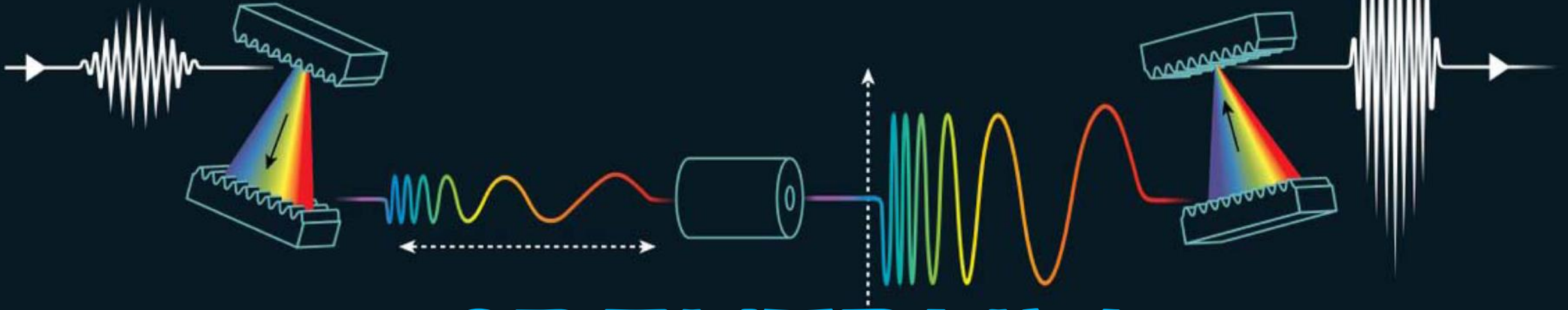
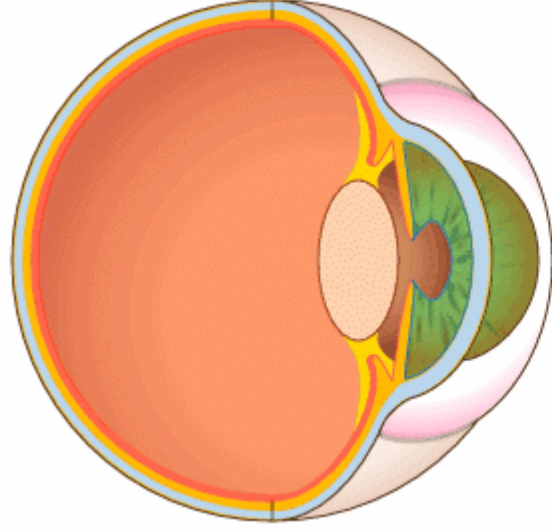


ELEKTROMANYETİK



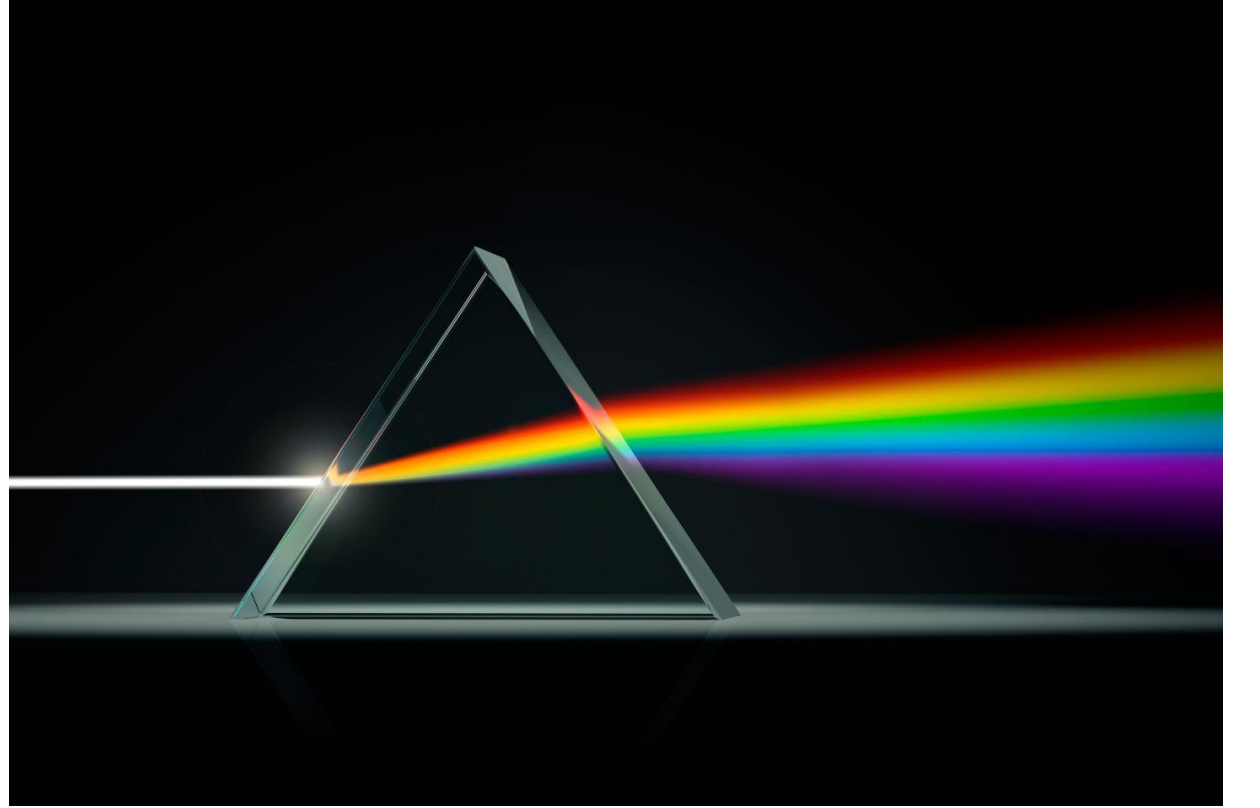
SPEKTRUM

17.05.2019
Optik Laboratuvarı
Halil Kolatan



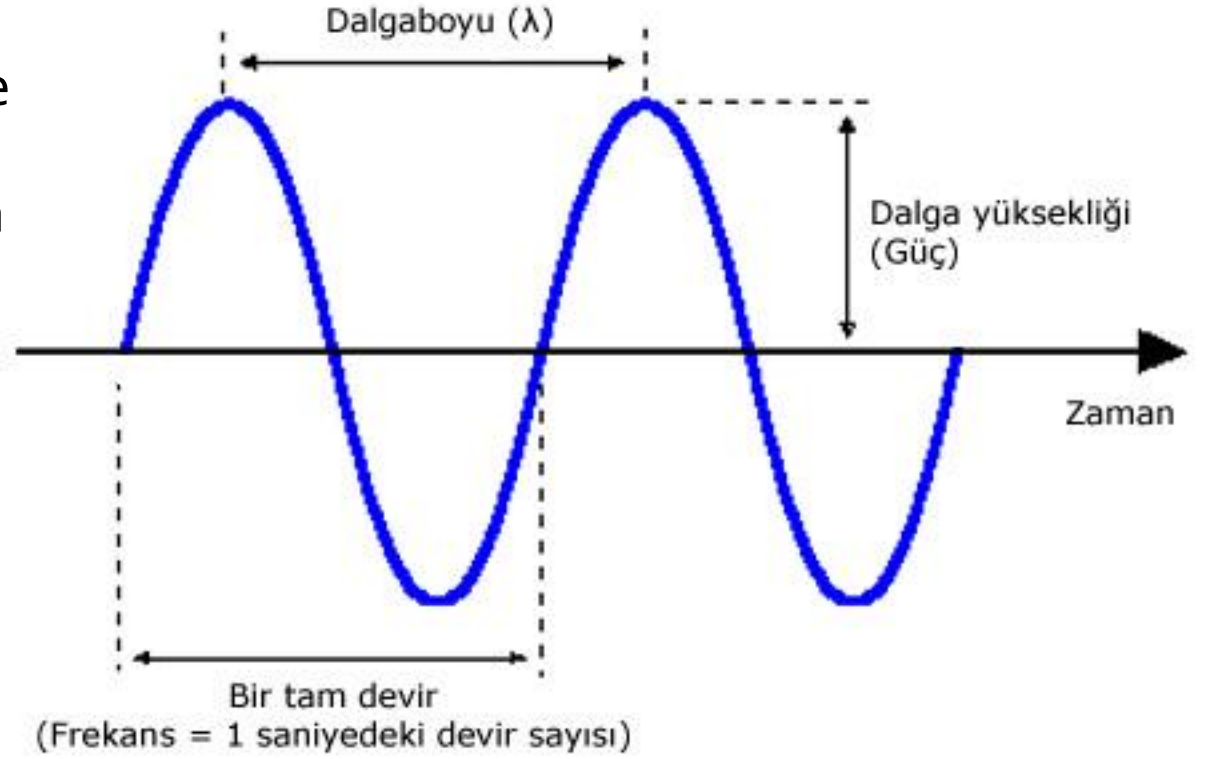
Çevremizi sahip olduğumuz duyu organlarımızla algılarız. Bu organlarımızın belki de en önemlisi gözümüzdür. Çünkü çevremizde meydana gelen birçok şeyi görerek tanır ve onlar hakkında fikirlerimizi görerek ediniriz. Peki görme olayı nasıl gerçekleşir? Işıkla.

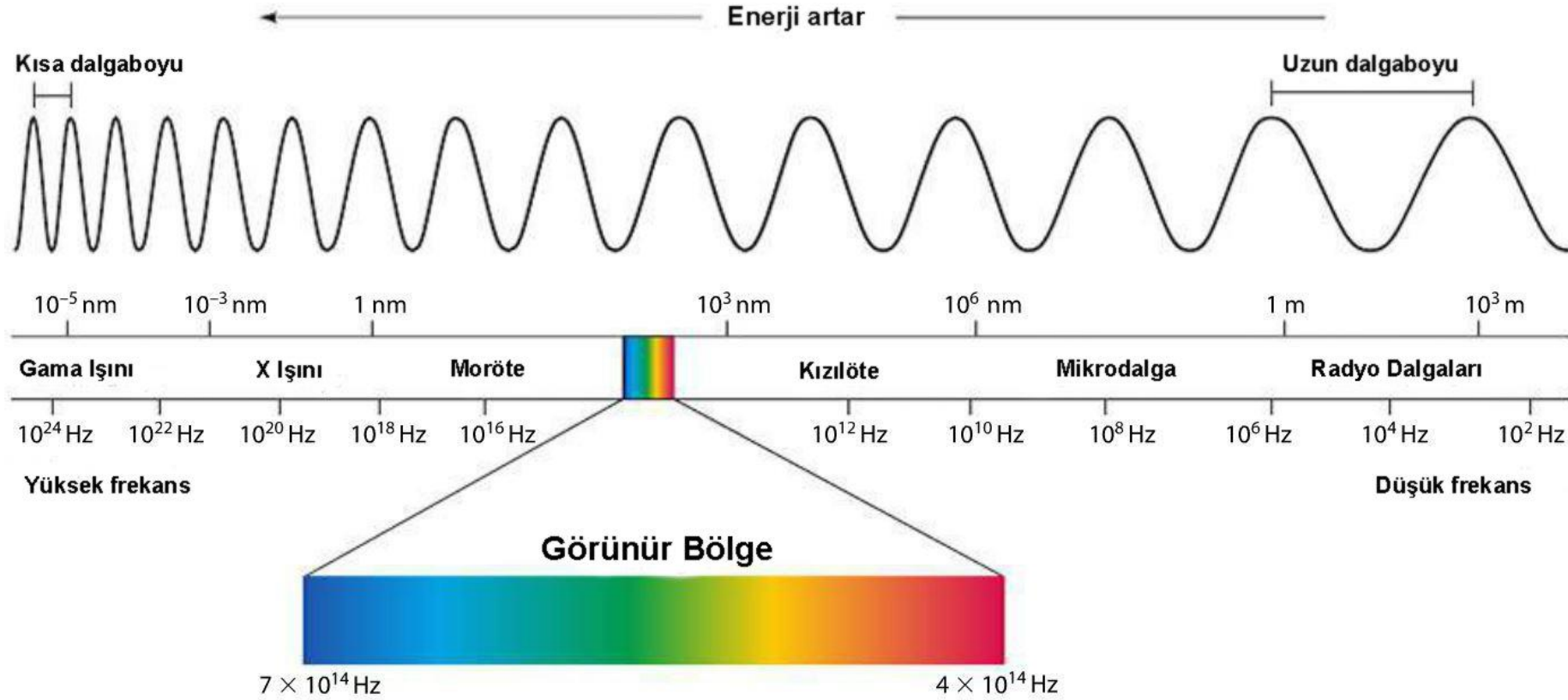
Dersimizin de adını aldığı “optik” bilimi, ışığın hareketlerini, özelliklerini, diğer maddelerle olan etkileşimini inceler. Işığı tanımlayacak olursak, bir ışık kaynağından çıkan ışmanın cisimlere çarpması veya yansıması sonucu görünen olgudur. Işık, yaygın kullanımıyla “görünür ışık” olarak ifade edilse de, insan gözünün algılayamayacağı dalga boylarda da ışıklar mevcuttur.



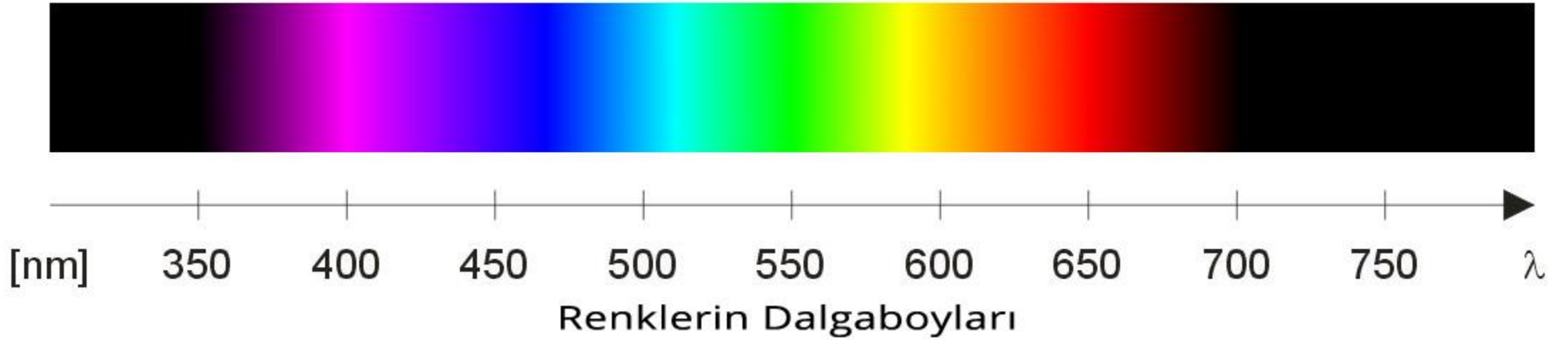
Işık, uzayda ışık hızı ile yayılan bir tür elektromanyetik dalgadır. Dalgaların iki önemli özelliği, dalga boyu ve frekanstır. Dalga boyu, dalganın iki tepe noktası arasındaki mesafeye karşılık gelir. Frekans ise birim zamandaki salınımların sayısıdır. Işık ışınlarının frekanslarına ya da dalga boylarına göre sıralanmasıyla ışık tayfı (elektromanyetik spektrum) elde edilir.

Spektrum kelime anlamıyla birtakım fiziksel gerçeklerin sürekli bir şekilde birbiri ardına sıralanmasıdır. Elektromanyetik spektrum denildiğinde ise fiziksel gerçekliğimiz elektromanyetik dalgalardır. Bu kavramı anlamak için öncelikle dalga boyu ve frekans tanımlarını bilmek önemlidir.





Dalga boyu, bir dalga örüntüsünün tekrarlanan birimleri arasındaki mesafedir. Dalga hızının frekansa oranıdır. $\lambda = v / f$ ile ifade edilebilir. Frekans ise bir saniyede kaç devir yapıldığını belirtir. Birimi Hertz (Hz)'dir. Elektromanyetik spektrum dalga boylarına göre atom altı değerlerden başlayıp (Gama ışını veya X-ışını) binlerce kilometre uzunlukta olabilecek radyo dalgalarına kadar birçok farklı radyasyon tipini içerir.



İnsan gözü bu tayfın küçük bir bölümü olan görünür ışık kısmını görür. Görünür ışığın dalga boyu 400 ile 800 nanometre (nanometre = metrenin milyarda biri) arasındadır. Bu aralığın en altında dalga boyu yaklaşık 800 nanometre olan kırmızı ışık yer aldığı için ışık tayfının bu aralığın hemen altında kalan kısmına kızılötesi denir. Kızılötesi ışık ışınlarının dalga boyu görünür ışıktan daha uzundur, dolayısıyla enerjileri daha azdır. Mikrodalgalar ve radyo dalgaları ise kızılötesi ışıktan da daha uzun dalga boylarına sahiptir. Bu ışınlar, ışık tayfında kızılötesi ışığın da altında yer alır.

Dalga boyu yaklaşık 400 nanometre olan mavi ışığın hemen üstünde kalan kısım ise morötesi olarak adlandırılır. Tayfın bu kısmındaki ışık ışınlarının dalga boyu görünür ışıktan daha kısadır, dolayısıyla enerjileri daha fazladır. X-ışınları ve gama ışınları ise morötesi ışıktan da daha kısa dalga boylu yani daha yüksek enerjilidir. Bu ışınlar, ışık tayfında morötesi ışığın da üstünde yer alır.

Elektromanyetik Spektrumun Tarihçesi

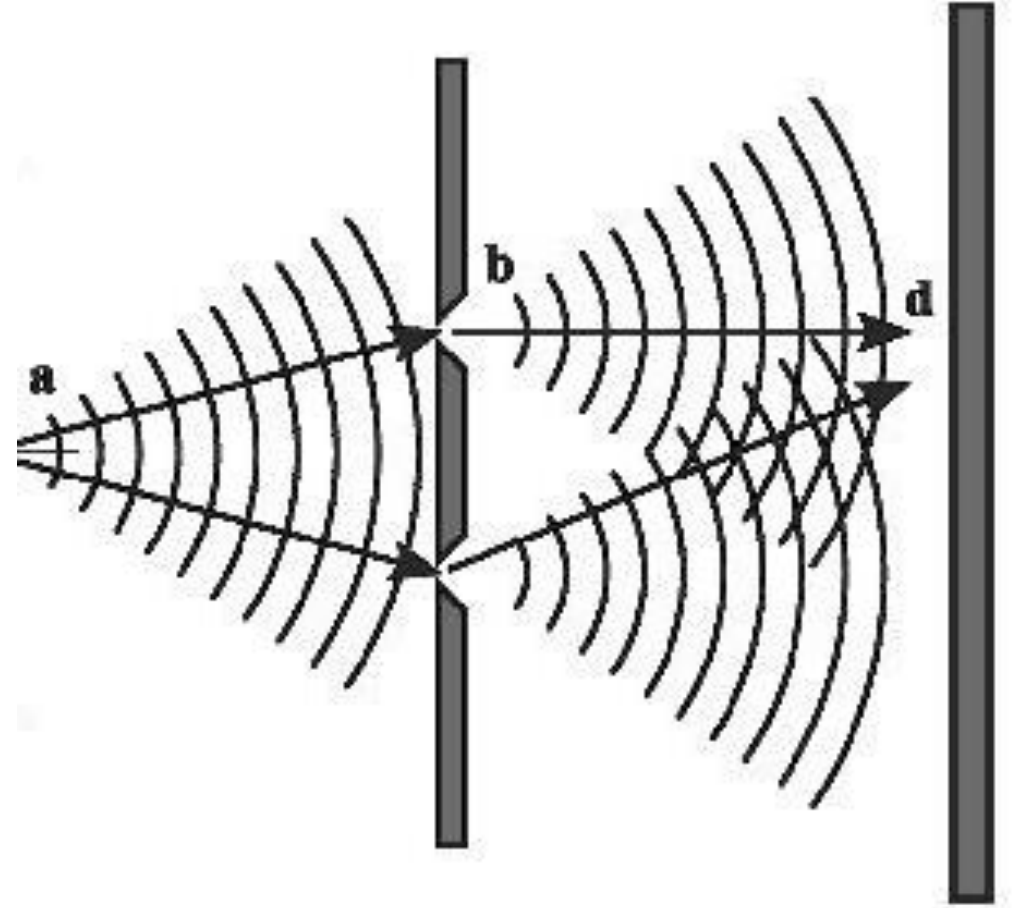
Yunan filozofları Pythagoras, Democritus, Empedocles, Plato, Aristoteles ve diğerleri, ışığın doğasıyla ilgili çeşitli teoriler geliştirdiler. Işığın doğrusal yayılımı Euclid tarafından yazılan Catoptrics kitabında (M.Ö. 300) "Yansıma Yasası" olarak yer almıştır.

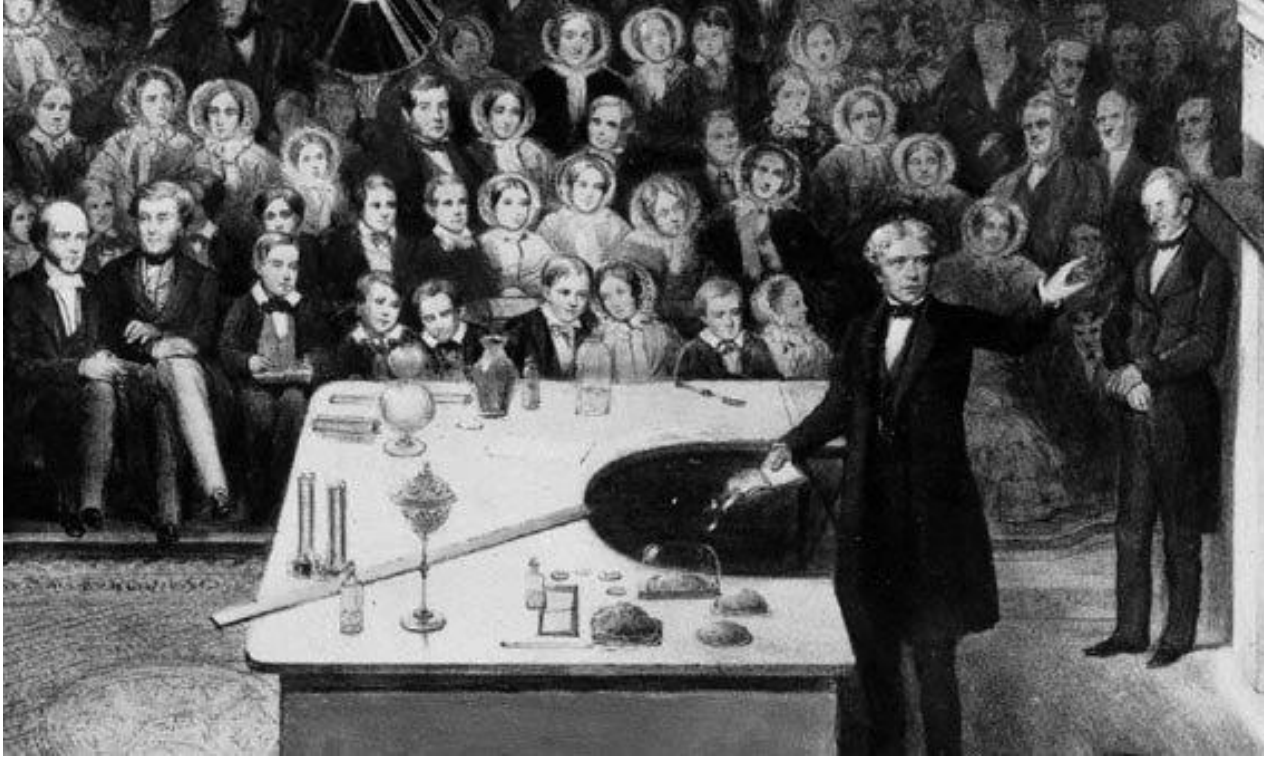


1666 yılında karanlık bir odada yaptığı prizma deneyiyle Newton, sanıldığı gibi olmadığını, beyaz ışığın aslında tüm renklerin bir karışımı olduğunu gösterdi. Newton bu deneyde tamamıyla gökkuşağının oluşumunu açıklayabilmeyi amaçlıyordu. Bunun için yapay bir gökkuşağı oluşturdu. Güneş ışığını küçük bir delikten geçirerek odaklandırdı ve doğruca yağmur damlası görevi görecek olan prizmaya gönderdi. Prizmadan geçen beyaz ışık yansıdığı yüzeyde yapay bir gökkuşağı oluşturuyordu.



1800'lü yılların başında Young'un yaptığı çift yarık deneyi ile dalga olduğu kanıtlanan ışığın, prizmadan geçerken dalga boylarına göre farklı açılarla kırıldığı ve böylece renklerine ayrıldığı anlaşıldı.





Faraday'ın elektromanyetizma alanındaki ilerleyişı, ışığın bambaşka gizemlere gebe olduğunu işaret etmekteydi. Faraday 1845 yılında yaptığı "Faraday Etkisi" isimli deneyiyle, ışığın bir manyetik alan içerisindeyken polarizasyon açısının değiştiiğini gördü.

1860'lı yıllarda James Clerk Maxwell bu denklemleri bir araya getirerek dalga denklemi türetti. Bu dalga denklemi elektromanyetik dalgaların varlığına dair bir öngörü oldu. Bununla birlikte, bu elektromanyetik dalgaların teorik hızı ışığın hızının deneysel değerleri ile eşitti. Maxwell böylece ışığın bir tür elektromanyetik dalga olduğunu gösterdi ve elektrodinamik ile optiği birleştirdi.

$$\nabla \cdot E = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

(1)

Gauss' law

$$\nabla \cdot B = 0$$

(2)

Magnetic monopoles

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

(3)

Faraday's law

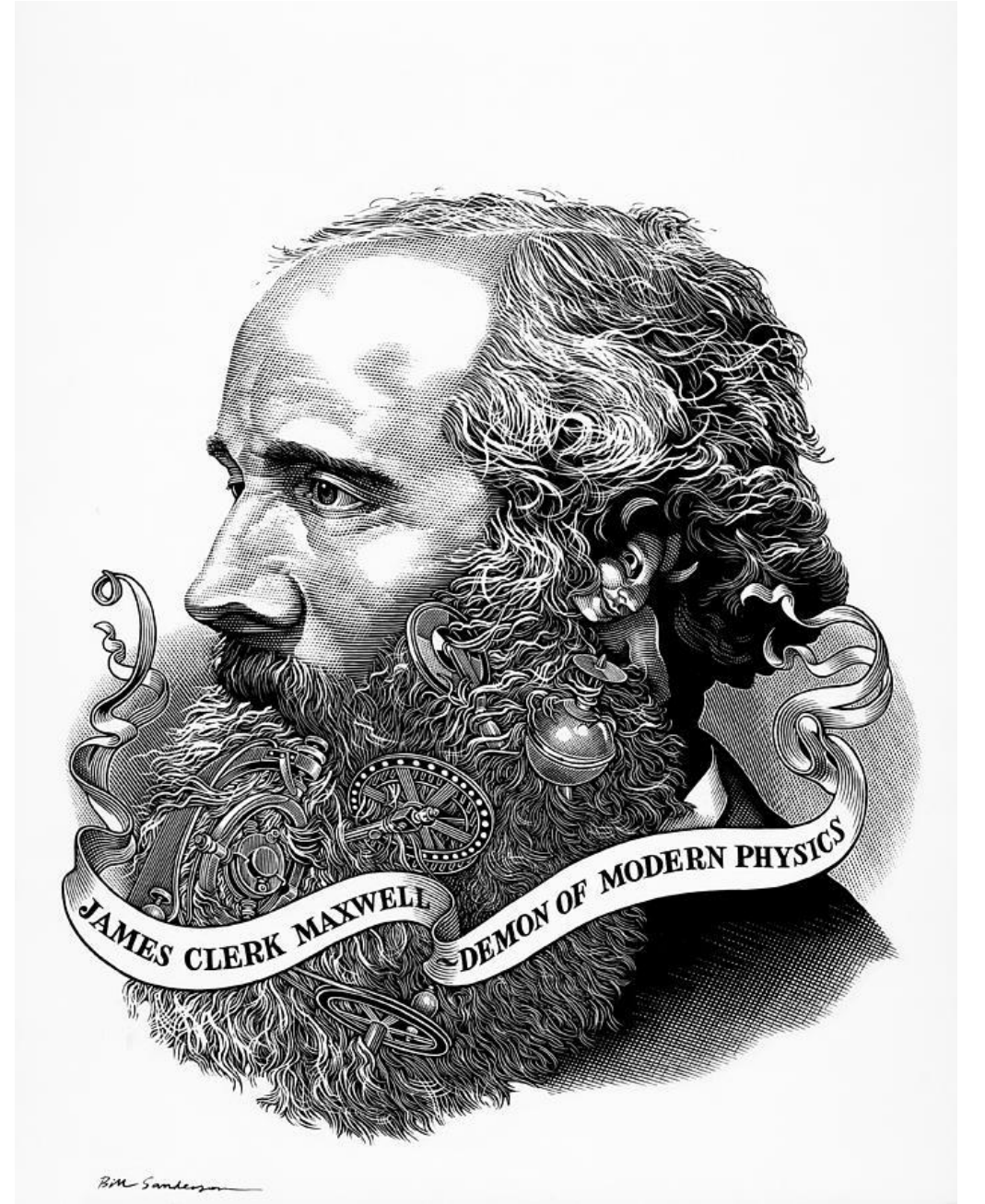
$$\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t}$$

(4)

Ampere-Maxwell law

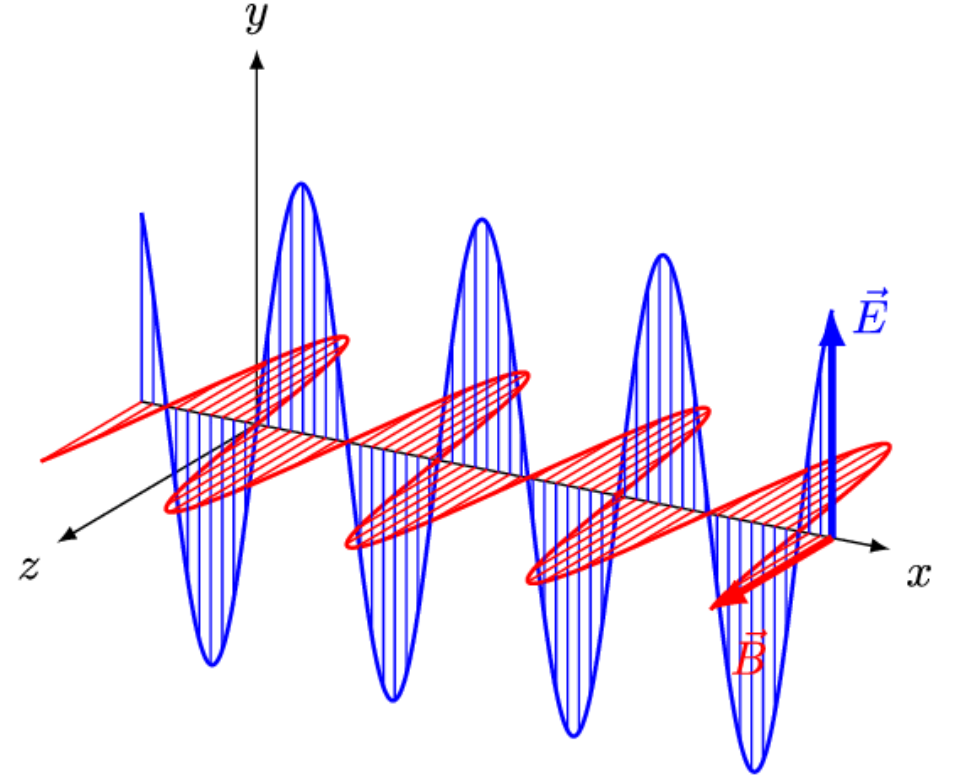
Maxwell'in olağan üstü keşfi, elektromanyetik kuramı ana hatlarıyla oluşturmakla birlikte, elektromanyetik spektrumun varlığının göstergesiydi. Kuram, spektrumun öyle sanıldığı gibi kızıl ötesi, görünür ışık ve mor ötesi ışımadan ibaret olmadığını söylüyordu çünkü denklemler baz alınarak spektrumun her bölgesini oluşturmak mümkün. Geriye kalan tek şey deneysel olarak keşfetmekti.

Keşifler birbiri ardına geldi; 1888'de Hertz radyo dalgalarını, 1895'de Röntgen X ışınlarını, 1900'de Villard gama ışınlarını keşfetti.



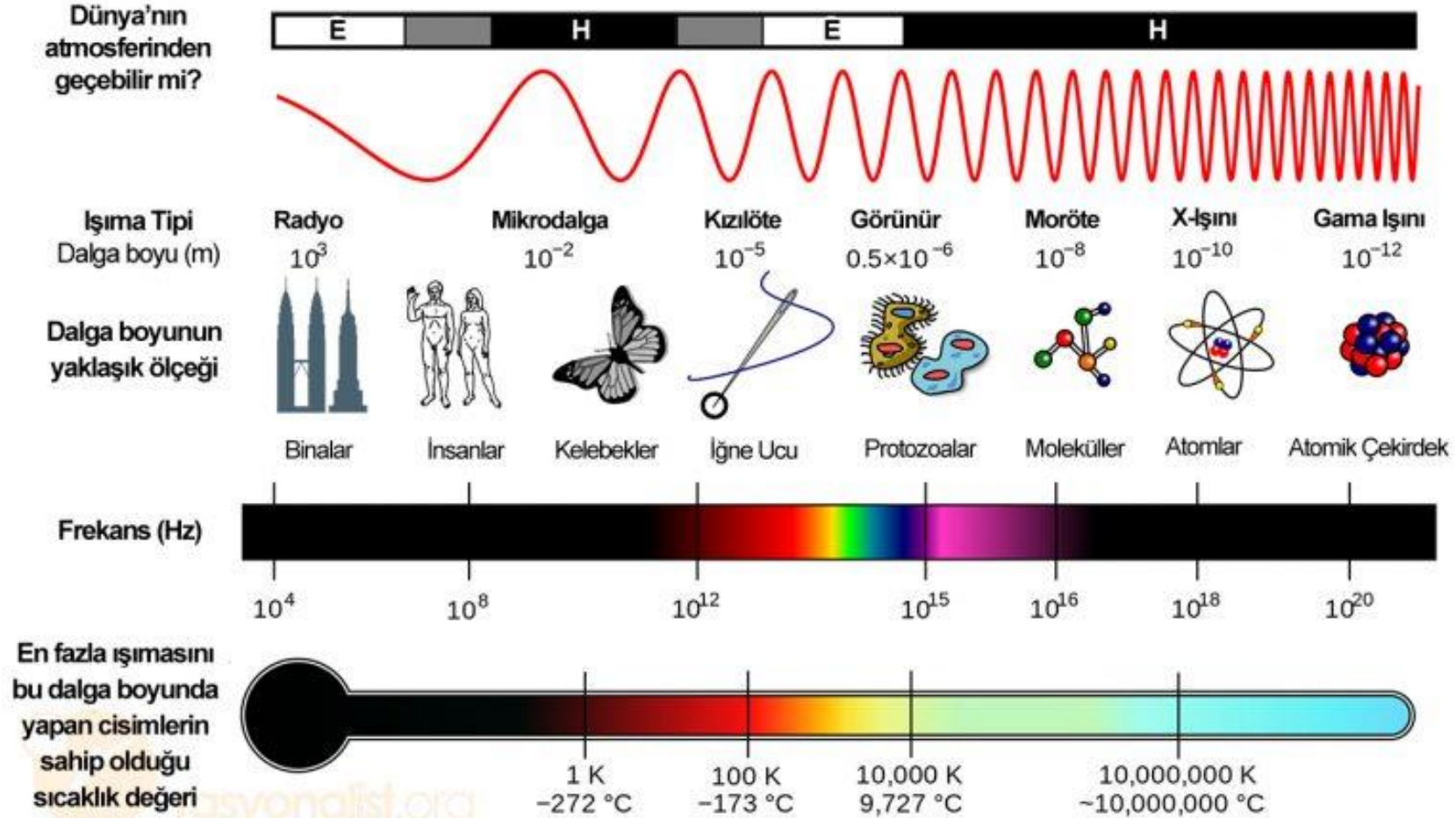
Elektromanyetik Dalgalar

Elektromanyetik dalgalar, birlikte değişen ve birbirine dik düzlemdeki elektrik ve manyetik alanlardan meydana gelir. Elektrik alan (**E**) ve manyetik alan (**B**) bileşenleri olmak üzere elektromanyetik dalganın iki bileşeni vardır. Bu iki bileşen birbirine dik, elektromanyetik dalganın yayılma yönü ise her ikisine de diktir. Mekanik dalgalardan en büyük farkları yayılmak için bir ortama ihtiyaç duymamalarıdır. Bunun anlamı elektromanyetik dalgaların sadece maddesel ortamlarda değil, aynı zamanda boşlukta da hareket edebileceğidir. Şeklimizde “**x**” doğrultusunda ilerleyen bir elektromanyetik dalganın 3 boyutlu hareketi görölmektedir.

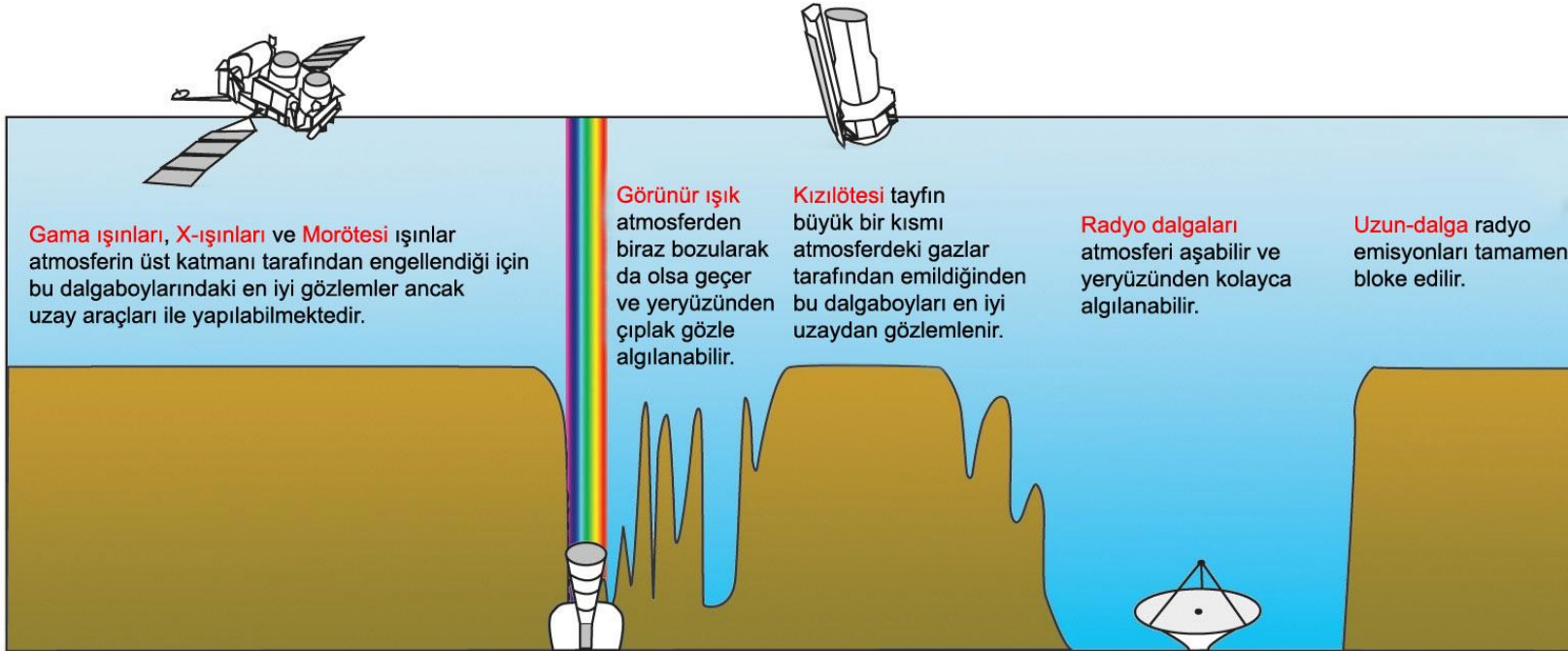
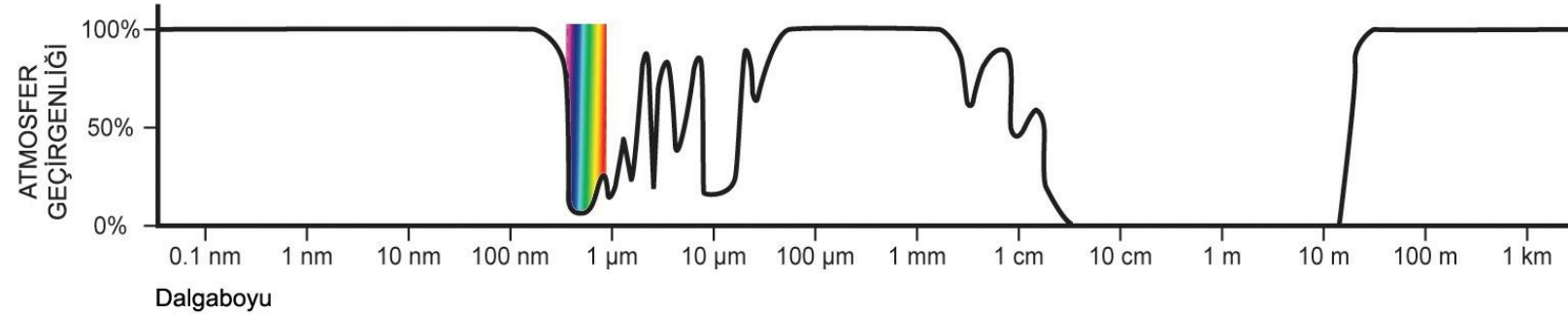


Elektromanyetik Spektrum

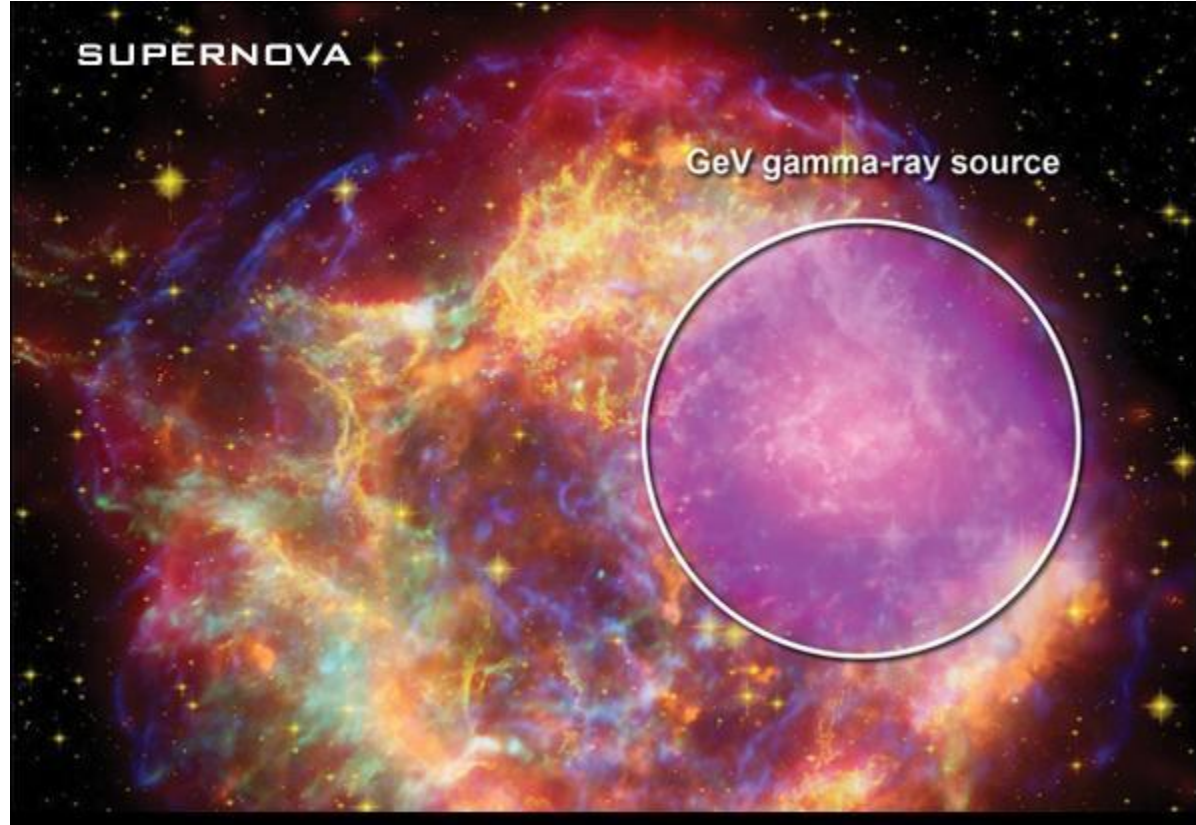
Işık ışınlarının frekanslarına ya da dalga boylarına göre sıralanmasıyla ışık tayfı elde edilir.



Atmosferin EMS Geçirgenliği



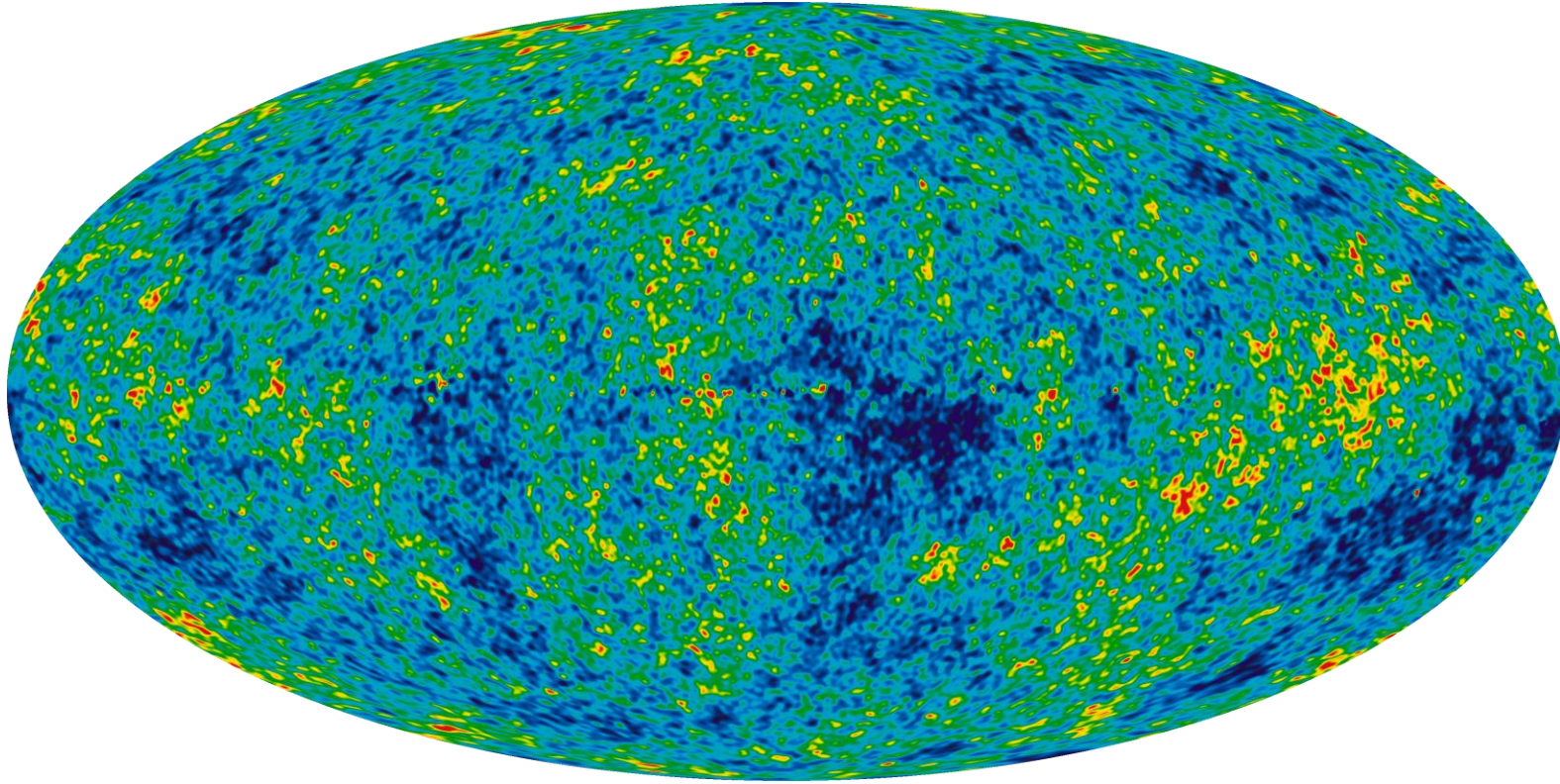
Elektromanyetik Dalga Çeşitleri



Radyo Dalgaları

Dalga boyu 1 milimetreden uzun elektromanyetik dalga sınıfıdır. Spektrumda en uzun dalga boyuna sahiptirler ve dolayısıyla en düşük frekanslı dalgalardır. Bir elektrik titreşimiyle üretilebilir ve evrenin her yerinde bulunabilirler. Süpernova patlamalarının kalıntılarından bile karşımıza çıkabilir. Bu nedenle evrenin uzak köşelerinden gelen radyo dalgalarındaki soğurma tayfı incelenerek bazı yıldız ve gezegen oluşumlarının madde yapısı anlaşılabilir. Telefon, televizyon ve radyoda bağlantı kablosu gerektirmeden kullanılır.



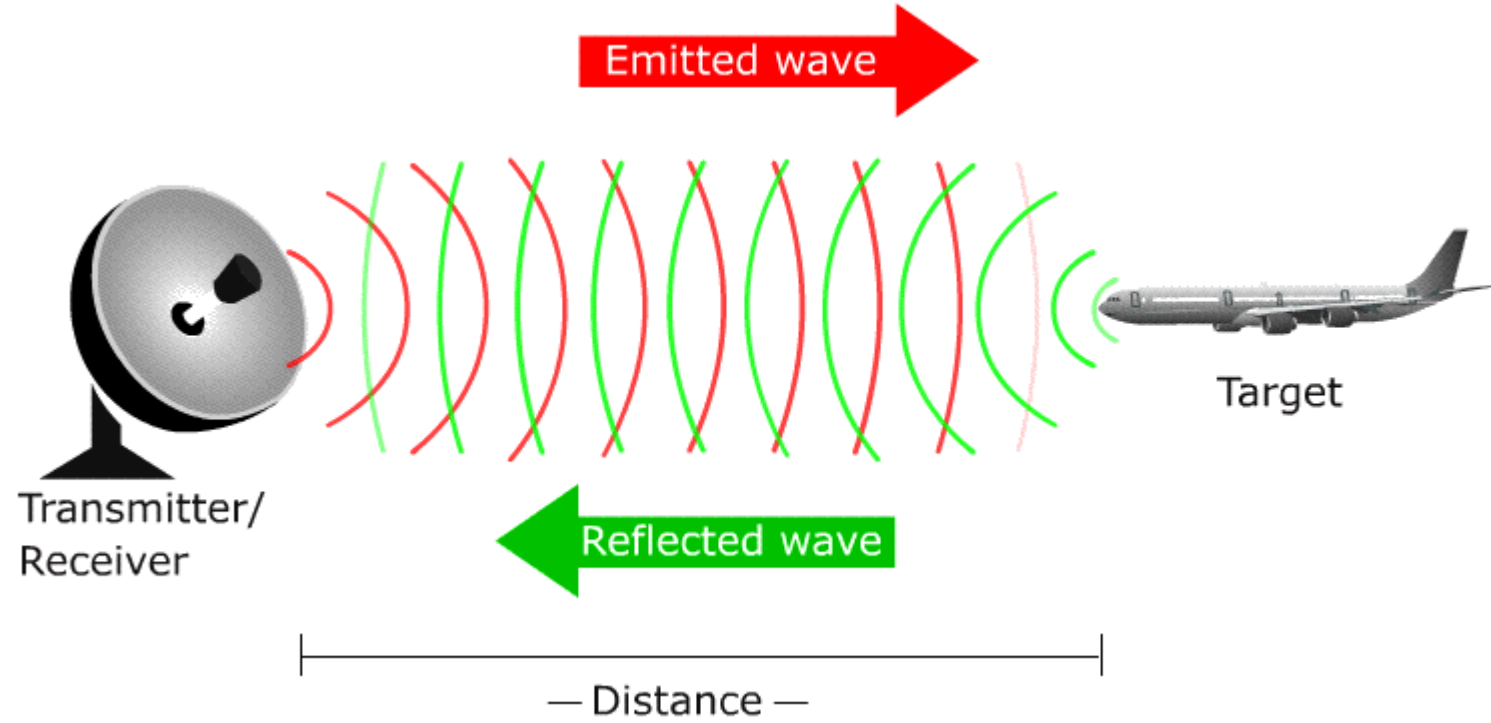


Evrenin oluşumunu açıklayan büyük patlama kuramıyla ilgili en önemli kanıtlardan biri olan 1.9 mm dalga boylu arka plan ışıması bu dalga sınıfına ait bir ışımadır.

Mikrodalga

Radyo dalgaları sınıfının 1 mm ile 1 metre arası dalga boylarını kapsayan bir alt sınıfıdır. Mikrodalgalar uzun mesafeli bilgi aktarımında kullanılabilen elektromanyetik dalgalardır. Mikrodalgalar yağmur, kar, sis ve kirli havanın içinden geçebilir. Bu yüzden iletişimde kullanılırlar. Radarlarda, cep telefonlarında, kablosuz internet erişiminde ve hepimizin bildiği mikrodalga fırınlarda mikrodalga sınıfı dalgalar kullanılır. Mikrodalga fırınlar su moleküllerinin titreşimini arttıracak özel bir dalga boyu değerinde(12.25 cm) çalışırlar.

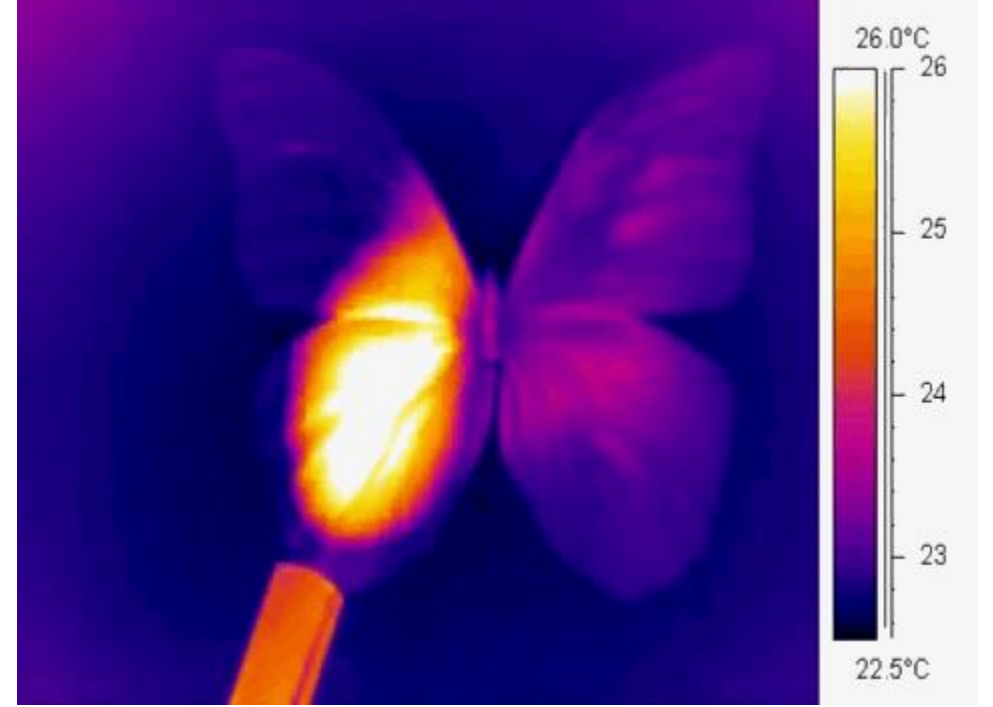




Denizcilerin kullandığı telsizler ile haberleşme, mikrodalgalarla sağlanır. Mikrodalgalar metal yüzeylerden yansır. Bu özelliklerinden faydalanılarak radarlar yapılmıştır. Radarlardan istifade edilerek trafikte hareket halindeki araçların hız kontrolü ve uçakların iniş, kalkış ve rotalarının takip edilmesi mümkün olur.

Kızılötesi (Infrared) Işıklar

Kızılötesi dalgalar, dalga boyları 700 nm ile 1 mm arasında olan elektromanyetik dalgalar. Tüm sıcak cisimlerin yaydığı gözle görülemeyen elektromanyetik dalgalar. Uzak kızılötesi dalgalar bir toplu iğne başı büyüklüğünde ve termal (ısı) şekilde yayılan dalgalar. Ateş, güneş ışığı, radyatör gibi ısı yayılım bölgelerinde karşımıza çıkmaktadır. İnsanlar, normal vücut sıcaklığında yaklaşık 10 mikron dalga boyunda infrared dalga yayabilir. Göz bunu algılayamaz, kızılötesi enerji genellikle ısı olarak algılanmaktadır. Sıcaklık farklarını algılayabilmek için özel kamera ve filmler kullanılır.

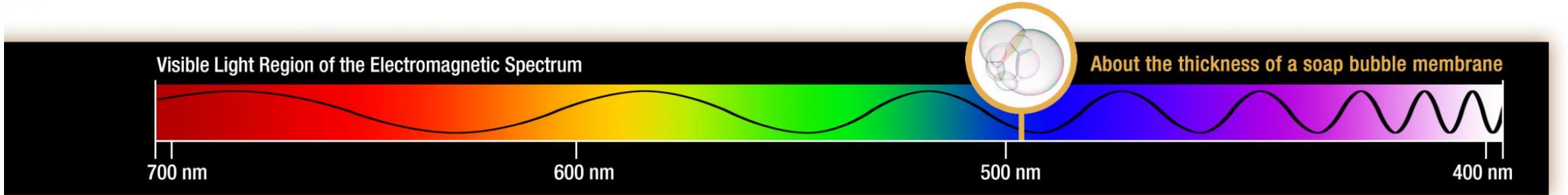




Yakın kızılötesi dalgalar ise mikroskobik boyuttadırlar. Dalga boyu kısa olan bu dalgalar en yaygın şekli ile TV kumandalarında kullanılmaktadır.

Görülebilir Işık Dalgaları

Dalga boyu 400 nm ile 700 nm arasında olan elektromanyetik dalgalar görülebilir ışık dalgalarıdır. Görülebilir ışık dalgaları, elektromanyetik spektrumun çok küçük bir bölümünü oluşturur.

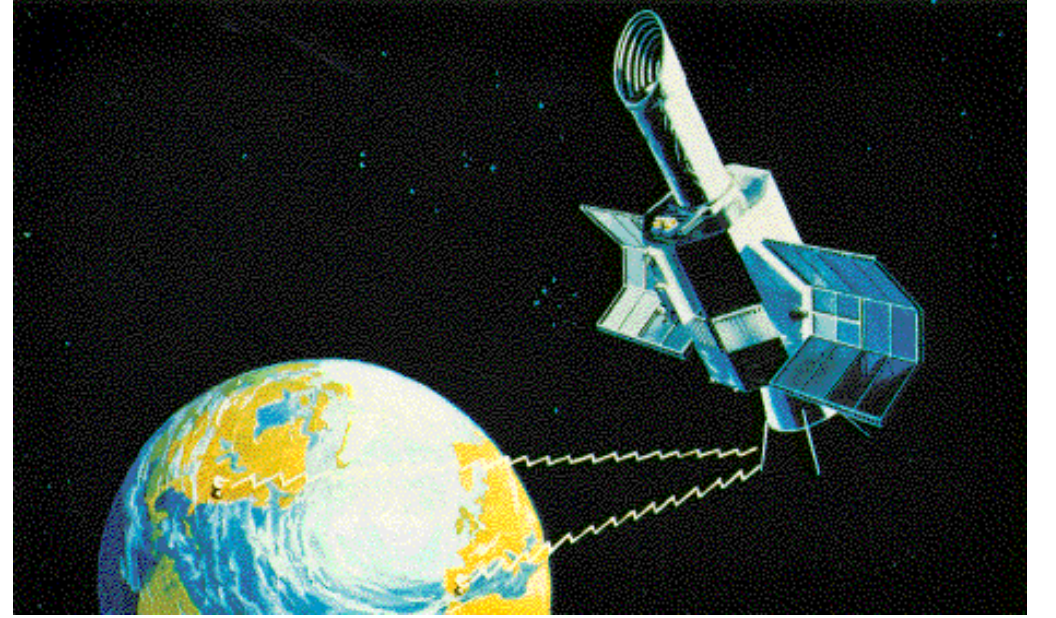


En uzun dalga boyuna sahip ışık kırmızı en kısa dalga boylu ışık mordur. Bütün dalgaların birlikte görüldüğü noktada beyaz renk oluşur. Beyaz ışık bir prizma yardımı ile tayflara ayrılır ve farklı dalga boylarında renkler oluşturulur. Her renk elektromanyetik spektrumun farklı bir dalga boyuna karşılık gelir. Görünür ışık, elektromanyetik spektrumun gözle görülebilir kısmında olduğundan, farklı dalga boylarında ışık algılayabilir araçların kullanımını kolaylaştırır. Dünya bu araçların etrafında odaklıdır ve bu araçlar evren kökeni ve geleceği ile ilgili çalışmalara çok büyük katkı sağlamaktadırlar. Uzaydaki gezegenlerin incelenmesinde kullanılan Sky Teleskoplar da bu aletler kullanılarak oluşturulmuştur.



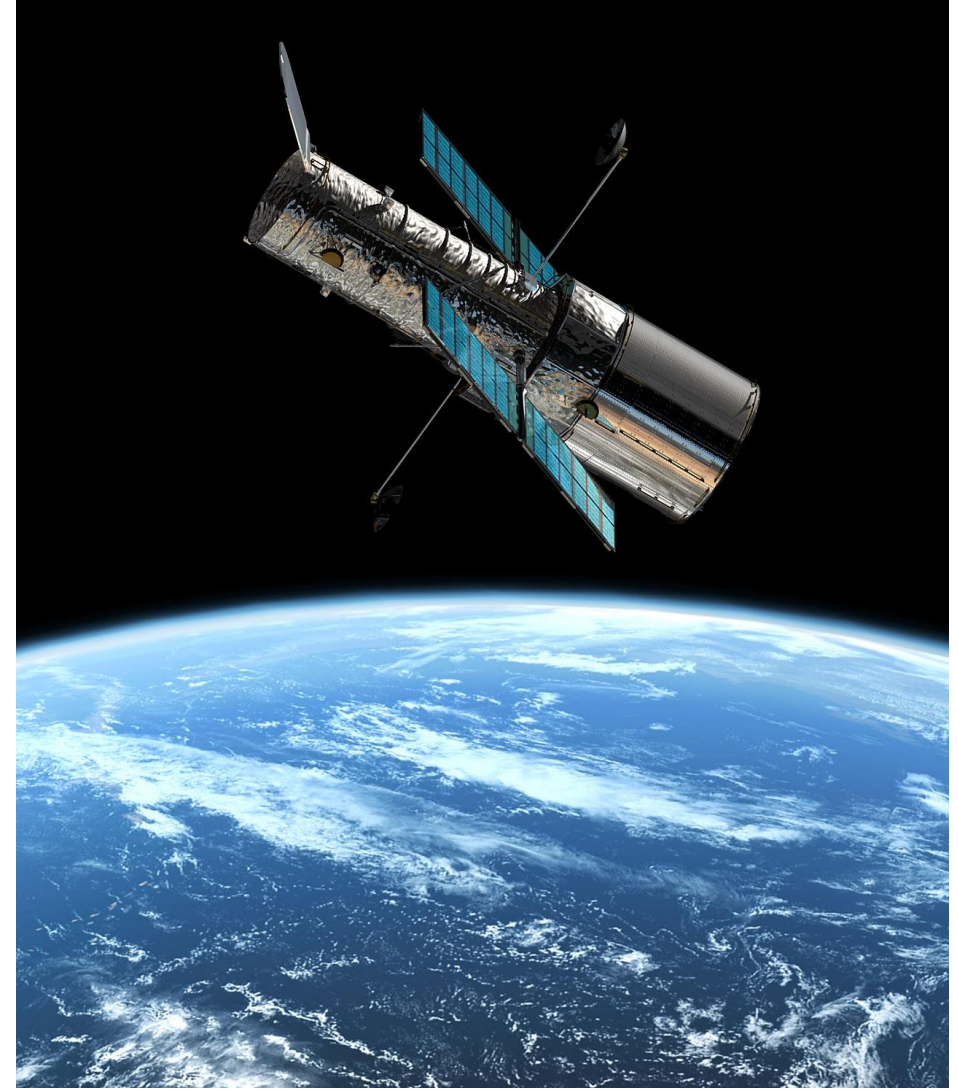
Ultraviyole (Morötesi) Dalgalar

10 ile 400 nanometre dalga boyu aralığındaki ışımalardır. Ultraviyole ışık “Ultraviyole Teleskoplar” tarafından ölçülebilir. Yakın UV dalgalar görünür bölge ışığına benzer özellikteki UV dalgalarıdır. Astronomik çalışmalara yardımcı olmak için geliştirilmiş farklı uydular vardır. Bunların bir çoğu sadece UV ışığını algılayarak yıldız ve galaksilerin gözlenmesinde kullanılmaktadır. Örneğin, Hubble Uzay Teleskobu, yakın ultraviyole ışığı gözlemlerken, NASA’nın Extreme Ultraviolet Explorer uydusu şu anda aşırı ultraviyole evreni araştırmaktadır.



Extreme Ultraviolet Explorer Uydusu

Güneş'ten gelen bazı ultraviyole dalgaları Dünya'nın atmosferine nüfuz edebilmesine rağmen, çoğu Ozon gibi çeşitli gazlar tarafından engellenir. Bu yüzden morötesi ışınları algılayacak olan teleskopun ozon tabakası dışına koyulması gerektiğidir. Bildiğimiz gibi güneş, farklı dalga boylarında ışık yayar ancak ultraviyole dalgaları canlı hücrelerine en çok zarar veren ışınlardır, farklı derecelerdeki etkileri ile güneş yanıklarına neden olmaktadır.

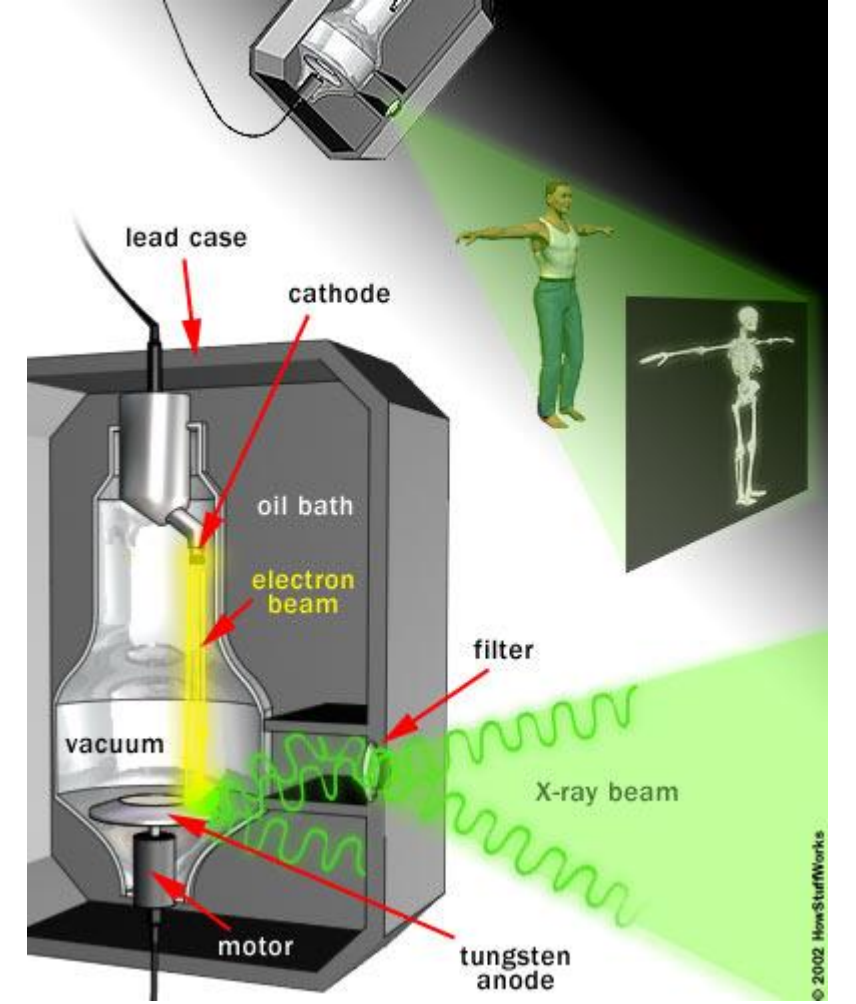


Hubble Uzay Teleskobu

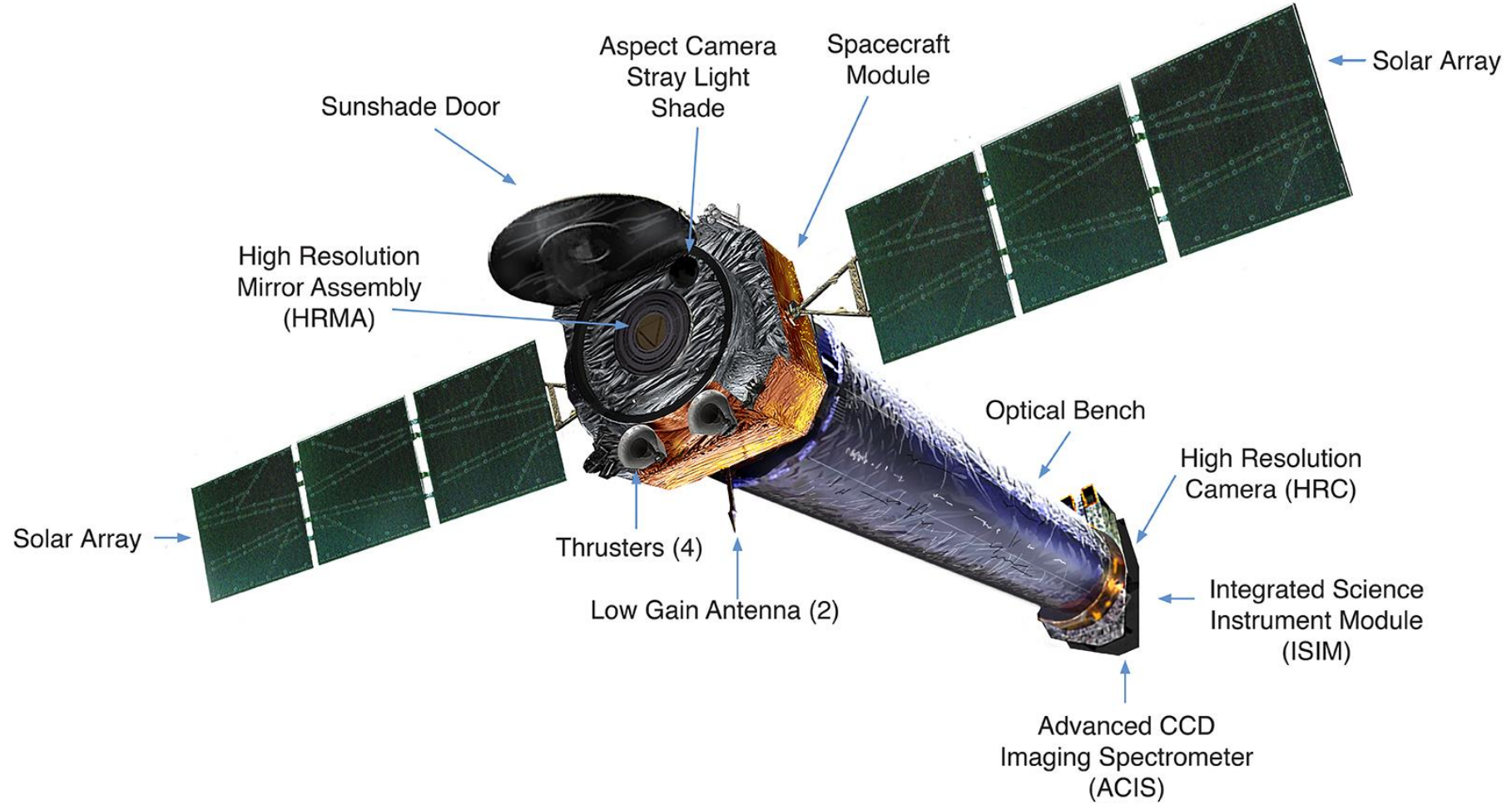
X Işınları

Dalga boyları 0.01 ile 10 nanometre aralığında değişen dalgalardır. Bunlar ultraviyole dalgalarından daha küçük dalga boylarında olduğu için enerjileri de daha yüksektir. Dalga boylarının çok küçük olması dalgadan çok parçacık gibi hareket etmesine neden olmaktadır. Dünya atmosferi X-ışınlarını geçirmeyecek kadar kalın olduğu için bu elektromanyetik dalgalar neredeyse yeryüzüne hiç temas edemez.

X-ışınlarını gözle görmek mümkün değildir. Fakat bu dalgalar X-ray filmler yardımı ile görüntülenebilmektedirler. X-ışını dedektörleri, X-ray ışığından foton toplayarak odaklanmak için tasarlanmışlardır. Bilimsel olarak röntgen görüntülemelerinde de X ışınlarından faydalanılmaktadır. Cilt ve deri tarafından soğurulan X-ışınları kemik ve dişler üzerine düşerek görüntü almayı sağlamaktadır.



Uzaydaki birçok cisim X-ışını yaymaktadır. Bu cisimler milyon dereceden daha yüksek ısı yaydıklarından X-ray teleskopları tarafından kolay algılanabilmektedirler.

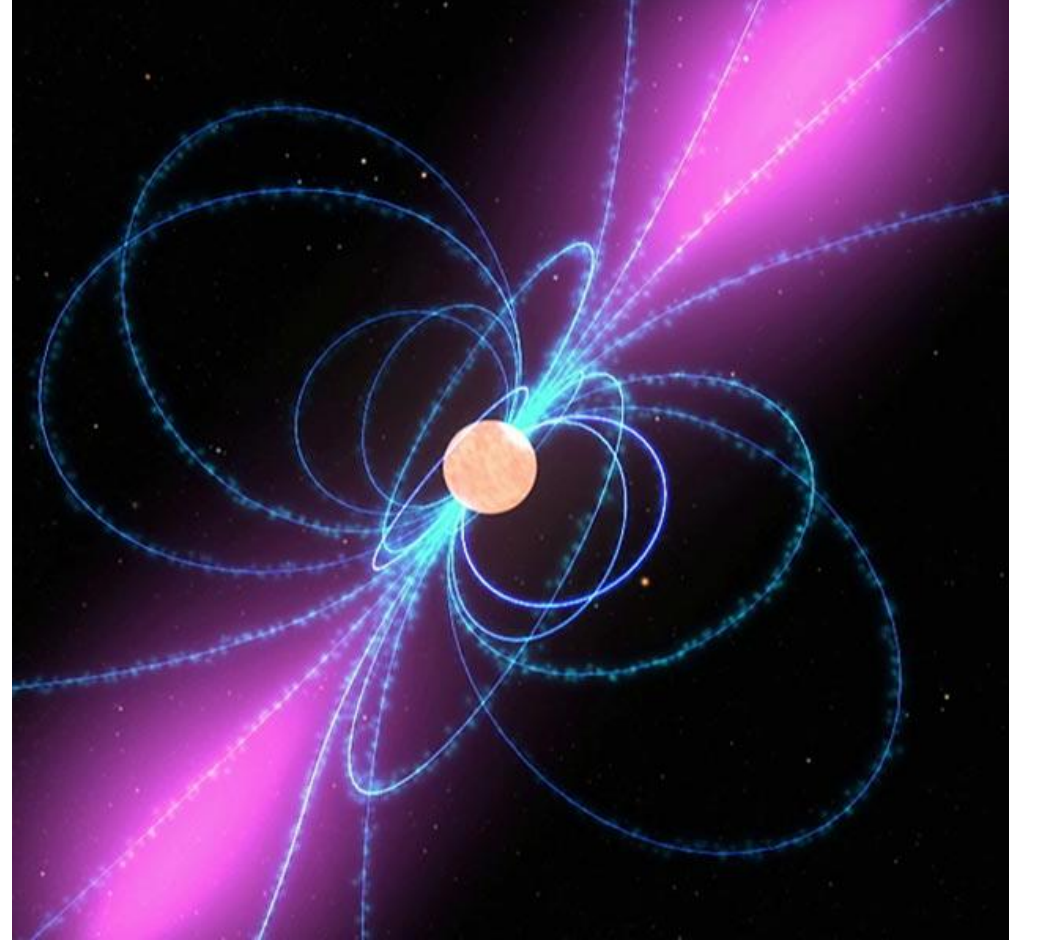


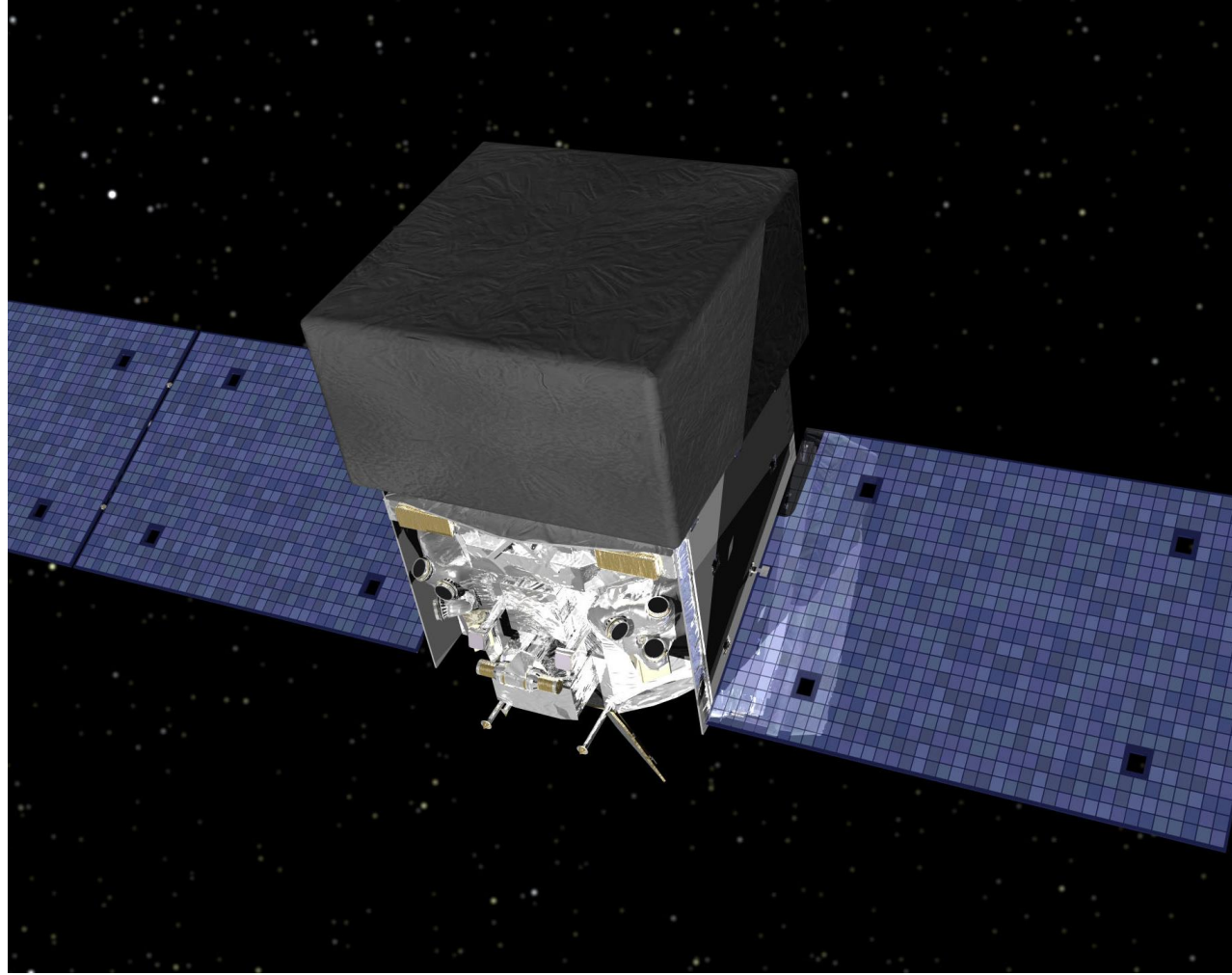
Chandra X-Ray Teleskobu

Gama Işınları

0.01 nanometreden daha küçük dalga boylu ışımalardır. Spektrumun en yüksek enerjili bölgesidir. Bu dalgalar nükleer patlamalar ve radyoaktif atomlar tarafından üretilir. Gama ışınlarının kaynağı olarak süpernova patlamaları, nötron yıldızları, pulsar ve kara delikler gösterilmektedir.

Bu elektromanyetik dalgalar dünya atmosferi tarafından soğurulduğu için yeryüzüne nüfuz etmesi mümkün değildir. Gama ışınları yüksek enerjili fotonlar sebebiyle Gamma-Ray teleskoplardan yansıması ve enerji kaybı ile bir Compton saçılması sürecinde özel dedektörler kullanılarak ölçülebilmektedir.





Fermi Gama Işıını Uzay Teleskobu



Kaynakça:

- arxiv.org/archive/physics
- nasa.gov
- rasyonalist.org
- evrimagaci.org
- Fundamentals of Physics.-8th Edition. Extended/David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker
- Introduction to Electrodynamics -3th Edition David J. Griffiths
- kuark.org
- acikbilim.com
- gozlemevi.omu.edu.tr
- ktu.edu.tr
- dergipark.org.tr
- Kızılötesi İşleme ve Analiz Merkezi, Caltech / JPL
- Polar, Pixie, ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
- NASA Science & [missionscience.nasa](https://missionscience.nasa.gov)