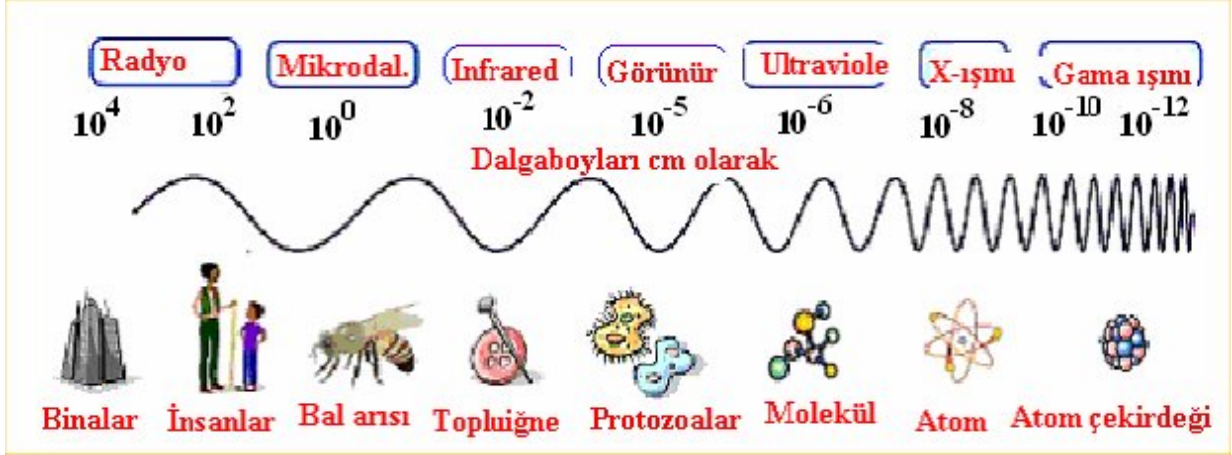


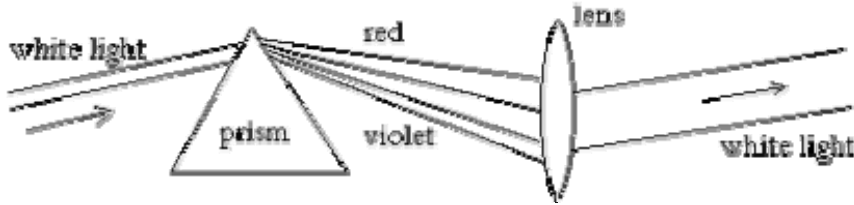
# İŞIK, RENK VE ELEKTROMANYETİK TAYF (ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM)

Hazırlayan: Erkan Yücel

## 1. Elektromanyetik tayf nedir ?



Beyaz ışık kırıldığı zaman çeşitli renklere ayrılır. Bu olayın nedenini 1666'da ünlü İngiliz bilim adamı Isaac Newton açıklamıştır. Newton bir Güneş ışını demetini karanlık bir odada bir prizma geçirdiğinde, bildiğimiz beyaz ışık cam prizmanın öbür yüzünden çıkarken mor, lacivert, mavi, yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı renkli ışınlara ayrılmıştı. Bu renkli ışın demetlerine TAYF denir. Gene Newton'un deneylerine göre bu ışık tayfı tersine çevrilmiş ikinci bir prizmadan geçirildiğinde yeniden beyaz ışık demetine dönüşüyordu. Ama tayftaki renklerden yalnızca biri, örneğin kırmızı prizmadan geçirildiğinde hiçbir değişikliğe uğramıyordu.



Bu deneyde beyaz ışığın bileşenlerine ayrılmasının sebebi, yapısındaki her rengin değişik açılarda kırılmasıdır. Işık kırıcılık katsayıları farklı olan saydam bir maddeden (hava) bir başka saydam ortama (cam) geçtiği zaman kırılır. Kırılma miktarı ışığın dalga boyuna bağlıdır. Dalga boyu ne kadar kısa ise kırılma da o kadar büyük açı ile olur. Örneğin mavi ışınlar kırmızı ışınlarla göre daha büyük bir açıda kırılır çünkü mavi ışığın dalga boyu kırmızınıninkine göre çok daha küçüktür. Gökkuşağı da bu yolla oluşur. Havadaki her bir yağmur damları prizma görevi görerek ışığı bileşen renklerine ayırır.

Günümüzde radyo dalgalarından ısıya, görünür ışıktan morötesi, X ve kozmik ışınlar kadar bütün ışın enerjisi birimlerinin elektromanyetik yapıda olduğu biliniyor. Örneğin ışık ile radyo dalgaları arasındaki tek fark dalga boylarıdır.

Buradan yola çıkarak elektromanyetik tayfın tanımını yapabiliriz:

\*\*\*

**ELEKTROMANYETİK TAYF ( SPEKTRUM ) GAMA IŞINLARINDAN RADYO DALGALARINA KADAR BİLİNEBİLİR TÜM ELEKTROMANYETİK DALGALARI İÇEREN DİZİLİMDİR.**

\*\*\*

Görünür ışık tayfı, en uzun radyo dalgalarından en kısa dalga boylu gamma ışınlarına kadar uzanan elektromanyetik tayfın bütünü içinde çok küçük bir aralığı kapsar.

Tayfin dalga boylarına göre dizilen bileşenleri şunlardır:

- **Gamma ışınları:** *0,01 nanometreden daha küçük dalga boylu ışınlardır.* Bir atom çekirdeğinin çapından daha küçük dalga boylu dalgalar içerirler. Bu elektromanyetik tayfin en yüksek enerjili ve frekanslı bölgesidir. Pulsarlar, kara delikler ve kuazarlar gibi cisimlerde meydana gelen şiddetli nükleer tepkimeler sonucu oluşurlar. Ayrıca süpernova patlamalarında ve karadeliğin etrafını çevreleyen madde diskinden karadeliğin olay ufkundan içine düşen maddenin aşırı ısınması sonucu da oluşurlar.
- **X ışınları:** *0.01 ile 10 nanometre arasında dalga boyuna sahip ışınlardır* (bir atomun boyu kadar). Alman fizikçi Wilhelm Conrad ROENTGEN tarafından keşfedilmişlerdir. Sınıflandırmada nereye ait olduklarını bilmediği için onlara X-Işınları adını vermiştir. Kaynaklar: lambalar, x ışını tüpleri ve metal bir hedefe çarpan hızlı elektronlardır. X ışınları yumuşak maddelerin içine nüfuz ederler.
- **Morötesi (UV) radyasyon:** *10 ile 310 nanometre arasında dalga boyuna sahip ışınlardır* (yaklaşık olarak bir virüs boyutunda). Genç, sıcak yıldızlar bol miktarda morötesi ışık üretirler ve yıldızlararası uzayı bu yüksek enerjili ışınlarla yıkarlar. Kaynaklar; lambalar, gaz deşarjları ve de yıldızlardır. A, B ve C olmak üzere üç kısımda incelenirler. Kısa dalga boylu morötesi ışınlar zararlı olabilirler. 2650 °A dalgaboyu gözlere zararlı, o yüzden UV koruyucu gözlükler özellikle bu dalga boyundaki UV ışınlarını keser.
- **Görünür ışık:** *400 ile 700 nanometre dalga boyları arasındaki ışınları kapsar* (bir molekül ile tek hücreli arası boydadırlar). Işık diye hitap edilen elektromanyetik spektrumun bu küçük bölümünü insan görebilir. Güneş yeryüzü ışığının % 99,999' unu sağlar. Bu bölümde mor ile başlayan ve kırmızıyla biten renkler vardır.
- **Kızılötesi (IR) radyasyon:** *710 nanometreden 1 milimetre arası dalga boylarına sahip ışınları kapsar* (iğne ucu ile küçük bir tohum kadar boyları vardır). Bütün sıcak ve soğuk maddeler tarafından oluşturulurlar. Atomlar tarafından emildiklerinde maddeyi ısıtırlar, onun için de ısı radyasyonu da denir. 37°C sıcaklığa sahip olan vücudumuz 900 nanometrelilik kızılötesi ışımaya yapar.
- **Mikrodalga radyasyonu:** *1 mm ile 1 metre arası dalga boylarına sahip ışınları kapsar.* Radarlarda kullanılan çok kısa dalga boyuna sahip radyo dalgalarıdır. Aynı zamanda mikrodalga fırınlarda ve kablo gerektirmeyen uzak mesafe iletişimlerde kullanılır.
- **Radyo dalgaları:** *1 milimetreden uzun dalgalarıdır.* En uzun dalga boyuna sahip olduklarından en düşük enerjiye ve sıcaklığa da sahipler. Radyo dalgaları her yerde bulunabilir: Arka alan ışınımında, yıldızlararası gaz ve toz bulutlarında ve süpernova patlamalarının soğuk kalıntılarında. Bunların kaynakları elektrik titreşimleridir. Telefon, televizyon ve radyoda bağlantı kablosu gerektirmeden kullanılır.

<b>Fotonun bölgesi</b>	<b>Dalga boyu</b>	<b>Frekans (Hz)</b>	<b>Foton Enerjisi</b>
Radyo Dalgası	1km	$3 \times 10^5$	1 neV
Mikrodalga	1 cm	$3 \times 10^{10}$	120 $\mu$ eV
Kızılötesi	10 $\mu$ m	$3 \times 10^{13}$	120 meV
Görünür	550 nm	$5 \times 10^{14}$	2 eV
Ültraviyole	100 nm	$3 \times 10^{15}$	12 eV
X-ışını	0.05 nm	$6 \times 10^{18}$	25 keV
Gama ışını	0.00005 nm	$6 \times 10^{21}$	25 MeV

## 2. Tayf türleri

**A-) Kaynaklarına göre:** **Salma** tayfı ve **soğurma** tayfı. Akkor sıcaklığındaki bir ocak demiri veya ampul teli gibi yoğun ısı nedeniyle ışılan (akkor halindeki) bir cismin ürettiği tayf **salma tayfıdır**. Akkor halindeki çoğu katı cisim, renk kuşaklarının birbiri içine girdiği kesiksiz bir tayf salar. Ama bir gaz, içinden elektrik akımı geçirilerek akkor hale getirildiğinde iki yada daha çok parlak çizgiden oluşan bir tayf salar. Örneğin, sodyum buharı parlak iki sarı çizgi, potasyum buharı ise iki kırmızı ve iki mor çizgi verir. Her element yada saf kimyasal maddenin kendine özgü bir salma tayfı vardır.

Herhangi bir kaynaktan gelen kesintisiz ışık göreceli olarak daha soğuk ve düşük basınçlı gazdan geçirilirse sadece o gaza ait dalgaboyundaki ışınım emilecek, geri kalanlar yoluna devam edecektir. İşte bu da **soğurma tayfıdır**.

**B-) Yapısına göre:**

**i) kesintisiz-** tüm dalga boyları görülebilir



**ii) karanlık çizgili-** çok özel bazı dalga boylarının eksik olduğu kesintisiz tayf



**iii) parlak çizgili-** sadece spesifik dalga boyları, kesintisiz arka fon yok

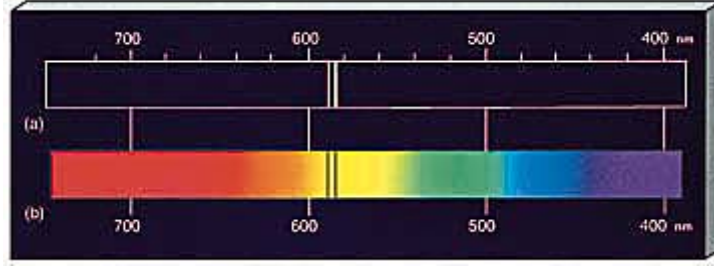


## 3. Fraunhofer çizgileri nedir, nasıl oluşur ?



Daha önce sözünü ettiğimiz gibi, cam bir prizmadan geçen Güneş ışığının teknik olarak beyaz ışığın tayfı diye bilinen renkli bir gökkuşağı yelpazesi oluşturduğunu ilk kez Isaac Newton bulmuştu. Ancak bir yüzyıl kadar sonra Alman fizikçi Joseph von Fraunhofer daha iyi optik teknikler kullanarak, Newton'un gökkuşağı demetinin çok sayıda ince karanlık çizgilerle kesildiğini fark etti. Fraunhofer, şimdi kendi adıyla bilinen, bu türden yaklaşık 600 çizginin bir listesini yayımladı. Güneş ışığı yüzeylerinden yansıdığı için parlak olan Ay'ın ve diğer gezegenlerin tayflarında da aynı çizgilerin görüldüğünü fark etti. Öte yandan laboratuvar beyaz ışık kaynakları tarafından yayılan ışığın tayfı, tayfölçer' de hiçbir karanlık çizgi olmadan, sürekli bir gökkuşağı demeti olarak görünüyordu. Bu da Fraunhofer çizgilerinin Güneş kökenli olduğunu kanıtladı.

Fraunhofer çizgilerinin anlamını 50 yıl sonra 1861' de başka iki Alman bilim adamı, Gustav Robert Kirchhof ve Robert Wilhelm Bunsen açıkladı. Kirchhof, çoğu kez D ile gösterilen Fraunhofer çizgisinin, Güneş ışığı tayf ölçere girmeden önce, bir sodyum bileşeni (örneğin sofr tuzu) katılması ile sarartılan bir gaz yakıcısının alevinden geçirildiğinde çok daha karardığını gördü. Kirchhof, Fraunhofer çizgileri ile bozulmayan, bir laboratuvar kaynağının beyaz ışığının aynı sarı alevden geçirildiğinde Güneş tayfındaki D çizgisi ile tam aynı noktada oldukça karanlık bir çizgi gözledi. Ama karanlık bir odada bir tayf ölçerden sodyum renkli bir aleve baktığında Kirchhof, karanlık fon üzerinde aynı noktada parlak bir sarı çizgi buldu.



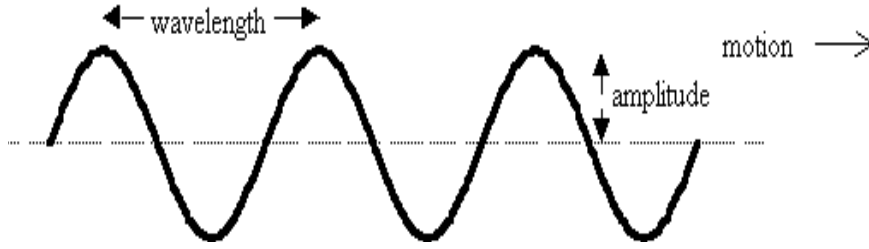
### GÜNEŞ IŞIĞINDAKİ SODYUM "D" ÇİZGİSİ

Bu deneylerden elde edilecek sonuç açıktı. Görünüşe göre Güneşin sıcak yüzeyi (fotosfer) tarafından yayılan beyaz ışık, dışarı çıkarken, baştaki kesintisiz tayftan belirli dalga boylarını soğuran gerek sodyum gazları gerekse diğer kimyasal maddeleri içeren seyrekleştirilmiş gaz tabakasından (kromosfer) geçiyordu. Eğer Güneş ışığı daha sonra sodyum gazı alevinden geçerse karanlık D çizgisi daha da koyulaşıyor. Öte yandan sodyum alevi karanlık bir odada gözleendiğinde alevin tayfında aynı dalga boyunda parlak bir salma çizgisi görülüyor. Buradan da Güneş atmosferinde buhar halinde sodyum metalinin bulunduğu anlaşılmıştır.

### Kirchhof Kanunu:

***Sıcak gaz yada buhar halindeki her elementin kendi yayabildiği aynı tayf çizgilerini soğurur.***

## 4. Dalga ile ilgili genel tanımlar



Durgun yüzeye sahip bir göle bir taş attığımızı varsayalım. Taşın suya çarpması ile birlikte göl yüzeyinde bir takım su kabarmaları ve bunların da arasında çöküntüler görülecektir. İşte su yüzeyindeki bu düzenli kabarma ve çalkantılara **DALGA** denir. Dalgalar bütün katı, sıvı ve gazlarda görülebilir, ör. hava, su, toprak, metal vs. Suya attığımız taş su kütlelerinin dengesini bozan bir tedirginlik kaynağıdır. Uygun bir tedirginlik kaynağı varlığında yukarıda saydığımız tüm ortamlarda dalgalar oluşabilir.

**Dalga boyu:** Bir dalga hareketinde birbirini izleyen iki tepe veya çukur noktası arasındaki uzaklığa yada elektromanyetik dalgaların bir salınımda aldıkları yola **DALGA BOYU** denir. Dalga boyu birimi bizim kullandığımız mesafe birimleridir, örneğin santimetre, metre, kilometre.

**Dalga periyodu:** İki dalga tepesinin veya çukurunun belirli bir noktadan art arda geçişi arasındaki süreye **DALGA PERİYODU** denir.

**Frekans:** Elektromanyetik dalgaların saniyede yaptığı salınım sayısına yani kendilerini tekrarlama sıklığına **FREKANS** denir. Frekansın birimi **Hertz (Hz)** dir. 1 Hz saniyede bir salınım yani bir tekrar; 1 kHz yada kilohertz saniyede 1000 Hz; 1 MHz yada megahertz saniyede 1 000 000 Hz; 1 GHz yada gigahertz ise saniyede 1 milyar Hz yada  $10^9$  Hz' dir.

**Hız:** Bir dalganın hızı dalga boyunun frekansına çarpımına eşittir.

Dalga boyu ile frekans arasındaki ilişki şöyle gösterilebilir:

$$v = \lambda f$$

$v$  = hız

$\lambda$  = dalga boyu

$f$  = frekans

Elektromanyetik radyasyon için hız, ışığın hızına ( $c$ ) eşittir.

$$c = \lambda f$$

$c$  = ışık hızı

$\lambda$  = dalga boyu

$f$  = frekans

## 5. Frekans, dalga boyu ve enerji arasındaki ilişki nedir ?

Bir dalganın enerjisi frekansı ile doğru, dalga boyu ile de ters orantılıdır. Diğer bir deyişle enerji ne kadar büyük ise frekans o ölçüde büyük, dalga boyu ise yine o ölçüde küçüktür (kısadır).

### Fotonların Enerjisi

1900 yılında Max Planck isimli bilim adamı bir sabit sayı keşfetti. Bu sayı 'Planck Sabiti ( $h$ )' olarak isimlendirildi. Bunun ardından birçok yeni fikirler üretilmeye başlandı. Planck, ışığı enerji paketçikleri olarak tanımladı ve bu paketçiklerin her birinin enerjisini şu şekilde tanımladı:

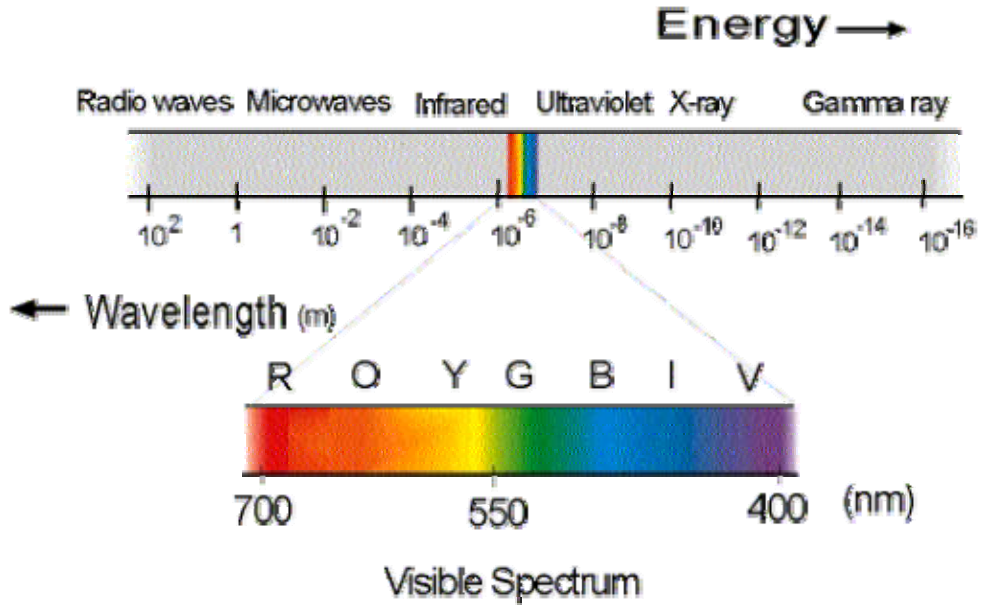
$$E = hf$$

Burada ' $f$ ' ışığın frekansı ve ' $h$ ' ise Planck sabitidir. Planck sabitinin değerleri aşağıda belirtildiği gibidir. Bunların hepsi birbirinin aynısıdır, aralarındaki tek fark birimlerdir:

$$\begin{aligned} h &= 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s (Joule x Saniye)} \\ &= 4,14 \times 10^{-15} \text{ eV.s (Elektron volt x Saniye)} \\ &= 1,58 \times 10^{-34} \text{ cal.s (Kalori x Saniye)} \end{aligned}$$

Örneğin; eğer 1000 nm dalga boyundaki bir kızıl ötesi fotonunun ne kadar enerji taşıdığını bulmak istiyorsak; yapacağımız tek hamle:  $f = c / \lambda$  formülünden yararlanarak frekansı hesaplamak ve sonra da yukarıdaki formülü uygulamaktır:

$$E = hf = (4.14 \times 10^{-15} \text{ eV.s}) \times (3 \times 10^{14} \text{ Hz}) = 1.242 \text{ eV}$$

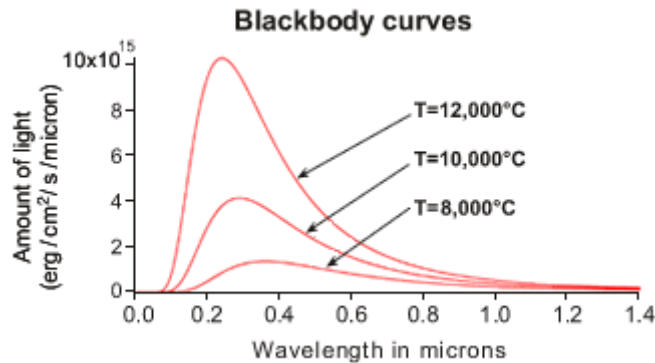


## 6. Dalga boyu ve sıcaklık arasındaki bağlantı nedir ?

Tüm cisimler elektromanyetik radyasyon yayarlar ve her dalga boyunda yayılan toplam radyasyon o cismin sıcaklığını belirler. Sıcak cisimler ışıklarını daha çok kısa dalga boylarında yayarken soğuk cisimler daha uzun boylu dalgalarda ışınım yayarlar. Örnek olarak Sirius veya Vega yıldızları mavi-beyaz ışık yayarlar, Aldebaran ve Antares ise kırmızı ışık yayar. Güneşimiz ise sarı ışık yayar.

Bir cismin radyasyon (ışınım) ısısı o cismin en fazla ışık verdiği dalga boyu ile ilişkilidir. Belirli dalga boyunda yayılan ışık miktarına da yoğunluk denir. Bir cisimden yayılan ışınımın yoğunluğunu her dalga boyu için ayrı ayrı grafiğe çizersek, KARA CİSİM EĞRİSİ denilen belirli eğriler oluşacaktır. KARA CİSİM eğrisi, herhangi bir sıcaklık için her dalga boyunda ne kadar ışınımın yayıldığını (ışınım yoğunluğunu) gösterir. Bu grafikte ışınım yoğunluğunun tepe yaptığı dalga boyu noktaları cismin rengini belirler. Sıcak cisimler için yoğunluğun tepe yaptığı nokta kısa dalga boylarında (mavi-beyaz), soğuk cisimler için ise uzun dalga boylarında (kırmızı) olacaktır. Böylece herhangi bir yıldız veya galaksinin sıcaklığını rengine bakarak söyleyebiliriz çünkü renk o cismin ışınımın tepe yaptığı dalga boyu ile doğrudan bağlantılıdır.

Grafikte gösterildiği gibi, bir cisim için tüm sıcaklıklardaki kara cisim eğrileri birbirine benzer şekillere sahip olacaktır. Fakat buna rağmen sıcak bir cismin kara cisim eğrisinin tepe noktası soğuk bir cisme göre çok daha yükseklerde olacaktır (ışınım yoğunluğu çok daha büyük). Örnek olarak, 30 000 K'lık bir cisim ile 300 K'lık cisim (insan vücudu) arasındaki ışınım yoğunluğu farkı 10 milyarlar mertebesinde. Bu, 30 000 K sıcaklığındaki bir yıldızın 300 K sıcaklığındaki insan vücudundan 10 milyar kat daha fazla ışınım yayacağı anlamına geliyor.



Büyük ışınım yoğunluğu farkından eğrileri yukarıdaki gibi bir grafikte göstermek çok zor olacağından birimler logaritmaya dönüştürülür. Aşağıdaki tabloda bazı spektral sınıfların karşılık geldiği sıcaklıklar görülebilir:

O5	50,000 K
A0	11,000 K
G0	6,000 K
M0	3,600 K

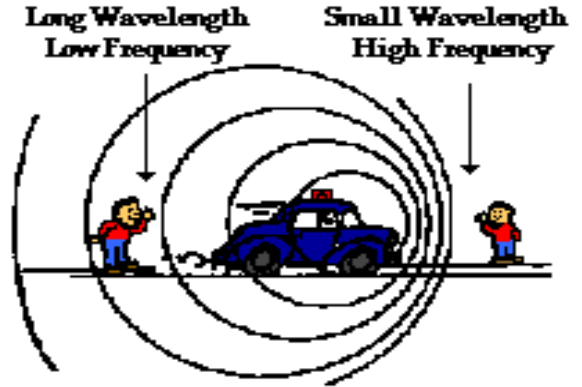
## 7. Sıcaklık ve renk nasıl birbiri ile ilişkilidir ?

Bir cisim tarafından her dalga boyunda yayılan ışık miktarı o ışığı üreten cismin sıcaklığına bağlıdır. Güneş' ten daha sıcak yıldızlar (6000 °C üstü) ışınımının büyük bir kısmını tayfin mavi ve morötesi bölgesinden yayarlar. Güneş' ten daha soğuk yıldızlar ise (5000 °C altı) ışınımının büyük bir kısmını tayfin kırmızı ve kızılötesi bölgesinden yayarlar. 1000 °C kadar ısıtılmış katı cisimler kırmızı görünürler fakat ışınımının büyük bir kısmını gözle görünmeyen fakat derimiz ile hissedebildiğimiz kızılötesi ışınlar ile yayarlar.

## 8. Doppler etkisi

Yol kenarında dururken, bir otomobil kornasını çalarak yanınızdan geçip gittiğinde sesin giderek boğuklaştığını fark etmişsinizdir. Oysa sürücünün yanında otururken korna sesinde böyle bir değişiklik olmaz. Yalnızca ses kaynağının hareketine bağlı olan bu olaya fizikte DOPPLER KAYMASI yada ETKİSİ denir.

Doppler etkisinin sebebini şöyle açıklayabiliriz: Gözlemciye yaklaşan otomobilin kornasının sesi duran bir otomobilinkine göre daha tizdir yani daha yüksek frekanstadır çünkü ses dalgalarının gözlemcinin kulağına ulaşmaya kadar aldığı yol otomobil yaklaştıkça kısalır. Böylece ses dalgaları daha kısa aralıklarla gelmeye başlar ve o noktadaki dalga tepeleri giderek sıklaşır. Kısacası sesin frekansı arttığı için ses de tizleşir. Otomobil uzaklaşırken de bu olayların tersi olur; dalga tepeleri seyrekleşir, frekans azalır ve ses kalınlaşır.



The Doppler Effect for a moving sound source

Fiziksel olarak Doppler Etkisini şu formülle ifade edebiliriz:

$$f' = f_0 \left( \frac{v \pm v_o}{v \pm v_s} \right)$$

$f'$  = algılanan frekans

$f_0$  = gerçek frekans

$v_o$  = gözlemcinin hızı

$v_s$  = dalga kaynağının hızı

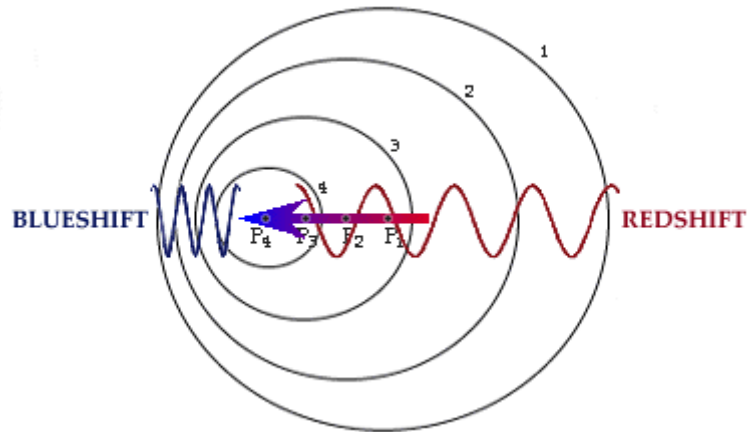
$v$  = dalgaların yayıldığı ortamdaki hızı



(+) veya (-) işaretinin seçimi gözlemci ile dalga kaynağının birbirine doğru veya zıt yönde hareket etmelerine bağlıdır. Birbirlerine doğru hareket ediyorlarsa algılanan frekans ARTACAK, zıt yönde hareket etmeleri halinde ise AZALACAKTIR.

İlk defa ses dalgaları kullanılarak keşfedilmiş olsa da Doppler etkisi ışık ve diğer elektromanyetik dalgalar dahil olmak üzere her tür dalga için geçerlidir. Işık dalgalarındaki Doppler etkisi frekanstan çok renk terimi ile tarif edilir. Kırmızıya kayma kaynak ile gözlemcinin birbirinden uzaklaştığı, maviye kayma ise kaynak ile gözlemcinin birbirine yaklaştığı durumlarda meydana gelir. Uzak galaksilerden gelen ışıktaki kırmızıya kayma evrenin genişlediğinin kanıtı olarak kabul ediliyor.

Doppler etkisinin en önemli sonuçlarından biri de astronomide "kırmızıya kayma" veya "maviye kayma" olarak bilinen olgudur. Hareketli bir kaynaktan gelen sesin frekansı duran bir gözlemci için nasıl değişiyorsa, yıldızdan gelen ışığın dalga boyu da yıldızın hareketine bağlı olarak değişecektir. Tıpkı ses örneğinde olduğu gibi, yaklaşan bir yıldızın ışığı duran bir yıldızın ışığından daha yüksek frekansta, diğer bir deyişle daha kısa dalga boyunda gelecektir. Görünür ışığın tayfında en kısa dalga boylarının yer aldığı uçta mavi bulunduğundan, söz konusu yıldızın ışığı gözümüze daha mavi görünür. Uzaklaşan yıldızların rengi de daha uzun dalga boylu gelir, dolayısıyla daha kırmızı görünür. Yıldız tayfındaki Fraunhofer çizgileri de normalde bulunmaları gereken yerden başka yere kaymış oldukları için, Doppler etkisinden ileri gelen bu olaya "kırmızıya veya maviye kayma" olarak bilinir. Gerçekten de bu çizgiler yaklaşan yıldızların ışığında tayfın mavi ucuna, uzaklaşan yıldızlarda ise kırmızı ucuna doğru kaymıştır. Bu çizgiler normal konumlarının ne kadar dışına kaymışsa, o gök cismi de o kadar da hızlı yaklaşıyor veya uzaklaşıyor demektir. Örneğin kuazarlarda kırmızıya kayma o kadar büyük ki tayfın morötesi bölümünde bulunması gereken çizgiler görünür ışığın yeşil bölümüne kaymıştır. Bu da kuazarların bizden neredeyse ışık hızıyla uzaklaştıklarını gösteriyor.



## 9. Yıldızların tayf sınıflandırması

Geçen yüzyılın sonunda Amerikalı gökbilimci Edward Charler Pickering, Harvard gözlemeviden bir grupla birlikte farklı yıldızların tayflarını tek bir dizi halinde sınıflandırma işini üstlendi. Bu düzenlemede Fraunhofer çizgilerinin düzeni bir tayf sınıfından diğerine çok az değişecekti. Mümkün olduğu kadar çok yıldız tayfı elde edebilmek için objektif prizma kullandı (objektifin önüne yerleştirilen büyük bir prizma). Bu sınıflandırma işine başlanırken çeşitli tayf sınıflarını sırayla, alfabenin harfleri ile adlandırmak düşünülmüştü. Kuvvetli hidrojen çizgileri olan yıldızlar için A ile başlayan sınıflandırma, hidrojen çizgilerinin hemen hemen hiç görülmediği yıldızlar için kullanılan M harfi ile bitiyordu. Ama terminoloji saptandıktan sonra bazı sınıflar (C, D ve H) kaldırıldı, bazıları yeniden düzenlendi ve çok sıcak yıldızlar için yeni bir sınıf eklendi (O). Böylece şimdi kullanılan haliyle Harvard Tayf Sınıflandırması ortaya çıktı.



# O, B, A, F, G, K, M

Sınıf	Yüzeý sıcaklığı	Yıldızın rengi	Kütle	Çap	Parlaklık	Hidrojen çizgileri
<b>O</b>	<u>30,000 - 60,000 K</u>	Bluish ("blue")	60	15	1,400,000	Weak
<b>B</b>	<u>10,000 - 30,000 K</u>	Bluish-white ("blue-white")	18	7	20,000	Medium
<b>A</b>	<u>7,500 - 10,000 K</u>	White with bluish tinge ("white")	3.2	2.5	80	Strong
<b>F</b>	<u>6,000 - 7,500 K</u>	White ("yellow-white")	1.7	1.3	6	Medium
<b>G</b>	<u>5,000 - 6,000 K</u>	Light yellow ("yellow")	1.1	1.1	1.2	Weak
<b>K</b>	<u>3,500 - 5,000 K</u>	Light orange ("orange")	0.8	0.9	0.4	Very weak
<b>M</b>	<u>2,000 - 3,500 K</u>	Reddish orange ("red")	0.3	0.4	0.04	Very weak

Kırmızı yıldızlara üç de yeni sınıf eklenmişti:

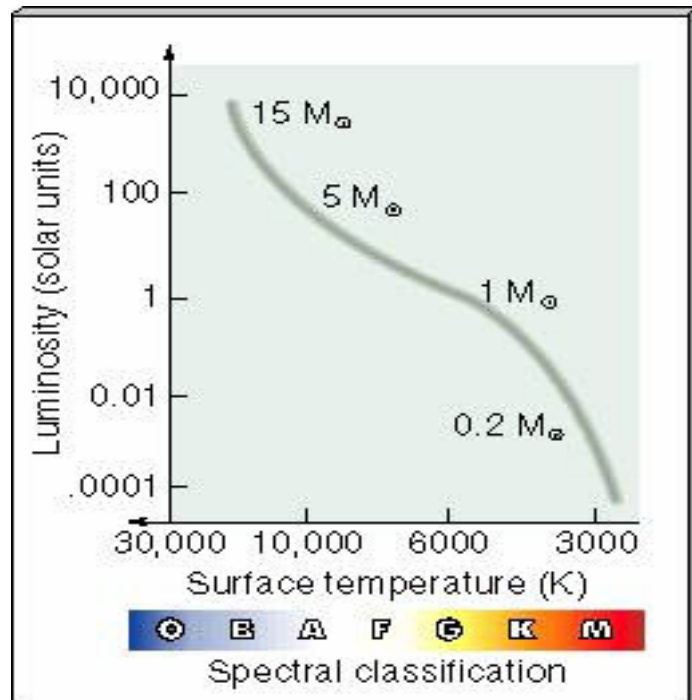
## ***R, N, S***

Hollanda doğumlu Amerikalı gökbilimci Gerard P. Kuiper' in incelemelerine dayanılarak tayf sınıfı, yüzeý sıcaklığı ve görünen renk arasındaki ilişkiyi vermektedir.

Bazı yıldızların tayf sınıfı			
İsim	Görünür parlaklık	Mutlak parlaklık	Spectral sınıf
Spica	1	-3,5	B1
Regulus	1,4	-0,6	B8
Rigel	0,1	-7,1	B8
Vega	0	0,6	A0
Castor	1,6	1,2	A0
Sirius A	-1,4	1,4	A1
Deneb	1,3	-7	A2
Altair	0,8	2,2	A7
Canopus	-0,7	-3,3	F0
Procyon A	0	3	F5
Polaris	2	-4,6	F8
Güneş	-27	5	G2
Capella	0,1	0,3	G8
Arcturus	-0,1	-0,3	K2
Aldebaran	0,9	-0,3	K5
Antares	1	-4,5	M1
Betelgeuse	0,8	-5,5	M2
Barnard yıldızı	10	13	M4
Proxima Centauri	11	15,5	M5

## 10. HERTZSPRUNG- RUSSEL (H-R) diyagramı

1.Dünya Savaşı sırasında dünyanın iki farklı yerinde iki gökbilimci, Amerikalı Henry Norris Russel ile Hollandalı Ejnar Hertzsprung birbirlerinin çalışmalarından habersiz, çok önemli araştırmalara dalmışlardı. Her iki bilim adamı da farklı yıldızların yüzey sıcaklıkları (tayf sınıfı) ile gerçek parlaklıkları (mutlak kadir) arasında nasıl bir ilişki olduğunu öğrenmek istiyordu. Sonuç olarak şekilde gösterilen ünlü Hertzsprung- Russel diyagramı ortaya çıktı.



Burada ordinatta belirli bir yıldızın tayf sınıfı, apsiste ise mutlak yıldız kadiri cinsinden aydınlatma gücü gösterilmiştir. Bu diyagramın en dikkat çeken yönü, sol üst köşeden sağ alt köşeye uzanan oldukça dar banttır. Bu bant yıldız dağılımının **ANA KOLU** diye bilinir ve kabaca tam ortada bulunan Güneş' imizi de içerir.

Ana kolun üst köşesi çok yüksek yüzey sıcaklıklarından dolayı mavimsi- beyaz bir ışık salan çok parlak yıldızları içerir. Bunlar **Mavi Devlerdir**. Ana kolun alt ucu düşük yüzey sıcaklığına sahip çok sönük kırmızı yıldızları içerir. Bunlara **Kırmızı Cüceler** denir.

Ana Kol yıldızlarının yanı sıra Hertzsprung- Russel diyagramının sağ üst köşesinde de birkaç yıldız vardır. Bunlar çok parlaktır ama yüzeyleri nispeten soğuktur ve çoğunlukla kırmızı ışık salarlar. Bunlar **Kırmızı Devler** diye bilinirler.

Hertzsprung- Russel diyagramının sol alt köşesinde çok yüksek yüzey sıcaklığına ve çok alçak parlaklığa sahip yıldızları gösteren birkaç nokta vardır. Bu yıldızlar **Beyaz Cüceler** diye bilinirler ve Kırmızı Devler için yürüttüğümüz fikirleri tersine çevirerek bunların çaplarının fazlasıyla küçük olduğu sonucuna varmamız gerekir. *Keşfedilen ilk beyaz cüce parlak Sirius' un sönük bir yoldaşdır. Sirius' un yoldaşının ortalama yoğunluğu suyun 500 000 katıdır ve santimetre küpü yarım ton gelir !*

Hertzsprung- Russel diyagramındaki Ana Kol, farklı kütleli yıldızların dizilişidir sadece.

	<b>ANA KOL KIRMIZI&gt;MAVİ</b>	<b>DEVLER</b>	<b>SÜPERDEVLER</b>	<b>BEYAZ CÜCELER</b>
<b>Kütle (<math>M_{\odot}</math>)</b>	0.1 → 50	1 → 8	8 → 50	1.4' ten az
<b>Çap (<math>R_{\odot}</math>)</b>	0.1 → 20	5 → 50	20 → 1000	0.01 → 0.1
<b>Parlaklık (<math>L_{\odot}</math>)</b>	0.01 → 500,000	100 → 1000	10,000→ 1,000,000	0.001→ 0.01

## KAYNAKLAR:

- **Temel Britannica** ansiklopedisi
- J. Kaufmann III, William; **Evrenin Evrimi ve Yıldızların Oluşumu**; Galeri Yayınları
- Gamow, George; **Güneş Diye Bir Yıldız**; Say Yayınları
- **Elektromanyetik Dalgalar ve İnsan Sağlığı**; TÜBİTAK Yayınları
- Gettys, Edward; Keller, Frederick; Skove, Malcolm; **Fizik- 1**; Literatür Yayıncılık
  
- [http:// amazing-space.stsci.edu/eds/tools/](http://amazing-space.stsci.edu/eds/tools/)
- [http:// www.kettering.edu/~drussell/Demos/doppler/](http://www.kettering.edu/~drussell/Demos/doppler/)
- [http:// www.uts.utoronto.ca/%7Eshaver/introduction.htm](http://www.uts.utoronto.ca/%7Eshaver/introduction.htm)
- [http:// www.physicsclassroom.com/Class/waves/U10L3d.html](http://www.physicsclassroom.com/Class/waves/U10L3d.html)
- [http:// www.zamandayolculuk.com/cetinbal/KUANTUMKURAMISAY.HTM](http://www.zamandayolculuk.com/cetinbal/KUANTUMKURAMISAY.HTM)

## DALGABOYU ASTRONOMİSİ İLE İLGİLİ WEB SİTELERİ:

**GENEL:** <http://members.aol.com/gca7sky/lambda.htm>

**IR:** [http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic\\_classroom/ir\\_tutorial/](http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic_classroom/ir_tutorial/)  
<http://www.ir.isas.jaxa.jp/>

**X-ISINI:** [http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/introduction/xray\\_information.html](http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/introduction/xray_information.html)  
[http://www-xray.ast.cam.ac.uk/xray\\_introduction/](http://www-xray.ast.cam.ac.uk/xray_introduction/)  
[http://chandra.harvard.edu/xray\\_astro/index.html](http://chandra.harvard.edu/xray_astro/index.html)  
<http://www.mpe.mpg.de/xray/home.php>

**RADYO:** <http://www.nrao.edu/whatisra/>  
<http://www.nitehawk.com/rasmit/>  
[http://www.cv.nrao.edu/fits/www/yp\\_radio.html](http://www.cv.nrao.edu/fits/www/yp_radio.html)

**GAMMA:** [http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/introduction/gamma\\_information.html](http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/introduction/gamma_information.html)  
<http://isdc.unige.ch/Outreach/Science/science.html>  
<http://www.bartleby.com/65/ga/gammaray.html>  
<http://www-hegra.desy.de/hegra/>

**MICROWAVE:** [http://aro.as.arizona.edu/docs/what\\_is\\_submillimeter.htm](http://aro.as.arizona.edu/docs/what_is_submillimeter.htm)  
[http://www.pparc.ac.uk/ps/aac/aac\\_euniv\\_cmb.asp](http://www.pparc.ac.uk/ps/aac/aac_euniv_cmb.asp)