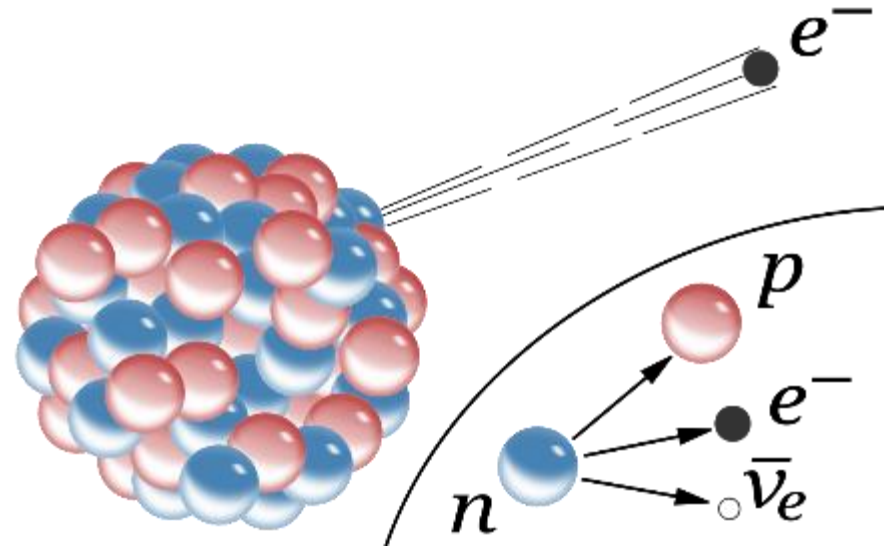
“Saygıdeğer Radyoaktif Hanımlar ve Beyler...”

- Önerdiği parçacık o kadar garipti ki, *“Bu fikrimi kimseye söylemeyin, ben de emin değilim”* dedi!
- Nötrino, ancak yıllar sonra deneysel olarak doğrulandı; Pauli ise bu arada kara kara düşünmeye devam etti.



Fermi'nin Zayıf Kuvvet Modeli

- 1933'te Enrico Fermi, beta bozunumunu açıklayan ilk tutarlı modeli kurdu.
- Bu modele göre nötron, proton, elektron ve nötrinoya dönüşebiliyordu.
- ***Bu süreci yöneten kuvvet:*** zayıf nükleer kuvvet olarak adlandırıldı.
- Model, beta bozunumunda enerjinin nasıl dağıldığını da başarıyla açıkladı.



Deney mi, Kuram mı?

- Fermi'nin modeli Nature dergisi tarafından "fazla spekülatif" bulundu.
- Makale bir İtalyan dergisinde yayımlandı ama zamanla doğruluğu kanıtlandı.
- Nötrinoların doğrudan tespiti 1950'lerin ortasına kadar mümkün olmadı.
- Bu parçacıklar, neredeyse hiçbir şeyle etkileşime girmez!

Nötrino: Hayalet Parçacık

- 3000 ışıık yılı kalınlığındaki kurşun bile nötrinoların yalnızca yarısını durdurabilir!
- Nötrino, doğrudan tespiti en zor parçacıklardan biridir.
- Ama bu hayalet parçacıklar, doğanın dört temel kuvvetinden birini açıklamada kilit rol oynar.
- Zayıf kuvvet, proton ve nötronun dönüşümünden sorumludur.

Gündelik Hayatın Gizli Mimarları

- ***Evrenin yapıtaşları:*** proton, nötron, elektron ve nötrino.
- ***Dört temel kuvvet:*** kütleçekim, elektromanyetizma, yeğin ve zayıf nükleer kuvvet.
- Yıldızların parlamasından bedenimizin çalışmasına dek her şeyi bu dört kuvvet açıklar.
- Maddenin temel düzeyde nasıl işlediğini anlamak, evreni anlamaktır.

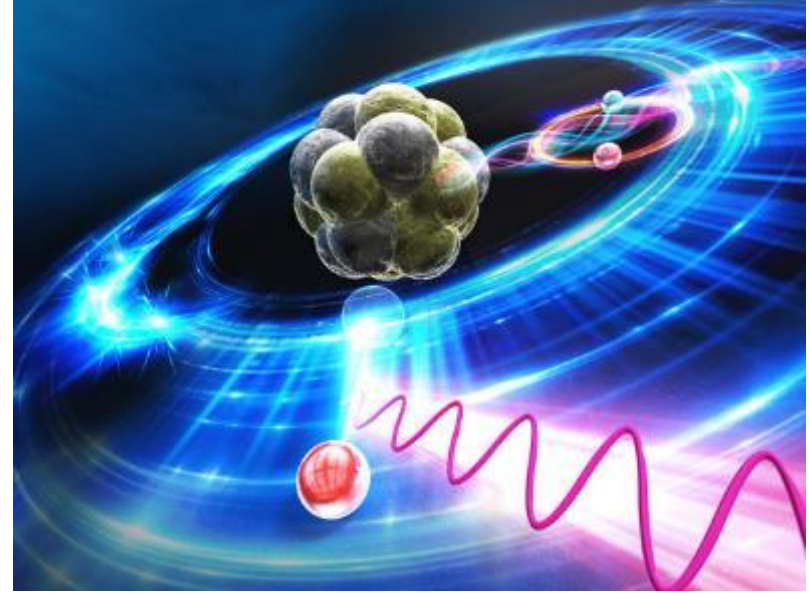
"Çok Spekülatif" Deyip Reddetmişler!

- Enrico Fermi'nin beta bozunumu kuramı, Nature dergisi tarafından fazla hayalî bulunmuştu.
- Oysa bu kuram, parçacık fiziğinin mihenk taşlarından biri olacaktı.
- Fermi pes etmedi; kuramını başka bir dergide yayımladı ve bugün o kuram fizik kitaplarının içinde!



Elektron, Işık ve Etkileşim

- Gündelik hayatımızda olup biten neredeyse her şey elektronların eseridir.
- Elektronlar birbirleriyle ve çekirdeklerle foton alışverişi yaparak etkileşir.
- Bu süreçlerin hepsi, kuantum mekaniği kurallarına uyar.
- ***Bu kuralları bir araya getiren teori:*** Kuantum Elektrodinamiği (QED).



QED: Üç Bilim İnsanın Ortak Zaferi

- QED, 1940'lı yıllarda Tomonaga, Schwinger ve Feynman tarafından geliştirildi.
- Feynman, kendi özgün yaklaşımıyla kuramı baştan kurguladı.
- Bu üç isim, 1965'te Nobel Ödülü'nü birlikte aldı.
- QED, ışık ve maddeyi birleştiren en başarılı kuramlardan biridir.

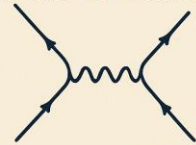
QED
KUANTUM ELEKTRODİNAMİĞİ,
1940'LI YILLARDA TOMONAGA, SCHWINGER
VE FEYNMAN TARAFINDAN GELİŞTİRİLDİ

  
TOMONAGA SCHWINGER FEYNMAN

FEYNMAN, KENDİ ÖZGÜN YAKLAŞIMIYLA
KURAMI BAŞTAN KURGULADI

BU ÜÇ İSİM, 1965'TE NOBEL
ÖDÜLÜ'NÜ BİRLİKTE ALDI




QED, IŞIK
VE MADDEYİ
BİRLEŞTİREN EN
BAŞARILI KURAMLARDAN
BİRİDİR

Etkileşimlerin Dili: Parçacık Alışverişi

- Elektronlar foton alışverişi yaparak birbirini iter ya da çeker.
- Zayıf kuvvette foton benzeri parçacıklar etkileşimi taşır.
- Kütleçekim için ise "graviton" adlı kuramsal parçacık önerilmiştir.
- Her kuvvetin kendi "mesaj taşıyan" parçacığı vardır.

Feynman'ın Saç Teli Benzetmesi

- QED'in tahminleri ile deneysel ölçümler arasında fark: 0,00000001!
- Feynman bu farkı şöyle tanımlamıştı:

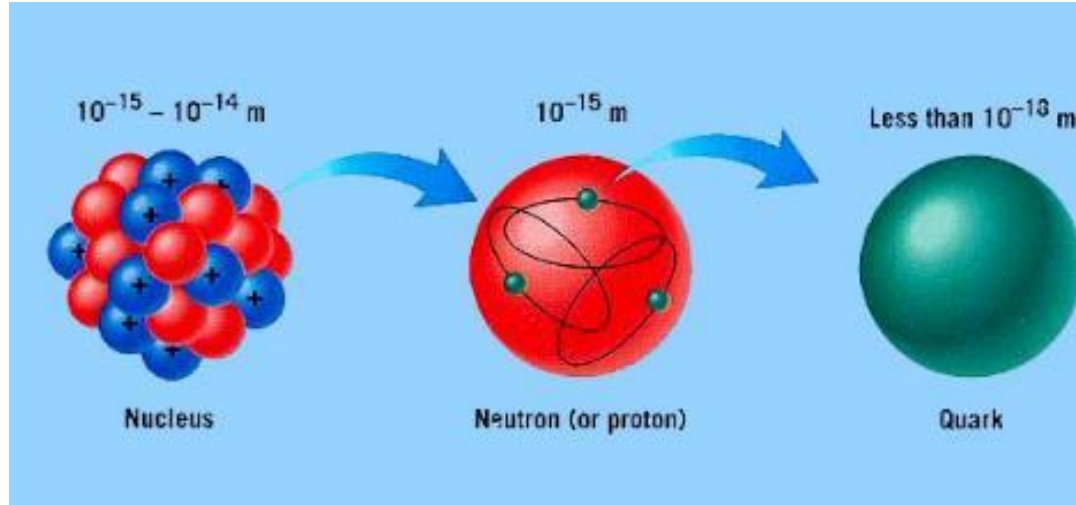
"New York ile Los Angeles arasındaki mesafeyi bir saç teli kalınlığı farkla ölçmek gibi."

- Bu, kuram ile gerçeklik arasındaki en başarılı eşleşmelerden biridir.



Daha Derine: Kuarklar

- Proton ve nötronlar da temel parçacık değildir: içlerinde kuarklar var.
- Kuarklar, yeğin kuvvet sayesinde bir arada tutulur.
- Bu etkileşim de parçacık alışverişiyle gerçekleşir.
- Atom çekirdeğinin daha da iç yapısına inilmiş olur.



Sicim Kuramı: Her Şeyin Teorisi mi?

- *21. yüzyılda bazı fizikçiler daha da ileri gitti:* sicim kuramı ortaya çıktı.
- Tüm parçacıklar aslında titreşen sicimlerin farklı halleri olabilir mi?
- Bu kuram henüz deneysel olarak doğrulanmış değil.
- Ancak evrenin derin yapısını anlamada heyecan verici bir adım olabilir.

Teşekkür ederim

Prof. Dr. Bektaş TEPE