

# LORD RAYLEIGH

## Hayatı ve Keşifleri

Mehmet Oktay Eldem - *Elektronik Yüksek Mühendisi*

[oktay.eldem@gmail.com](mailto:oktay.eldem@gmail.com)

**B**u yazımızda Argon gazının keşfi dolayısıyla 1904 yılında Nobel fizik ödülünü kazanmış olan ünlü fizikçi John William Strutt diğer bir adı Lord Rayleigh'i tanıtacağız. Lord Rayleigh'i elektronik mühendisleri, propagasyon derslerinde gördükleri "Rayleigh Sönümlemesi" konu-sundan (fading) hatırlayacaklardır.



Yazımızda öncelikle bu değerli bilim adamının hayatı, daha sonra Nobel ödülü almasını sağlayan Argon gazının keşfi anlatılacak ardından Rayleigh-Jeans Kanunu, Rayleigh Saçılması, Rayleigh Sönümlemesi konuları ele alınacaktır.

### Hayatı

John William Strutt, 12 Kasım 1842 tarihinde İngiltere Essex'de doğdu, 30 Haziran 1919'da aynı yerde öldü. Üstün bir bilim insanı olarak ün kazanmış bir İngiliz asilzadesiydi.

Çocukluğu ve gençliğinde zayıf bir beden yapısı vardı. Eğitimi sürekli hastalıklarla kesildi. Erişkinliğe erişebilmesi zor gibi görünüyordu. Dört yıllık bir özel eğitimden sonra 1861'de Cambridge Trinity College'e matematik okumak için girdi. Başlangıçta yaşlılarıyla aynı başarıyı elde edemediyse de, daha sonra özel yetenekleri sayesinde rakiplerini geçti.

1865'te Mathematical Tripos'dan mezun oldu. 1872'de romatizmal ağrıları yüzünden kışı Mısır ve Yunanistan'da geçirdi. Döndükten kısa bir süre 1873'te babası öldü. John William Strutt, 3. Lord Rayleigh Baronluk rütbesi aldı. Daha sonra ailesinin oturduğu, Terling Place'a yerleşti. Ancak 1876 yılında arazi işlerini küçük kardeşine bıraktı ve bütün zamanını bilime ayırdı.

1879'da, deneysel fizik profesörü ve Cavendish Laboratuvarı başkanı James Clerk Maxwell'in asistanı olarak atandı.

John William Strutt Rayleigh'in ilk bilimsel çalışmaları optikle ilgi matematik konuları üzerineydi. Fakat daha sonraki çalışmaları fiziğin bütün alanlarını kapsadı. Deneysel ve kuramsal araştırmalarını hep evinde yürütmüş olan Lord Rayleigh'in dalgaların yayılımı, akustik ve optik konularda bilime pek çok katkısı olmuştur. Depremde oluşan bir tür dalga onun adıyla anılır. Rayleigh, 1871 yılında göğün mavi renginin, atmosferde kısa dalga boylu güneş ışınlarının daha çok saçılmasıyla oluştuğunu açıklamıştır. Bir optik aygıtın ayırabilirlik gücünü veren bağıntıyı bulması başarılarından bir diğeridir.

Rayleigh çok iyi bir eğitmeni. Etkili danışmanlığı ile Cambridge'de deneysel fiziğin sistematik kuralları geliştirildi. "Theory of Sound" adlı yayımı 1877-1878 yıllarında iki cilt olarak yayımlandı. Diğer çalışmaları 1889-1920 yıllarında basılan altı ciltlik bilimsel yayımlarda basıldı. Ayrıca Britannica Ansiklopedisi'ne katkıda bulundu. Yayımlarında anlaşılması güç konularda bile akıcı bir dili vardı. Tellafuzuyla yalınlık ve sadelikte bir model olarak gösterilir.

### Argon Gazının Keşfi

1892 yılında Lord Rayleigh, hem hava azotunun yoğunluğunu, hem de kimyasal yoldan elde edilen saf azotun yoğunluğunu hassas olarak ölçmüş ve hava azotunun yoğunluğunu daima 1,2567, saf azotunkini de 1,2505 gr/lt olarak bulmuştur. Arada bir fark vardı ki, bunun olmaması gerekirdi. Lord Rayleigh ve arkadaşı Sir William Ramsey, şu fikri savundular: Havada, azotun yanında yoğunluğu azotun yoğunluğundan büyük meçhul bir gaz vardır. Ramsey, havadaki azot ve oksijeni kimyasal yolla ortamdandı ve geriye bir gazın kaldığını gördü. Geriye kalan gazın molekül ağırlığını 39,94 olarak buldu. Ayrıca bunun yeni bir element olduğu, spektroskopik metotlarla tespit edildi. Bu elemente etkin olmayan anlamına gelen Argon ismi verildi.

Argon, asal gazlar içinde ilk keşfedilen elementtir. Bundan hemen sonra da kripton, xenon ve neon bulunmuştur. Rayleigh, Henry Cavendish deneylerini temel almıştır.

## Argon gazının Günümüzdeki Uygulamaları

Argon gazının eylemsiz gaz olması, düşük termal iletkenlik değerine sahip olması ve elektronik özellikleri, (örneğin; iyonizasyon veya yayın spektrumu) özellikleri nedeni ile sanayide kullanılmaktadır. Ayrıca diğer asal gazlardan daha ucuz elde edildiği için tercih edilmektedir.



Yandaki şekilde yangın söndürme amaçlı kullanılan argon gazı tüpleri görülmektedir. Argon söndürücü sayesinde cihazlar zarar görmemektedir.

Argonun sanayide kullanıldığı alanlar şunlardır:

- Gazaltı kaynağında koruyucu gaz olarak kullanılır.

• Kaliteli çelik üretiminde, homojen bir çelik banyosu sağlanması ve banyo içerisinde oluşan, döküm sonrası mekanik özellikleri kötü yönde etkileyecek gazların tasfiyesi için kullanılır. (Argon degassing),

- Ampul imalatında,
- Elektronik sanayiinde bazı kristallerin üretimi sırasında inert koruyucu atmosfer sağlamada,
- Spektrometrik analiz cihazlarında taşıyıcı gaz olarak,
- Bazı özel metallerin saflaştırılması sırasında inert koruyucu atmosfer oluşturulmasında.

## Rayleigh-Jeans Kanunu

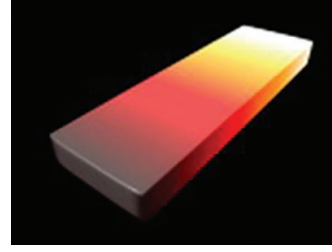
(Klasik Fizikte Karacisim Işıması)

Rayleigh'in deneyle uyum içerisinde olmayan karacisim ışınım denklemini doğrudan doğruya 19. yüzyılın sonunda bilinmekte olan fizik yasalarından çıkar ama Rayleigh ve Jeans'ın de farkında olduğu gibi bu bağıntı umutsuzcasına yanlıştır. Doğru bir karacisim ışınım bağıntısının aranması, Planck ve Einstein tarafından fizikte devrim yaratacak bir kuram olan, ışınımın kuantum kuramının keşfine yol açmıştır.

Rayleigh-Jeans kanunu düşük frekanslarda deneysel sonuçlarla uyuzur fakat kısa dalga boyları için hiç uyuzmaz. Klasik fizikte buna ultraviyole felaketi denmiştir.

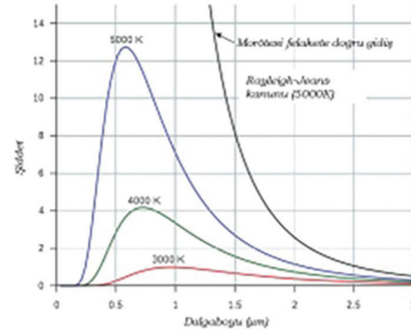
Isıtılan cisimlerin ışınım yaptıkları bilinmektedir.

Isıtılan bir cisim, sıcaklığı arttıkça önce kızıl sonra turuncu ve çok yüksek sıcaklıklarda beyaz renk alır. Yandaki şekilde görüldüğü üzere, ısı ışınım yapan bir cismin yaydığı ışığın frekansı ile sıcaklığı arasında bir ilişki vardır. Gerçekte cisim her frekansta ısı ışınım yapar. Ancak belirli bir



sıcaklıkta, belirli bir frekans daha baskındır. Yani o frekanstaki ısı ışınım siddeti diğer frekanslarınkine göre daha büyüktür. Karacisimden yayılan enerji dağılımını incelemek için  $u(\nu)d\nu$ 'yi,  $d\nu$  birim hacimden yayılan güç olarak tanımlamak kullanışlı olur. Rayleigh-Jeans yasası olarak bilinen karacisim ışınımının klasik modeline dayalı hesabın sonucu şöyledir:

$$u(\nu)d\nu = \frac{8\pi}{c^3} \nu^2 kT d\nu$$



Şekil 1 Rayleigh-Jeans radyasyon eğrisi ve formülü

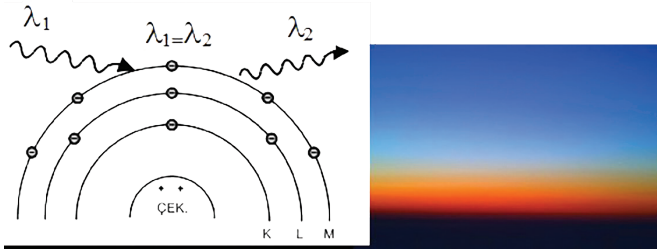
Karacisim ışınımının spektrum enerji yoğunluğunun sınırsız bir biçimde  $\nu^2$  ile çoğaldığını söyleyen Rayleigh-Jeans bağıntısı açıkça yanlıştır. Kuram ile deney arasındaki bu uyumsuzluk hemen temel öneme sahip olarak değerlendirildi. Klasik fiziğin bu başarısızlığı Max Planck tarafından ele alınıp çözümlenmiştir.

## Rayleigh Saçılması

Rayleigh saçılımı, ışığın veya diğer elektromanyetik ışınımın, dalga boyundan daha küçük (dalga boyunun onda birine kadar) parçacıklar tarafından elastik saçılımını ifade eder. Söz konusu parçacıklar atom veya molekül olabilir. Rayleigh saçılması elastik bir saçılmadır, yani saçılan fotonların enerjisi değişmez, (Bkz. Şekil 2-a) soldaki şema).

Gökyüzünün mavi, güneş ışığının sarı görünmesinin

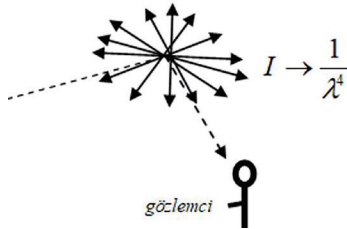
temel nedeni, bulutsuz bir atmosferde güneş ışığının Rayleigh saçılımına uğramasıdır, Gökyüzünü mavi görülmesinin nedeni kısa dalga boylarındaki saçılmanın (I), Bkz. Şekil 2-b) daha şiddetli olmasındandır. Ufka doğru maviliğin azalmasının nedeni 90 derecedeki saçılmanın ileri doğru saçılmanın yarısı kadar olmasından kaynaklanır.



(a)

$$I = I_0 \frac{8\pi^4 N \alpha^2}{\lambda^4 R^2} (1 + \cos^2 \theta)$$

90 derecedeki saçılma ileri doğru saçılmanın yarısıdır



Kısa dalga boylarında saçılmada ışık şiddeti artışı bize gökyüzünün mavi gösterir saçılma ileri doğru saçılmanın yarısıdır

N: saçılma sayısı  
α: Polarlanabilme  
R: saçılma mesafesi

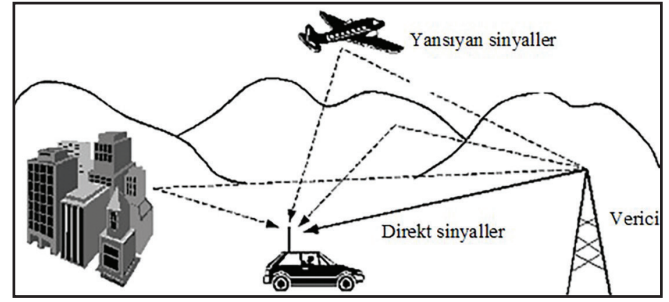
(b)

### Şekil 2 Atmosferde meydana gelen Rayleigh Saçılması

Rayleigh saçılmasından farklı olarak elastik olmayan yani saçılan fotonun enerjisinin değiştiği saçılmalar daha sonra Raman ve Compton tarafından keşfedilmiştir.

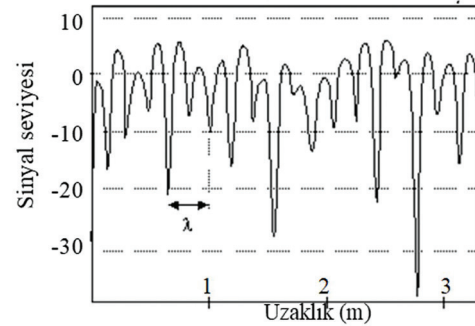
### Rayleigh Sönümlenmesi (Fading)

Rayleigh sönümlenmesi, istatistiksel bir modeldir. Propagasyon ortamının radyo sinyallerine etkisini inceler. Telsiz sistemleri için kullanılır. İletişim sistemlerinde radyo sinyali (RF) çeşitli nesnelere yansır. Örneğin dağlar, binalar, araçlardan. Bu yansımalar alıcıda çoklu yansıma (Multipath) kanalları oluşturur. Şekil 3'de, arabadaki radyoya ulaşan çoklu yansıma sinyalleri görülmektedir.



Şekil 3 RF Yansımalar nedeni ile oluşan zayıflama (fading)

Çoklu yansımalar alıcı girişinde faz farkı nedeniyle yapıcı ve yıkıcı girişimlere neden olur. Bu olay Rayleigh sönümlenme modeli ile modellenir ve bir iletim ortamı içinden geçen sinyalin büyüklüğünün "Rayleigh Dağılımına" uygun olarak rastgele sönümlenmesini varsayar. Bu sönümlenme 10 ila 30 dB arasında olabilir. Şekil 4'de çoklu yansımalar ile oluşan sinyal seviyesindeki değişiklikler görülmektedir.



Şekil 4 RF Yansımalar nedeni ile oluşan zayıflama (fading)

Sönümlenme, özellikle şehir içinde yapılan telsiz haberleşmesinde kendini gösterir (konuma ve zamana bağlı olarak haberleşmede gürültü ve kesilme olması). Elektromanyetik dalgaların girişim nedeni ile sönümlenmesi daha sonra Appleton tarafından da ele alınmış ve atmosferden yansıma katmanları keşfedilmiştir.

### Faydalanılan Kaynaklar

1) NOBEL FİZİK ÖDÜLLERİ VE GÜNÜMÜZ TEKNOLOJİSİ, Yazar Adı: M. OKTAY ELDEM ISBN No: 978-605-01-0627-5

2) <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1904/strutt/biographical/>

3) <https://www.sozkimin.com/john-william-strutt-rayleigh-kimdir-sozleri-ve-hayati-2099.html>