

# AST202 Astronomi II

Doç. Dr. Tolgahan KILIÇOĞLU

# 7. Konu

Tayf Bilim

# Gökkuşaağı



By Сергей Ванифацј Морозов - Own work, CC BY-SA 4.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=45022370>

Kırmızı

Turuncu

Sarı

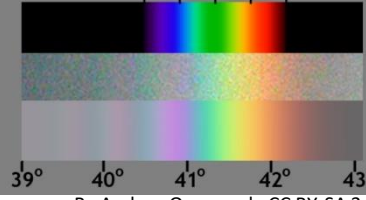
Yeşil

Camgöbeđi

Mavi

Mor

410 470 530 590 650 nm



By Andys - Own work, CC BY-SA 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6488661>

7200 Å

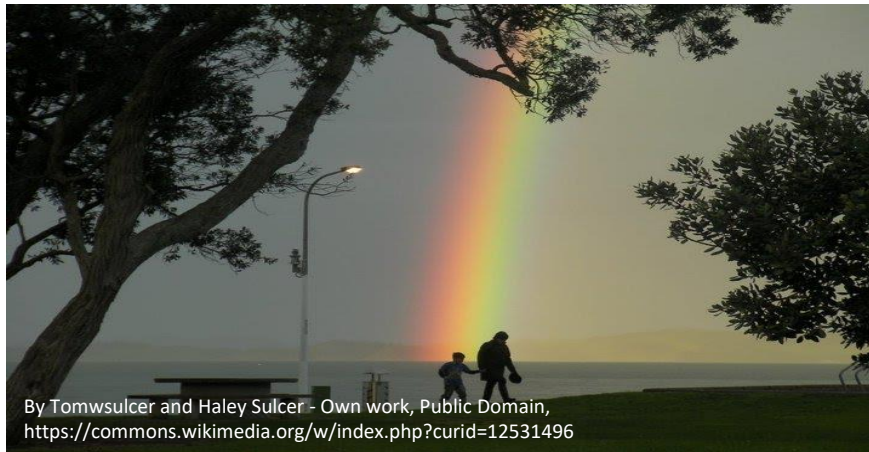


3600 Å

# Gökkuşığı



By Captain76 : NikonD90+TAMRON SP10-24mm - Own work, CC BY-SA 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15234849>



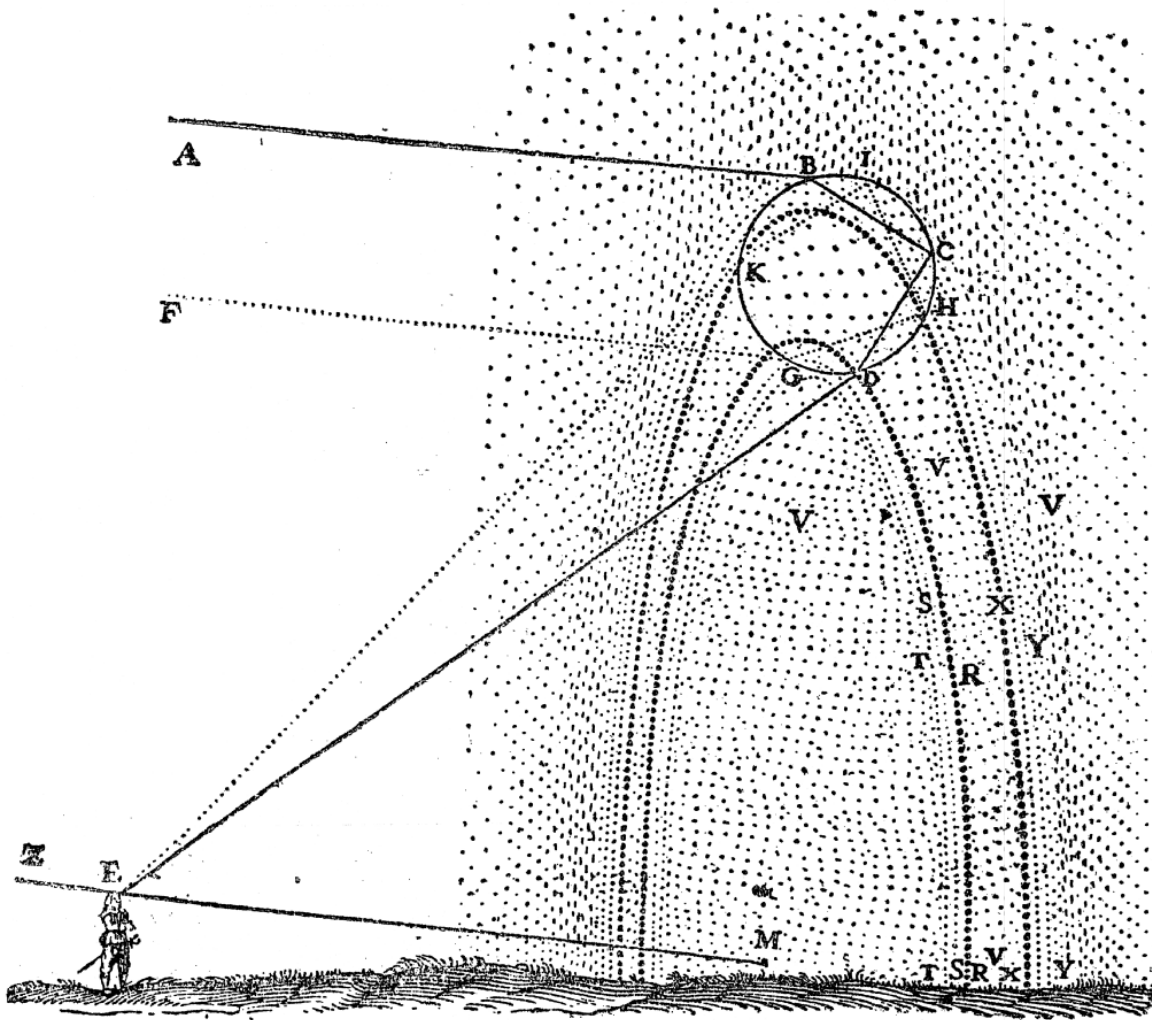
By Tomwsulcer and Haley Sulcer - Own work, Public Domain,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12531496>



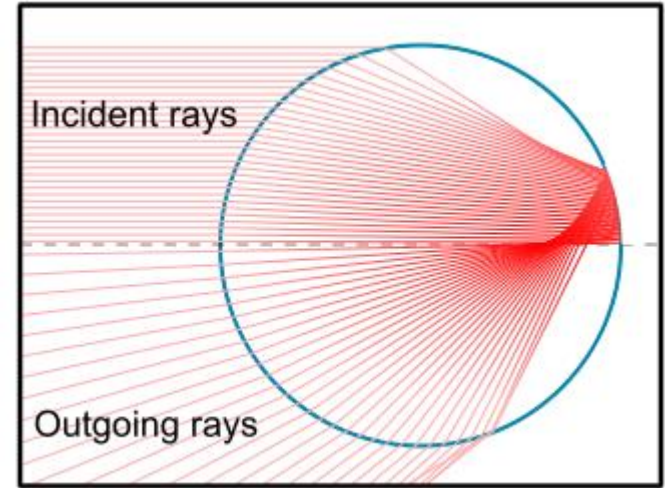
By Steve Kaufman - Personal exchange, CC BY-SA 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20472860>



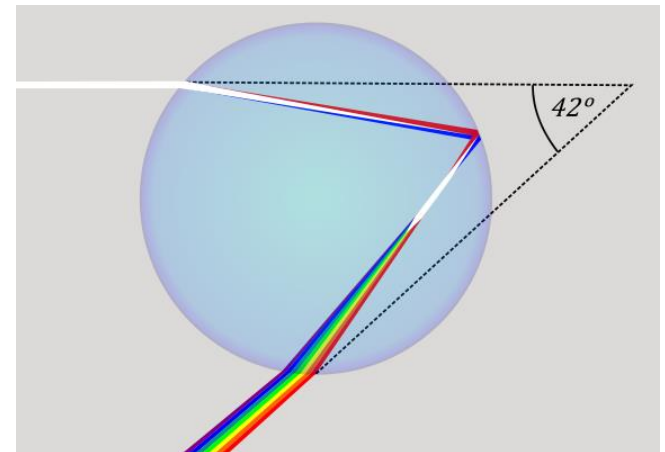
# Gökkuşaağı



René Descartes (1596-1650)



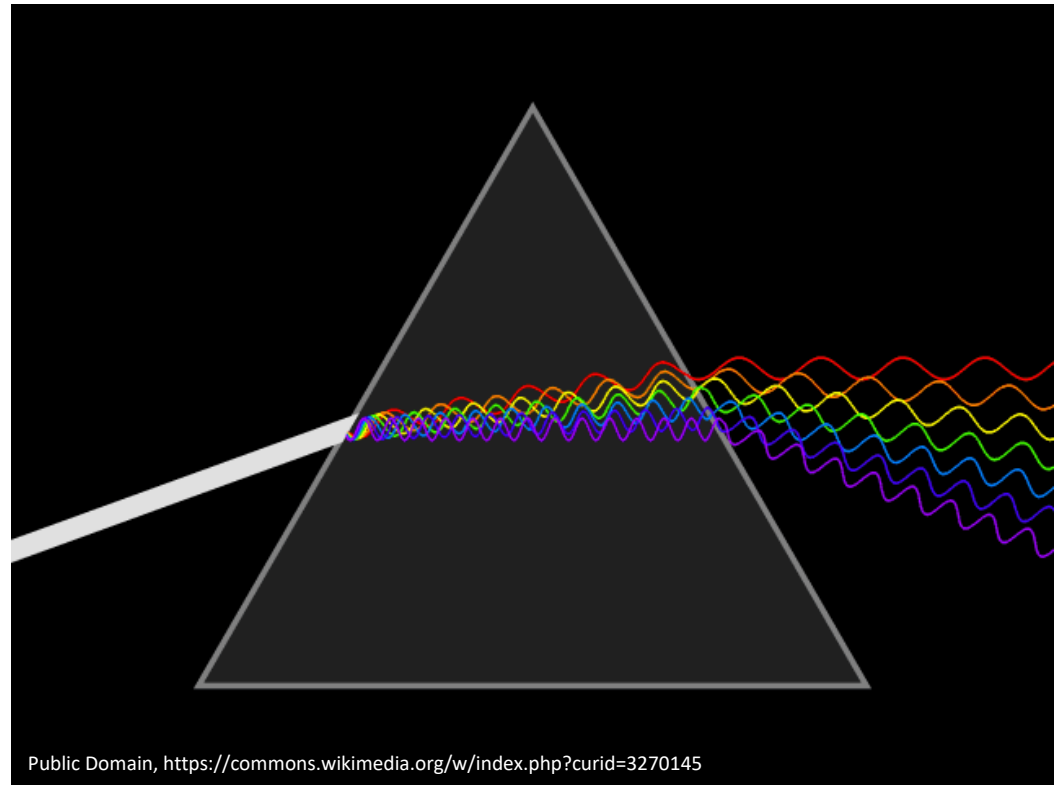
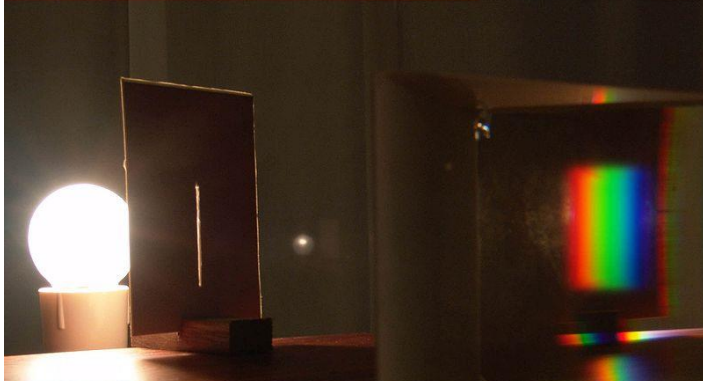
By KES47 - SVG version of File:Rainbowrays.png, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7043760>



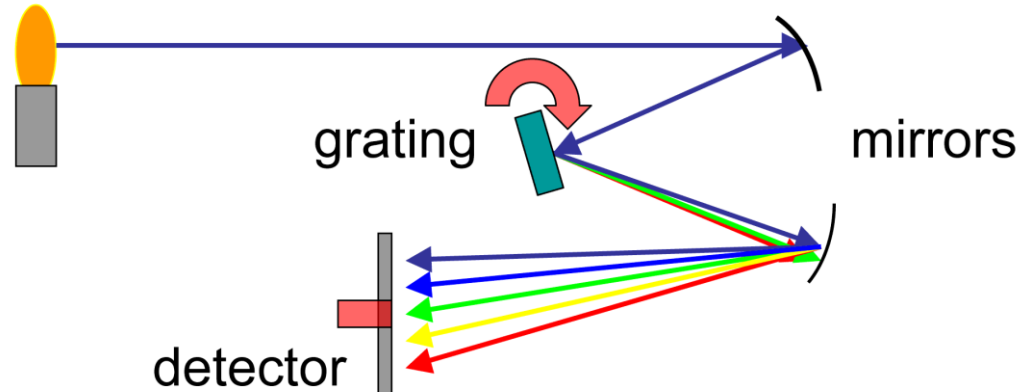
By KES47 - Own work, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10636870>

# Tayfçeker

By Timwether - Own work, CC BY-SA 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5808451>



source



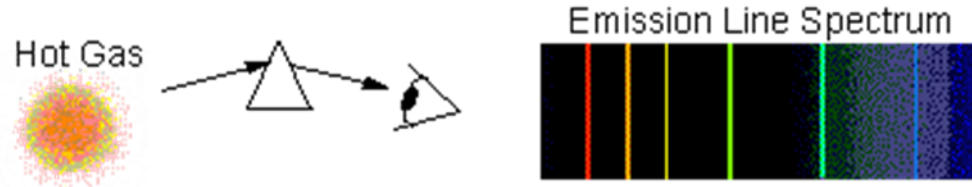
By Kkmurray - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2790976>

# Kirchhoff'un Tayfbilim Kanunları

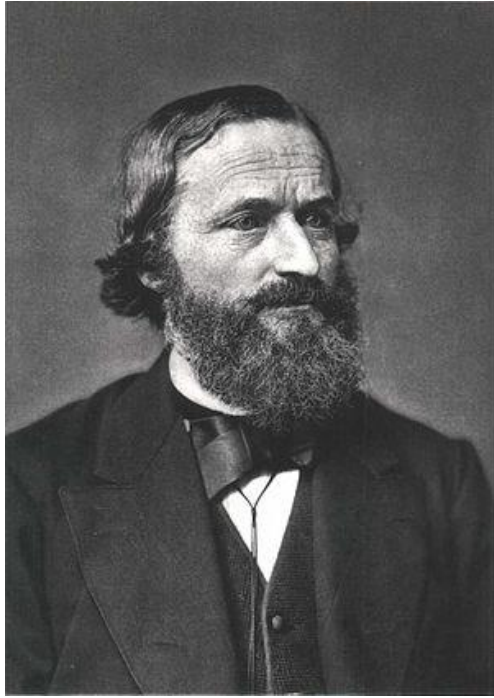
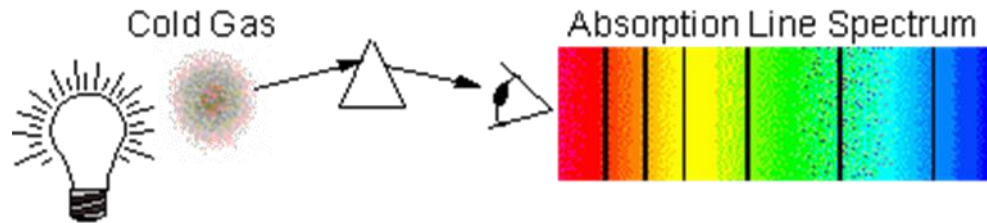
1. Akkor haldeki katı, sıvı veya sıkıştırılmış gaz bir sürekli tayf verir.



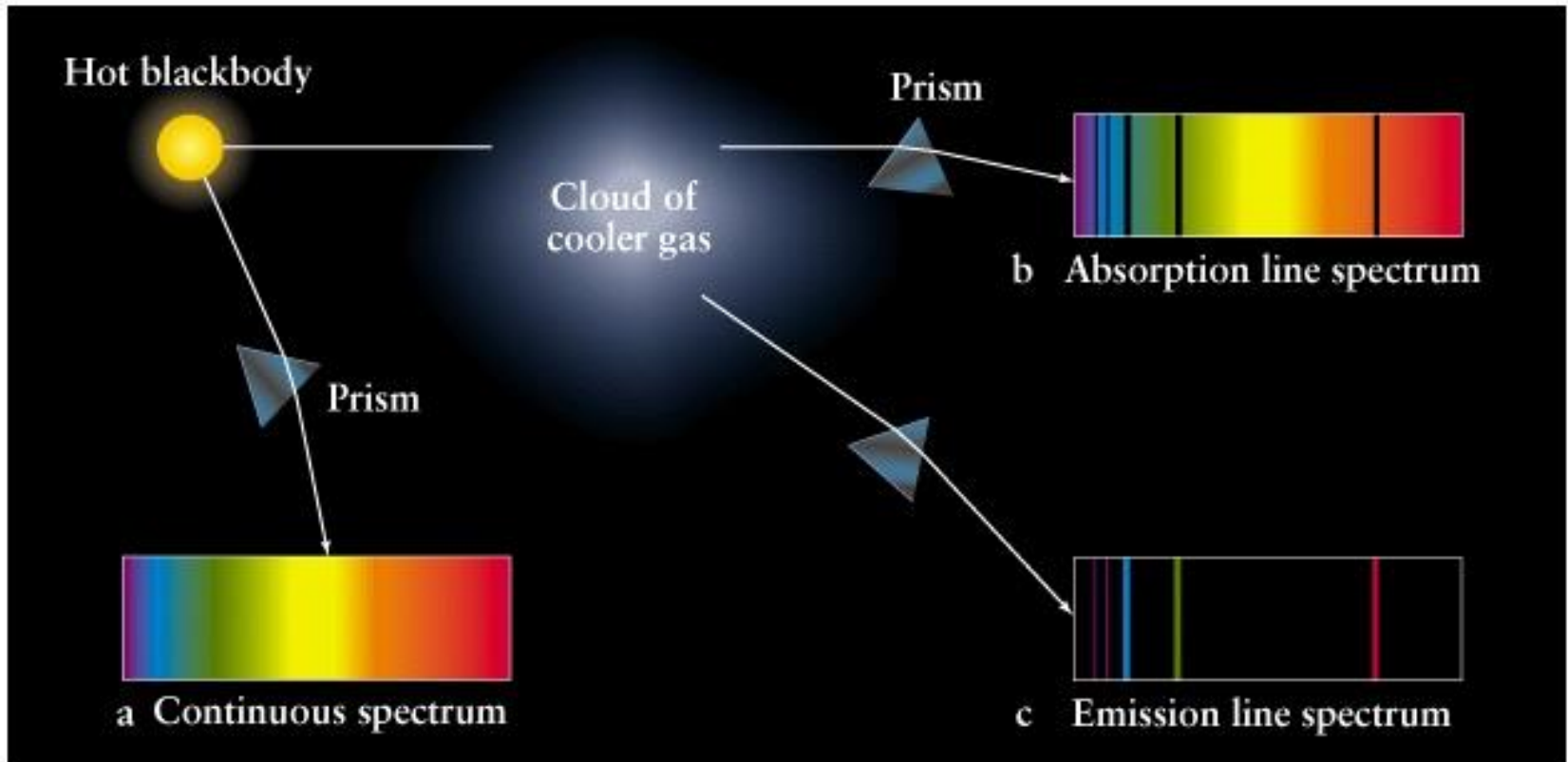
2. Alçak basınç altındaki akkor halindeki gaz bir parlak çizgi tayfı verir.



3. Sürekli tayf veren bir ışık kaynağının önüne, sıcaklığı kaynağınkinden düşük bir gaz geldiği zaman, sürekli tayf üzerinde siyah çizgiler görülür. Bu siyah çizgiler gaza ait parlak çizgilerin bulunduğu konumdadır.

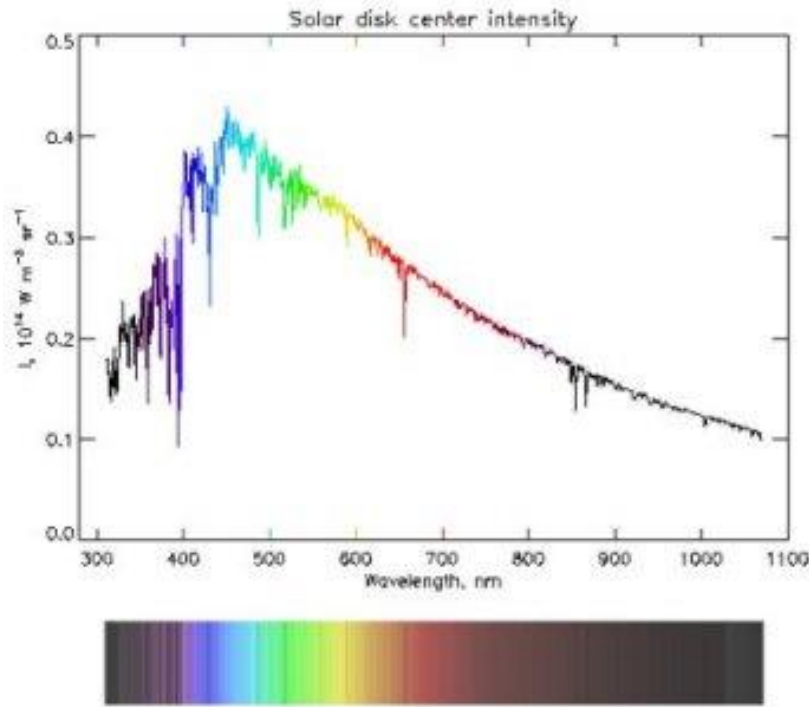


# Kirchhoff'un Tayf Bilim Kanunları





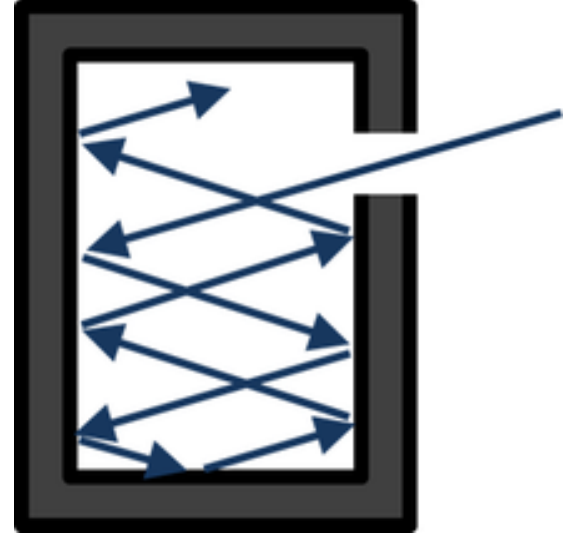
# Tayfın grafiğe aktarılması



- Tayfın her dalgaboyundaki ışınım miktarı grafiğe aktarılır.
  - Süreklilik
  - Soğurma çizgileri (karanlık çizgiler)
  - Salma çizgileri (aydınlık çizgiler)

# Karacisim Işınımı

- Üzerine gelen tüm ışınımı soğurur
- Tüm dalgaboylarında yeniden yayınlar.
- Işınım enerjisinin soğurulması cismin sıcaklığını artırır.
- Ancak bu yükselmenin bir sınırı vardır, cisim bu sınırdaki bir dengeye gelir ve soğurduğu ışınım enerjisi kadar enerji salar (yayınlar).



« Isınan cisimler ışık yayar. »  
(Isisal ışınım)

# Karacisim Işınım Yasaları

- Planck Kanunu
- Stefan-Boltzmann Kanunu
- Wien Yer Değiştirme Yasası

# Planck Kanunu

- Bir karacismin belli bir dalgaboyunda, birim yüzeyinden, birim zamanda saldığı enerjidir.

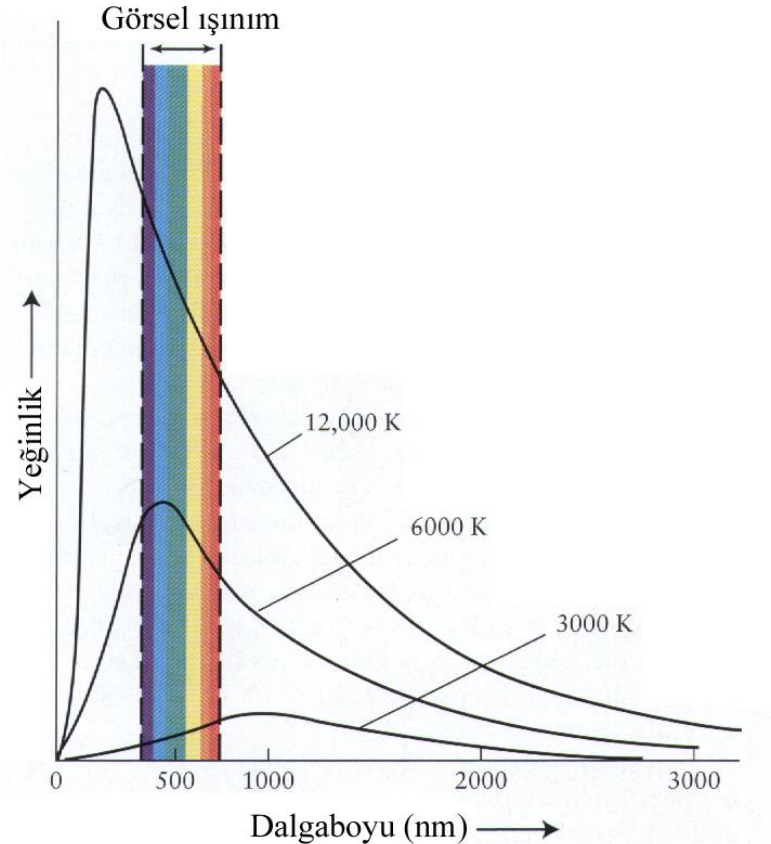
$$B_{\lambda}(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1}$$

$$(erg\ cm^{-2}\ sn^{-1}\ cm^{-1})$$

$$\hbar = 6.62 \times 10^{-27}\ erg\ sn$$

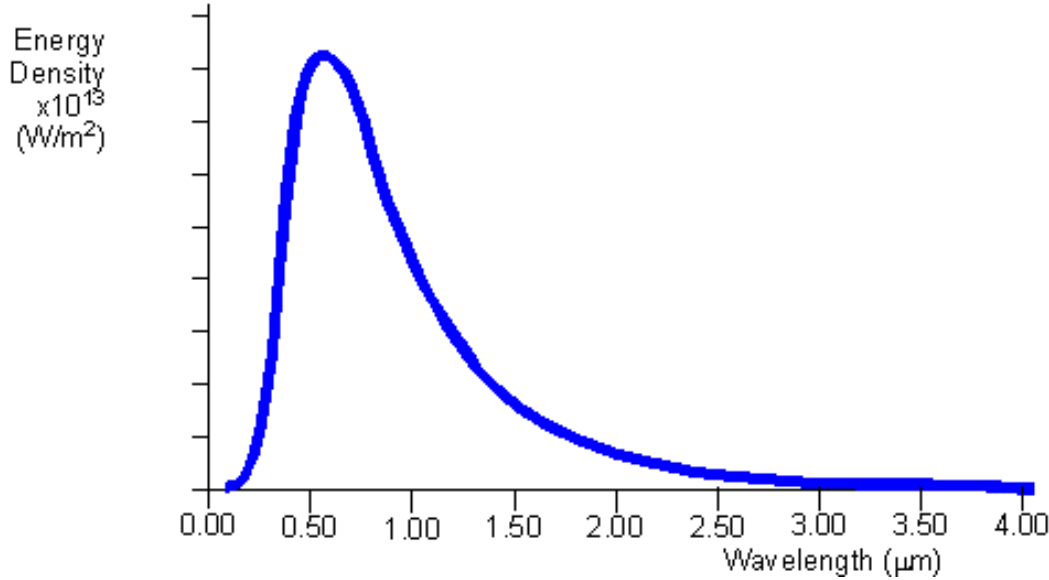
$$k = 1.38 \times 10^{-16}\ erg/\mathcal{K}$$

$$c = 300000\ km/sn$$





# Planck Kanunu



- Kara cismin saldığı enerji, dalga boyunun bir fonksiyonudur (Planck yasası). Dalga boyu arttıkca salınan enerji önce çok çabuk artar, maksimuma ulaşır, sonra yavaş yavaş sıfıra düşer. Bu tüm sıcaklıklar için böyledir, ancak daha sıcak karacisim eğrisinde maksimum enerji daha kısa dalga boylarında karşımıza çıkar.

# Stefan-Boltzmann Kanunu

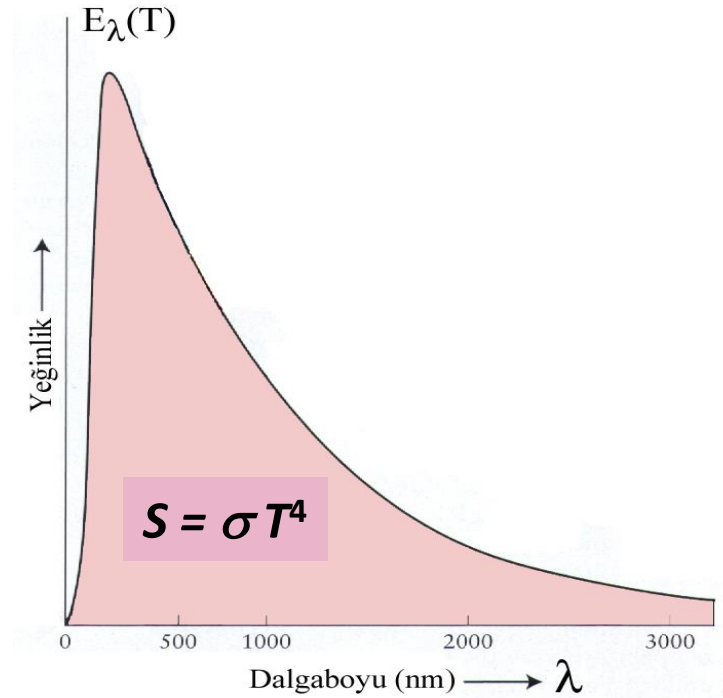
- Bir kara cismin birim yüzeyinden birim zamanda tüm dalgaboylarında saldığı toplam ışınım enerjisinin, cismin mutlak sıcaklığının (T) dördüncü kuvveti ile orantılıdır.

$$S = \sigma T^4$$

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-5} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ K}^{-4}$$

veya

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ K}^{-4}$$



$1 \text{ nm} = 10 \text{ Angström}$

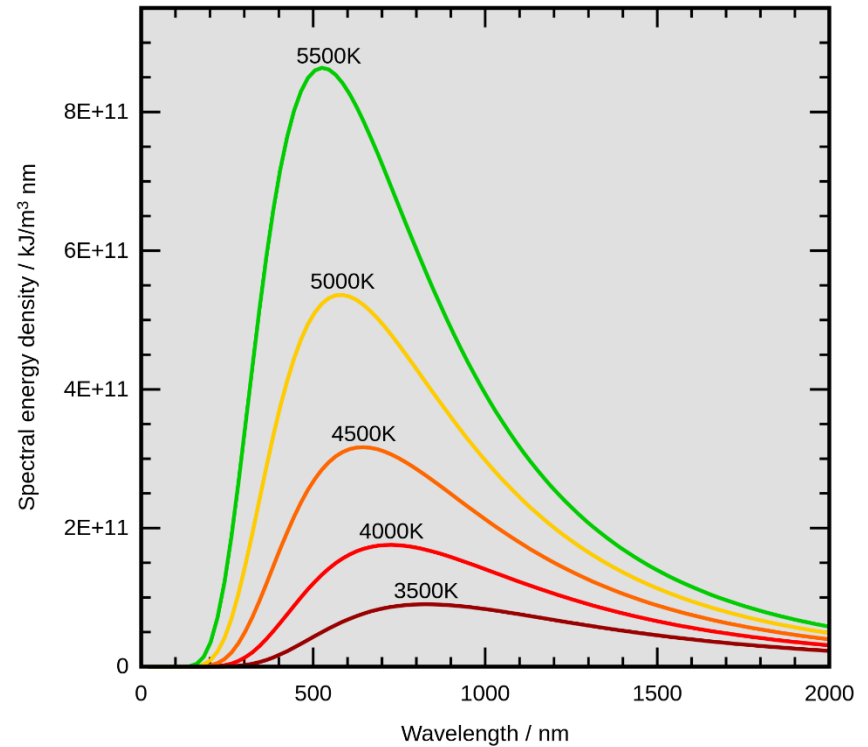
# Wien Yer Değiştirme Yasası

- Bir kara cismin sürekli tayfında en fazla ışınım alınan dalgaboyu cismin mutlak sıcaklığı ile ters orantılıdır.

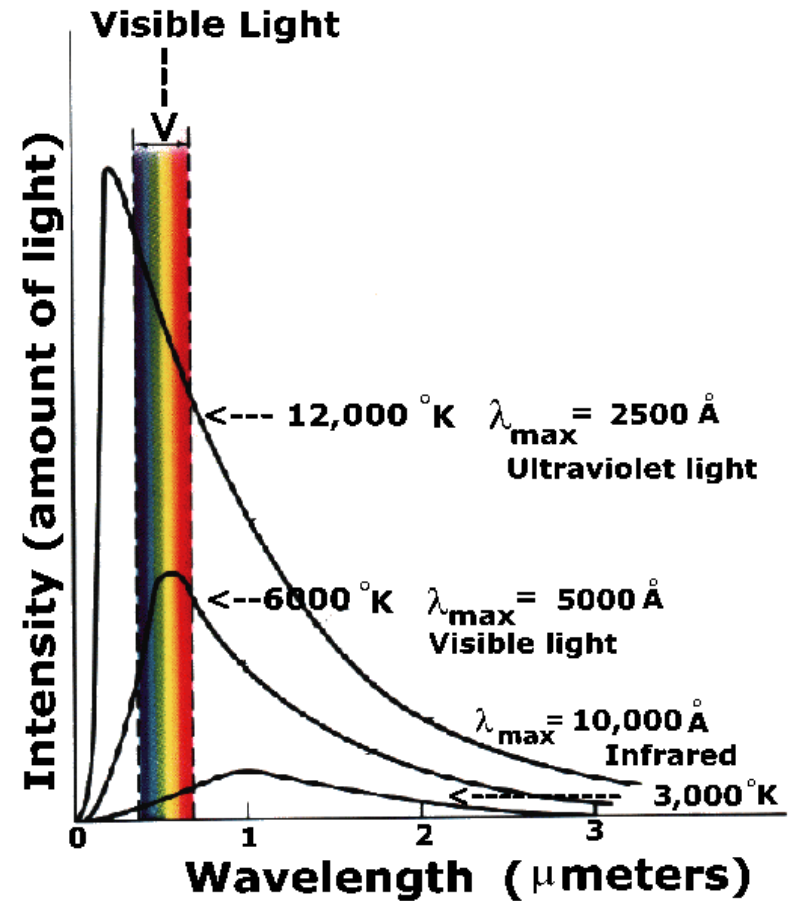
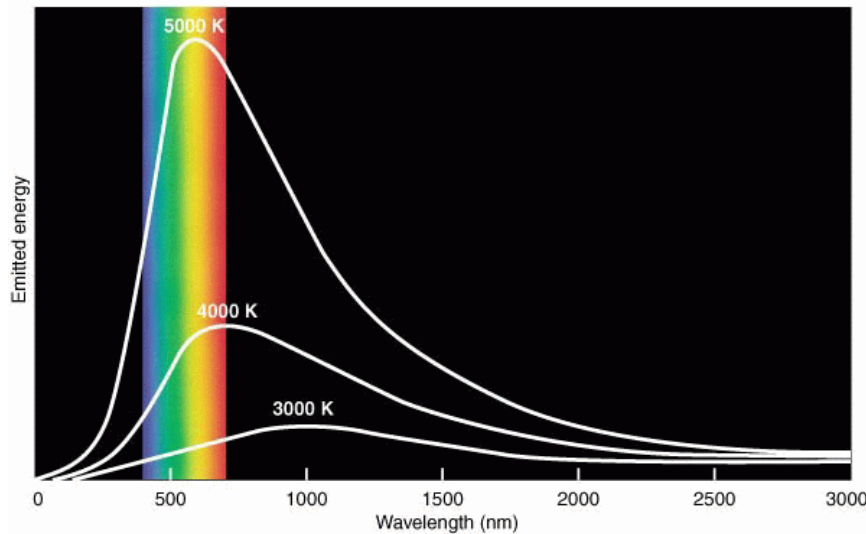
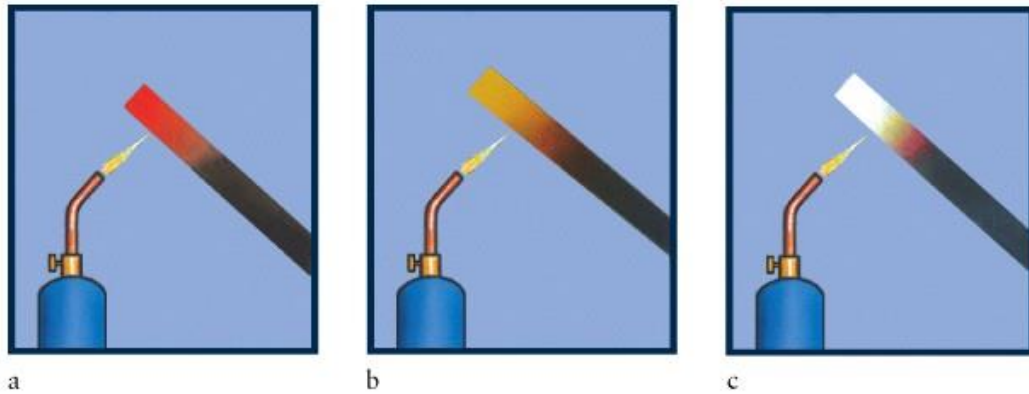
$$\lambda_{\max} (cm) = \frac{0.2898}{T(K)}$$

veya

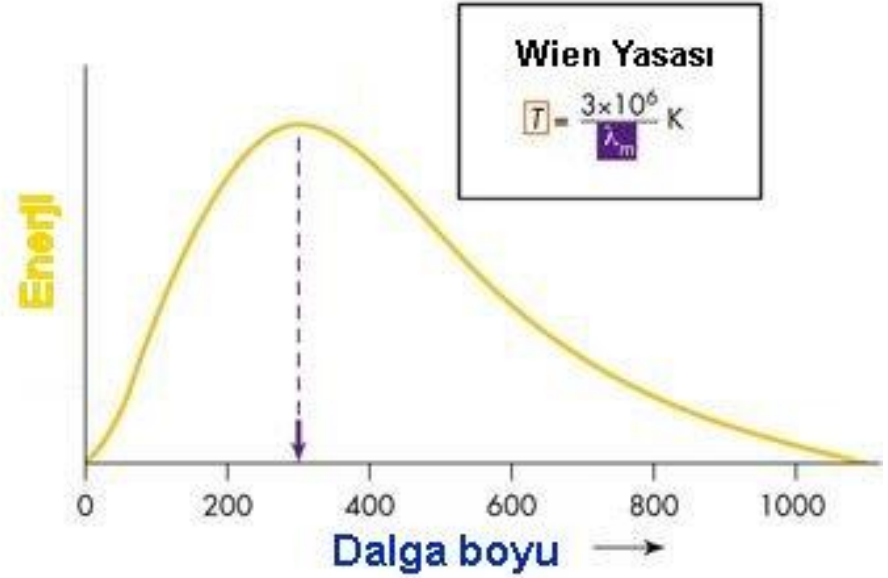
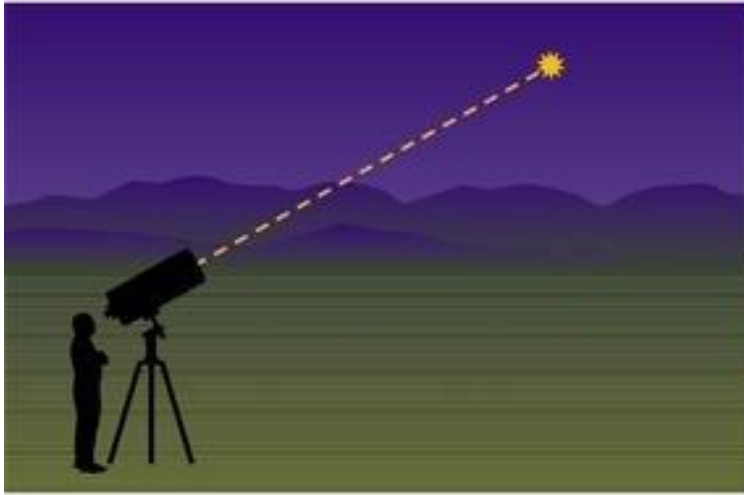
$$\lambda_{\max} (\text{\AA}) = \frac{2.898 \cdot 10^7}{T(K)}$$



# Stefan-Boltzman, Wien Yer Değiştirme ve Planck Kanunları







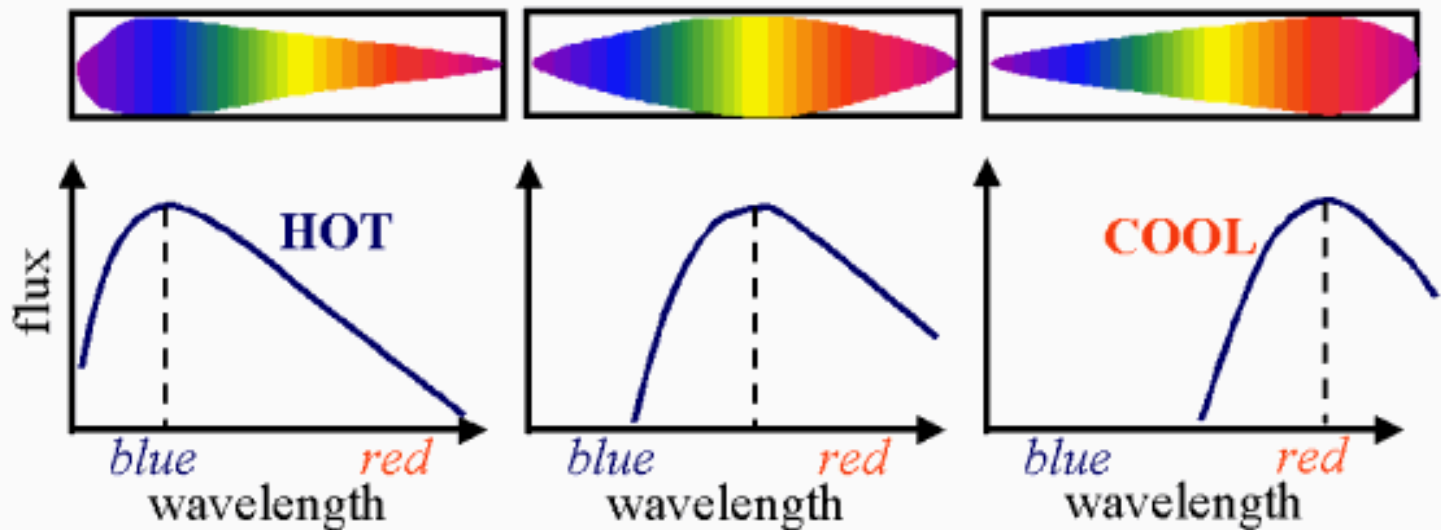
Yıldızın parlaklığı (Enerjisi)  
farklı dalga boylarında ölçülerek



Dalga boyuna karşılık parlaklık elde edilir.

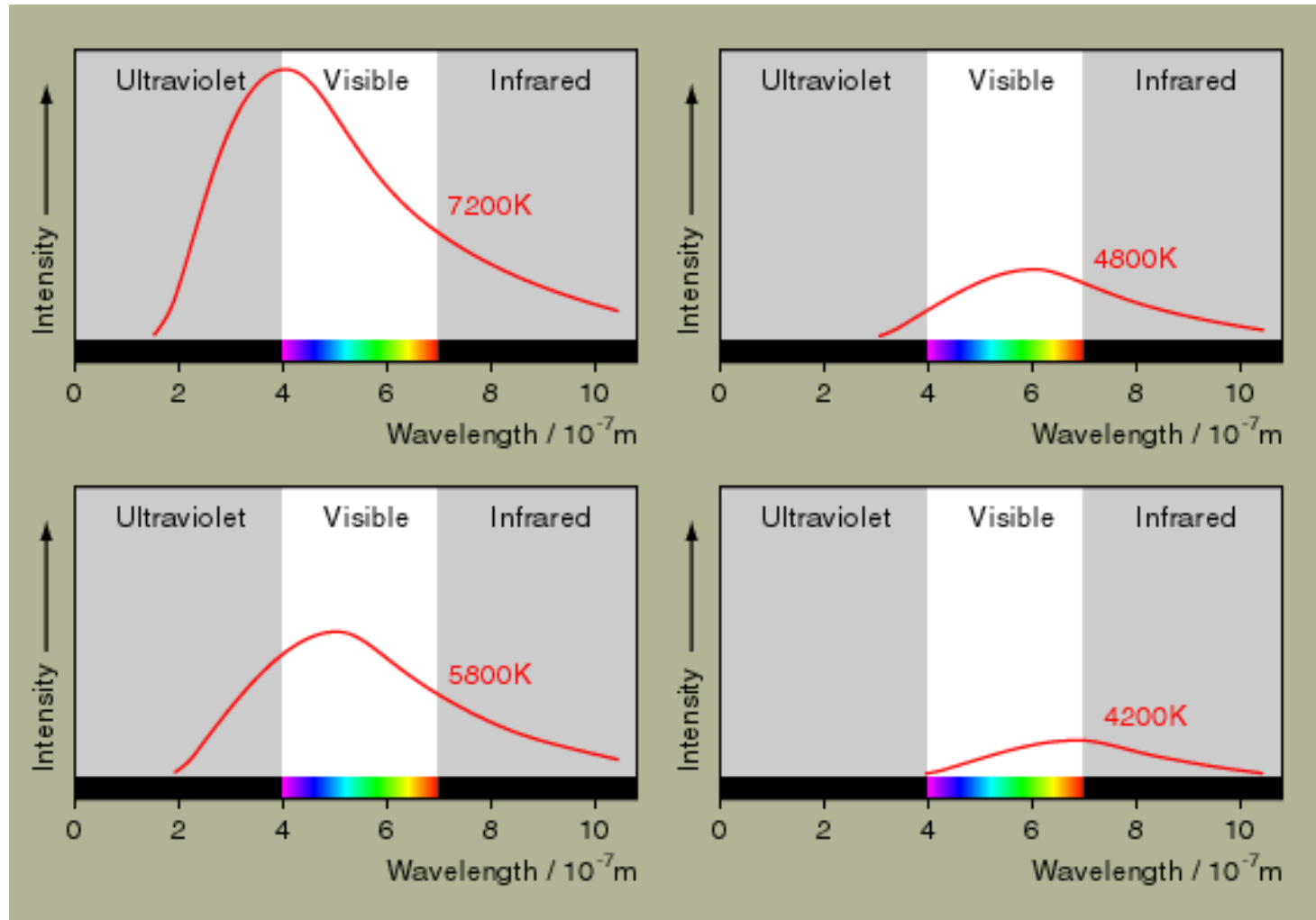
**Bu eğriden enerjinin maksimum olduğu dalga boyu bulunabilir.**

## Blackbody spectra in stars



By measuring the wavelength at the peak of a star's spectrum, we can calculate the temperature of the star.

# Stefan-Boltzman, Wien Yer Değiştirme ve Planck Kanunları



# Gökcisimlerinin Renkleri

$T = 12,000\text{ K}$

$\lambda_m \approx 250\text{ nm}$



$T = 6000\text{ K}$

$\lambda_m \approx 500\text{ nm}$

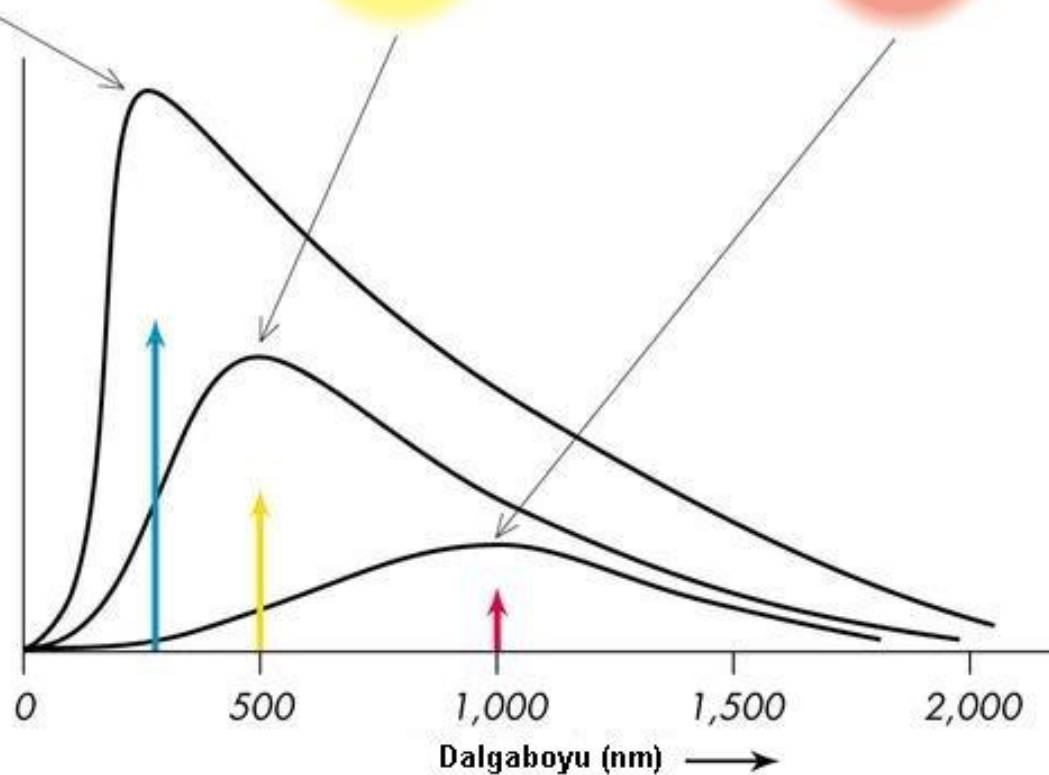


$T = 3000\text{ K}$

$\lambda_m \approx 1000\text{ nm}$

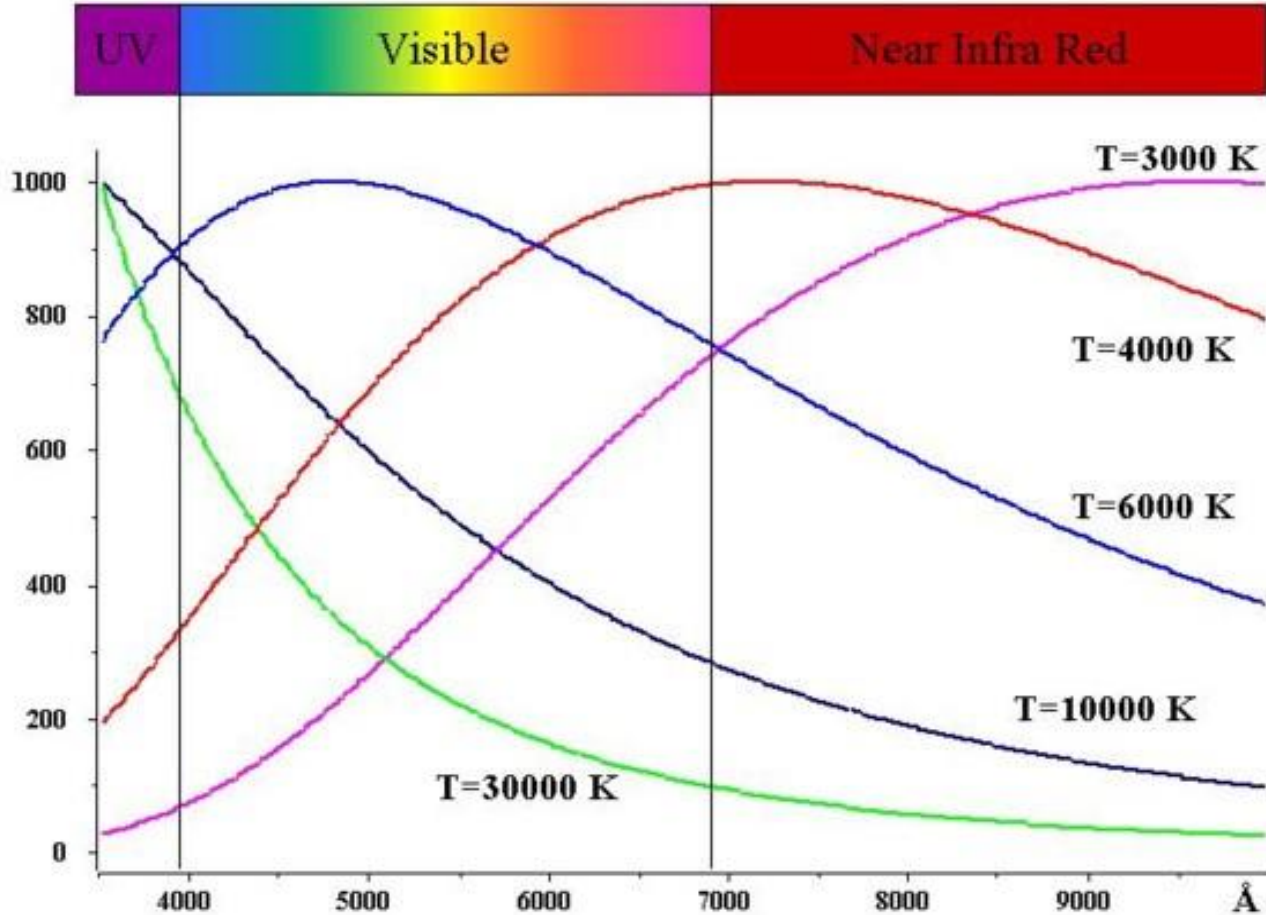


↑  
Parlaklık

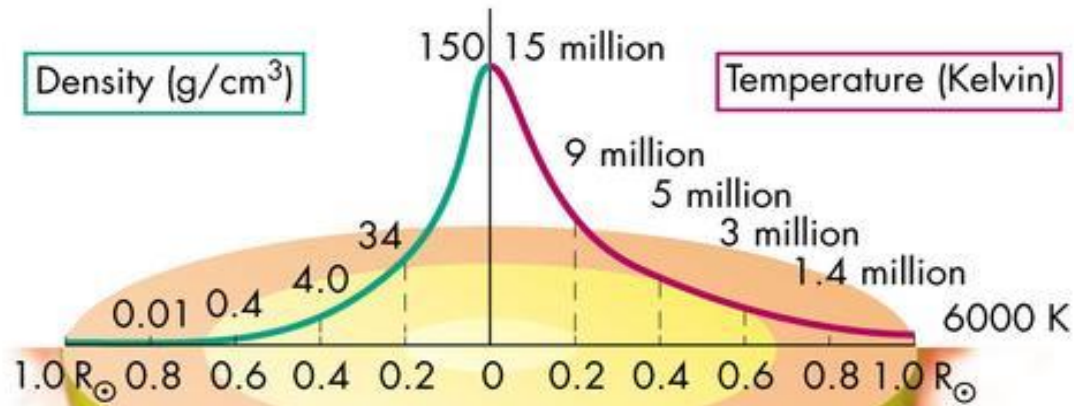




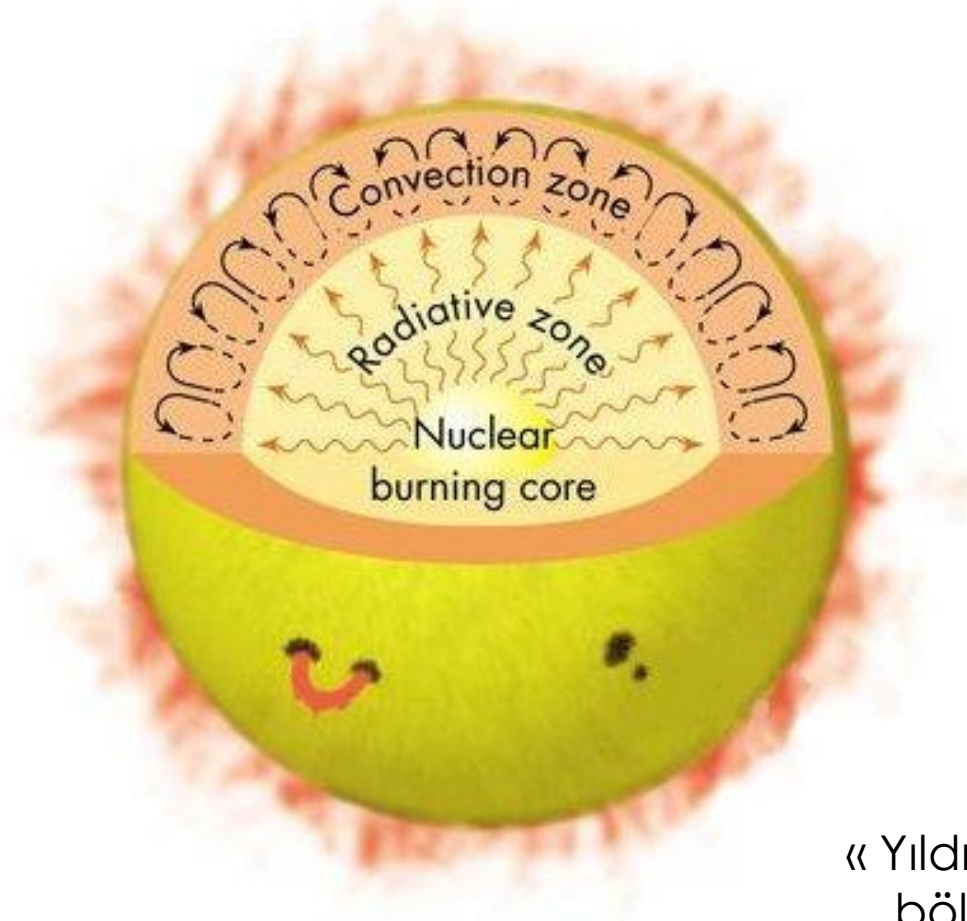
# Tüm gök cisimlerini görsel bölgede göremeyiz



# Yıldızlar Karacisim midir?



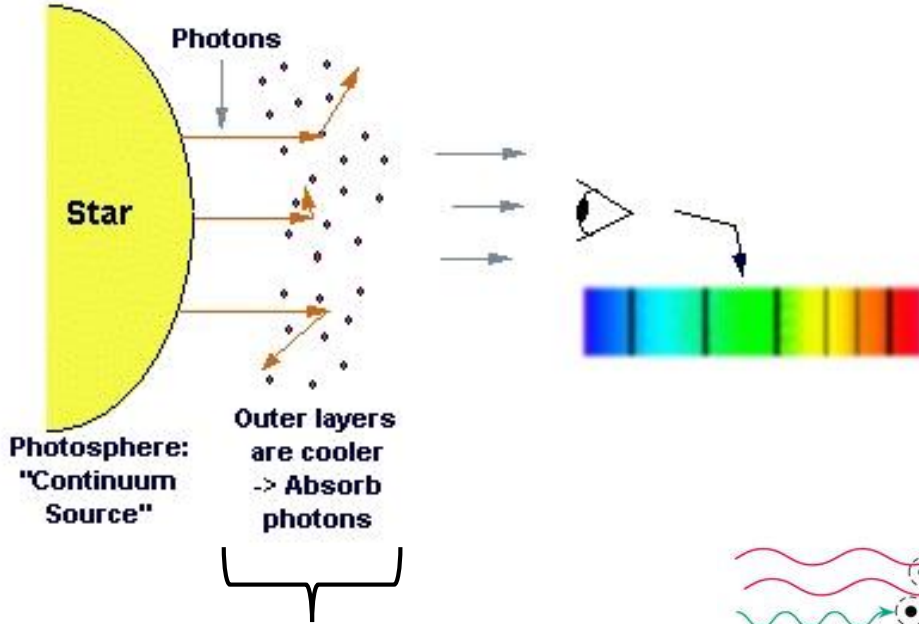
# Yıldızlar Karacisim midir?



« Yıldızda, enerjinin üretildiği merkezi bölge, karacisim gibi davranır. »

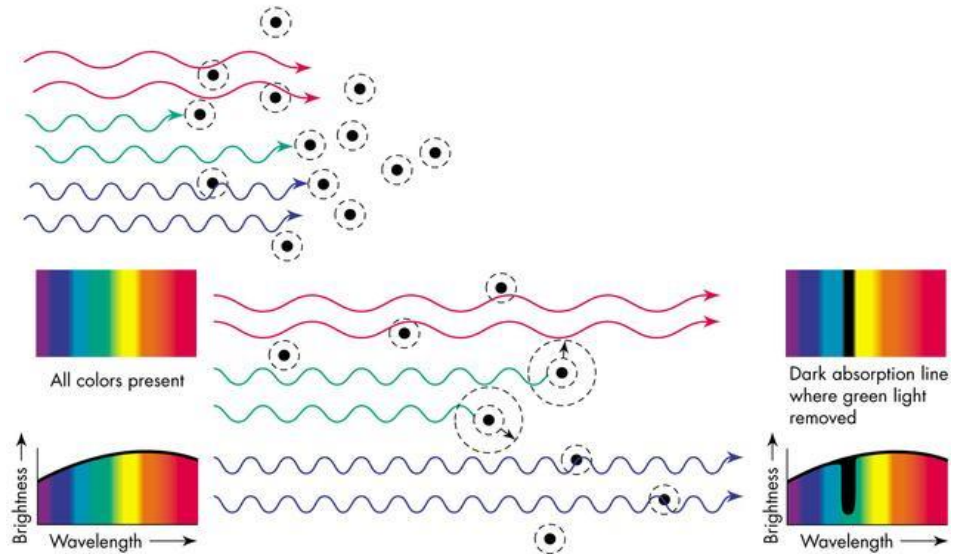
(Kirchhoff'un 1. kanunu etkindir)

# Yıldızlar Karacisim midir?



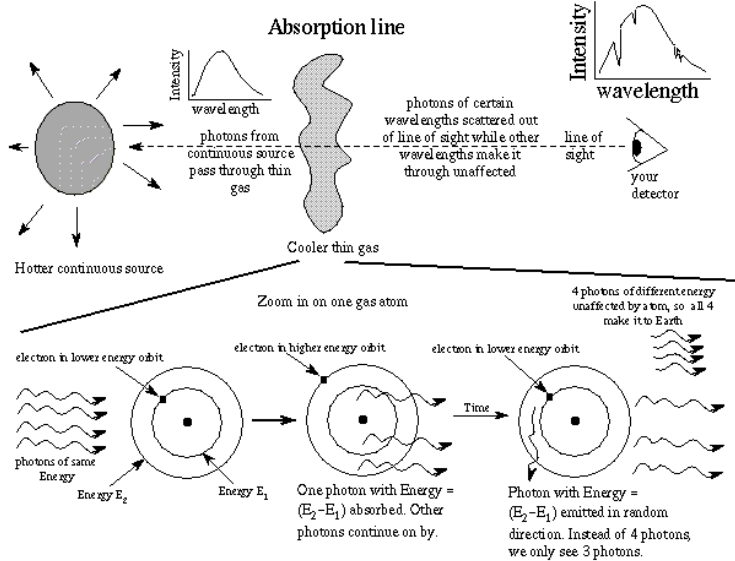
« Dış katmanlar daha az yoğun ve daha soğuk olduklarından sürekli ışınım üzerinde soğurma çizgileri oluşturur. »

(Kirchhoff'un 3. kanunu etkindir)

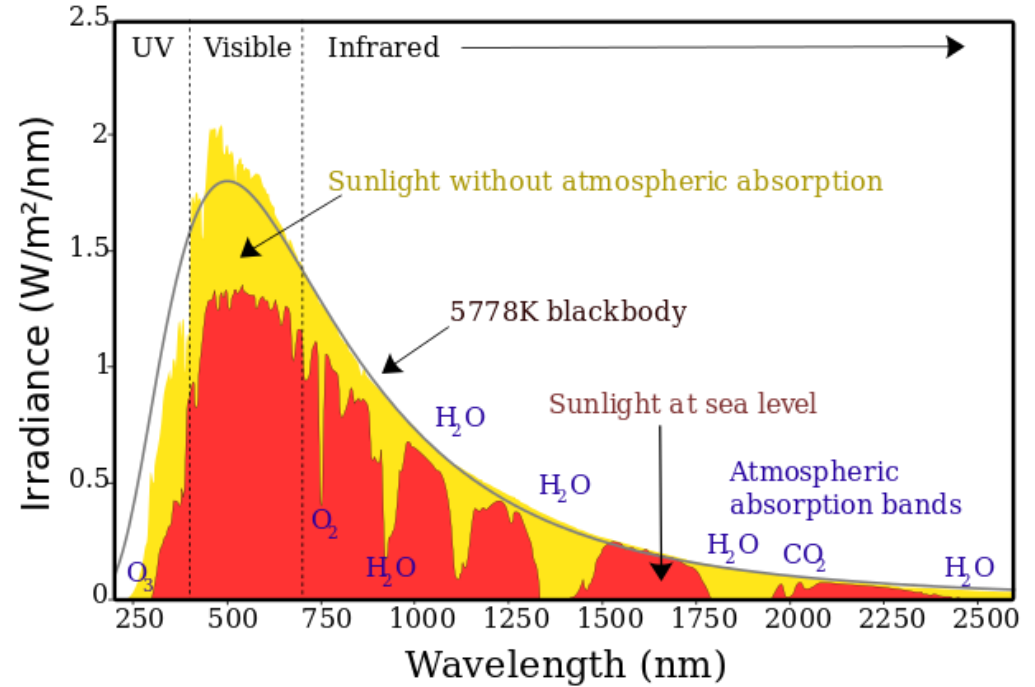


# Yıldızlar Karacisim midir?

« Yıldızlar tam anlamıyla karacisim değillerdir. Karacisimin yaptığı ışınım üzerinde soğurma/salma çizgileri ve süreksiz bölgeler barındırırlar. »



Spectrum of Solar Radiation (Earth)



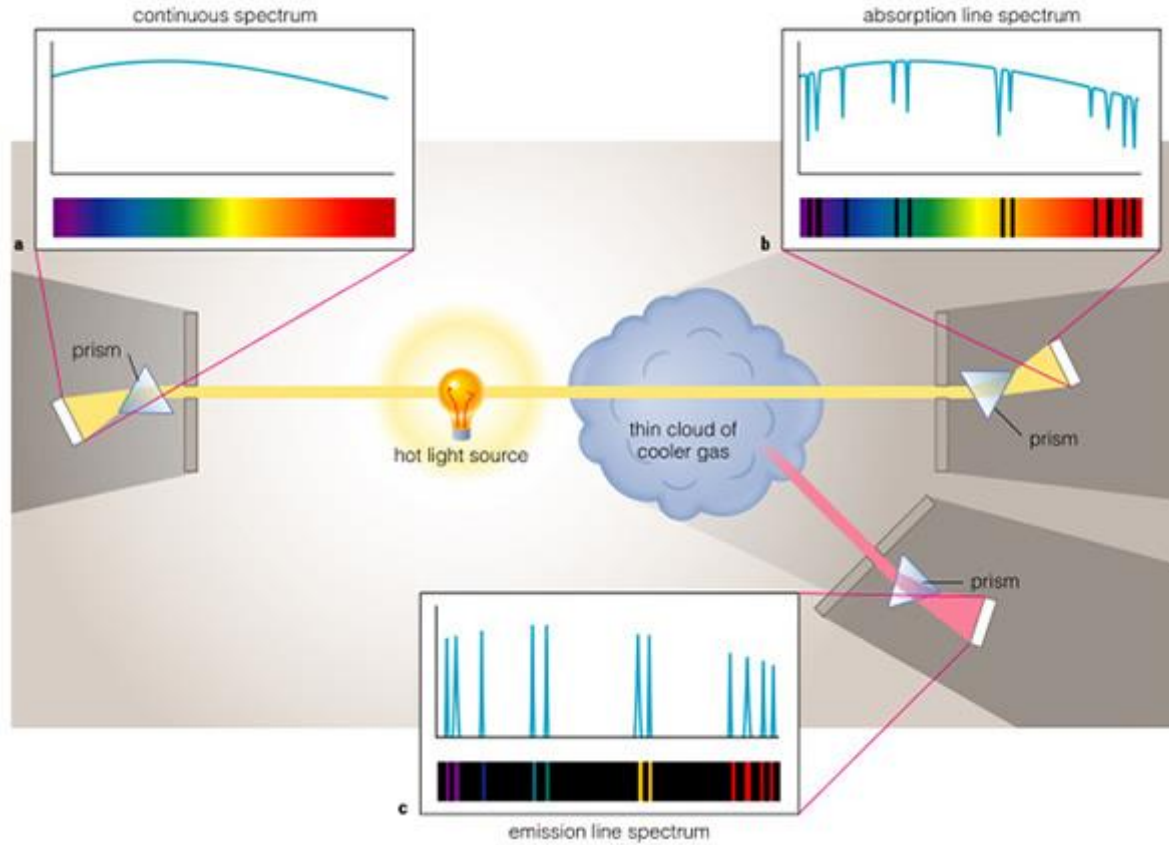
# Sonuç Olarak...

- I. Yıldızların çoğunun tayfı süreklilik üzerine binmiş soğurma çizgileri şeklindedir. Bir başka ifadeyle yıldızların tayfına soğurma çizgileri hakimdir.
- II. Ancak bazı yıldızların tayfında salma çizgileri de gözlenir.
- III. Tayfında soğurma çizgisi olmayan yıldız hiç yoktur. Ancak tayfında salma çizgisi olmayan yıldızlar çoktur.
- IV. Öyle yıldızlar vardır ki tayflarında her üç olgu da görülebilir.

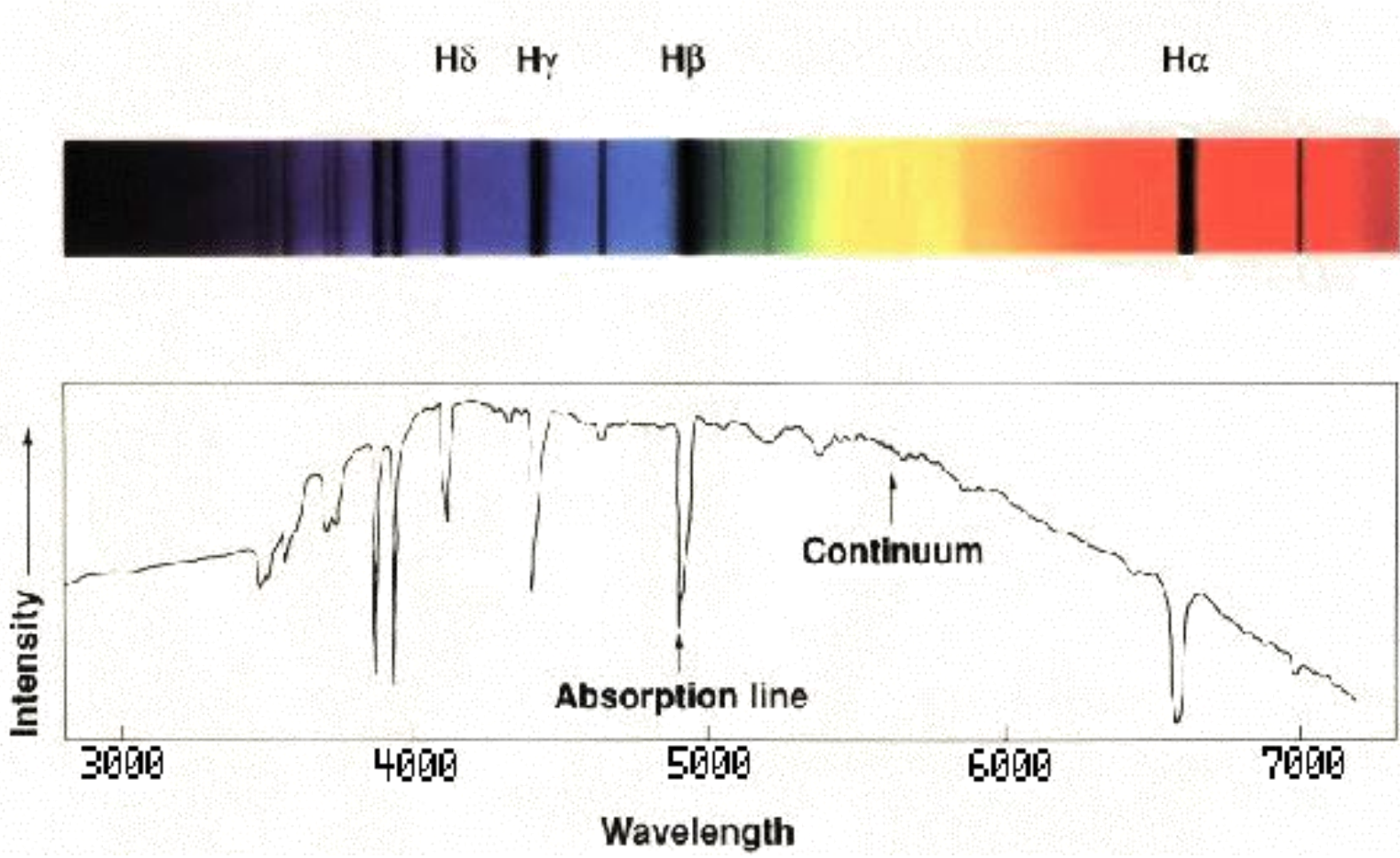


# Tayf Çeşitleri

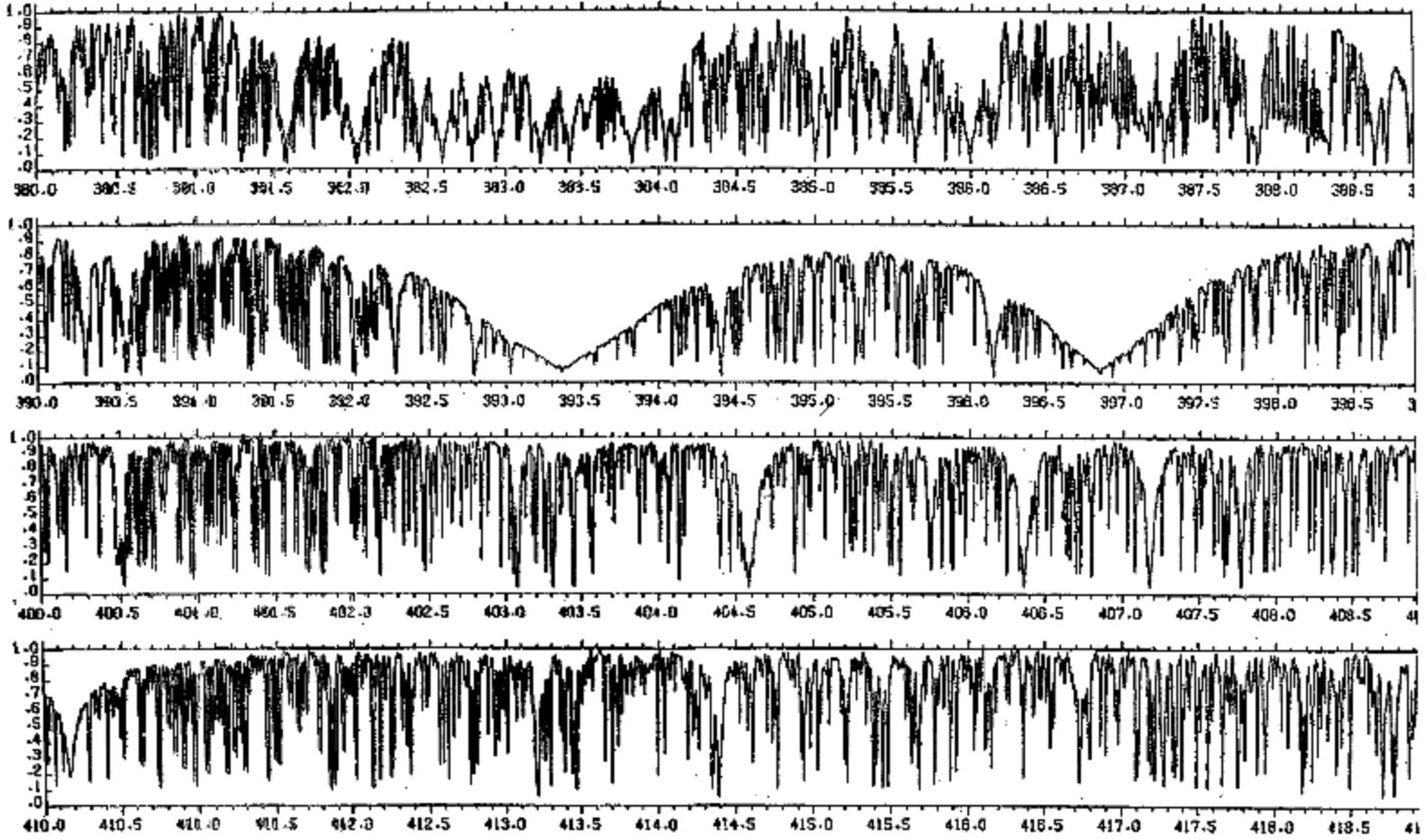
- Sürekli tayf
- Soğurma (karanlık çizgi) tayfı
- Salma (parlak çizgi) tayfı



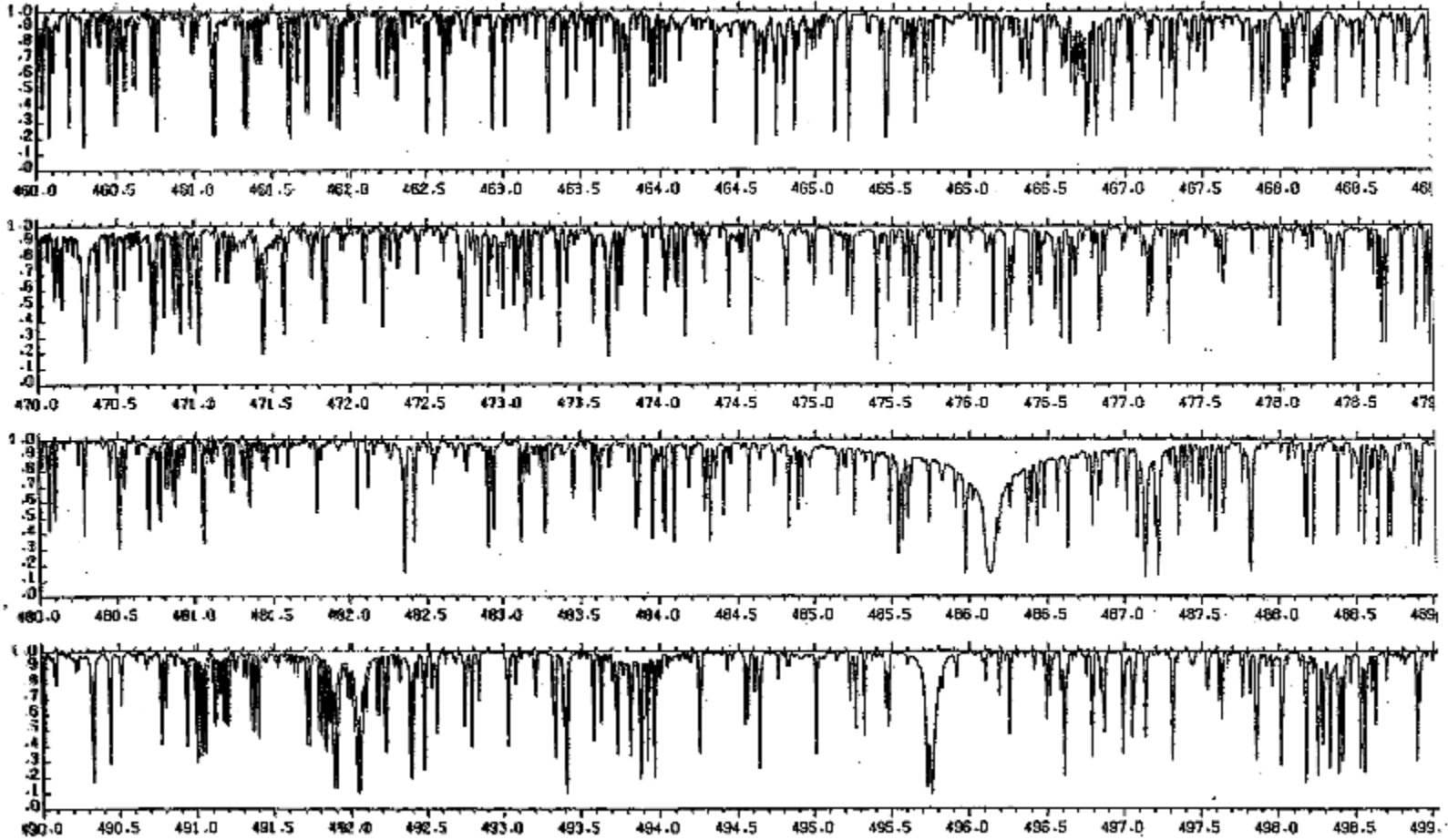
# Güneş'in Tayfı



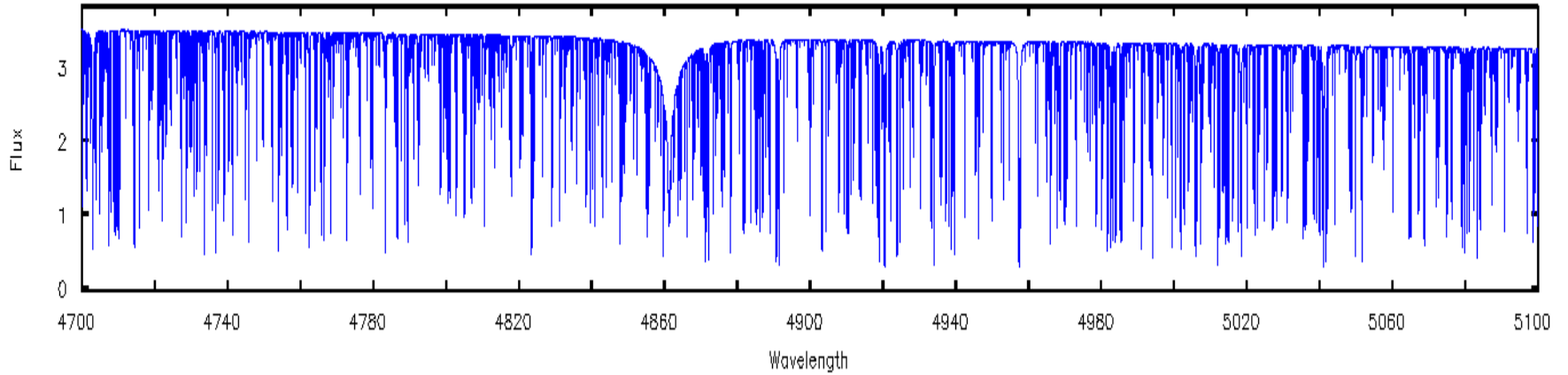
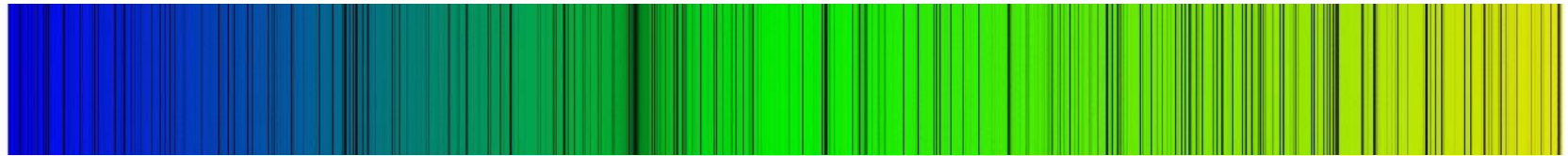
# Güneş'in Soğurma Tayfı



# Güneş'in Soğurma Tayfı



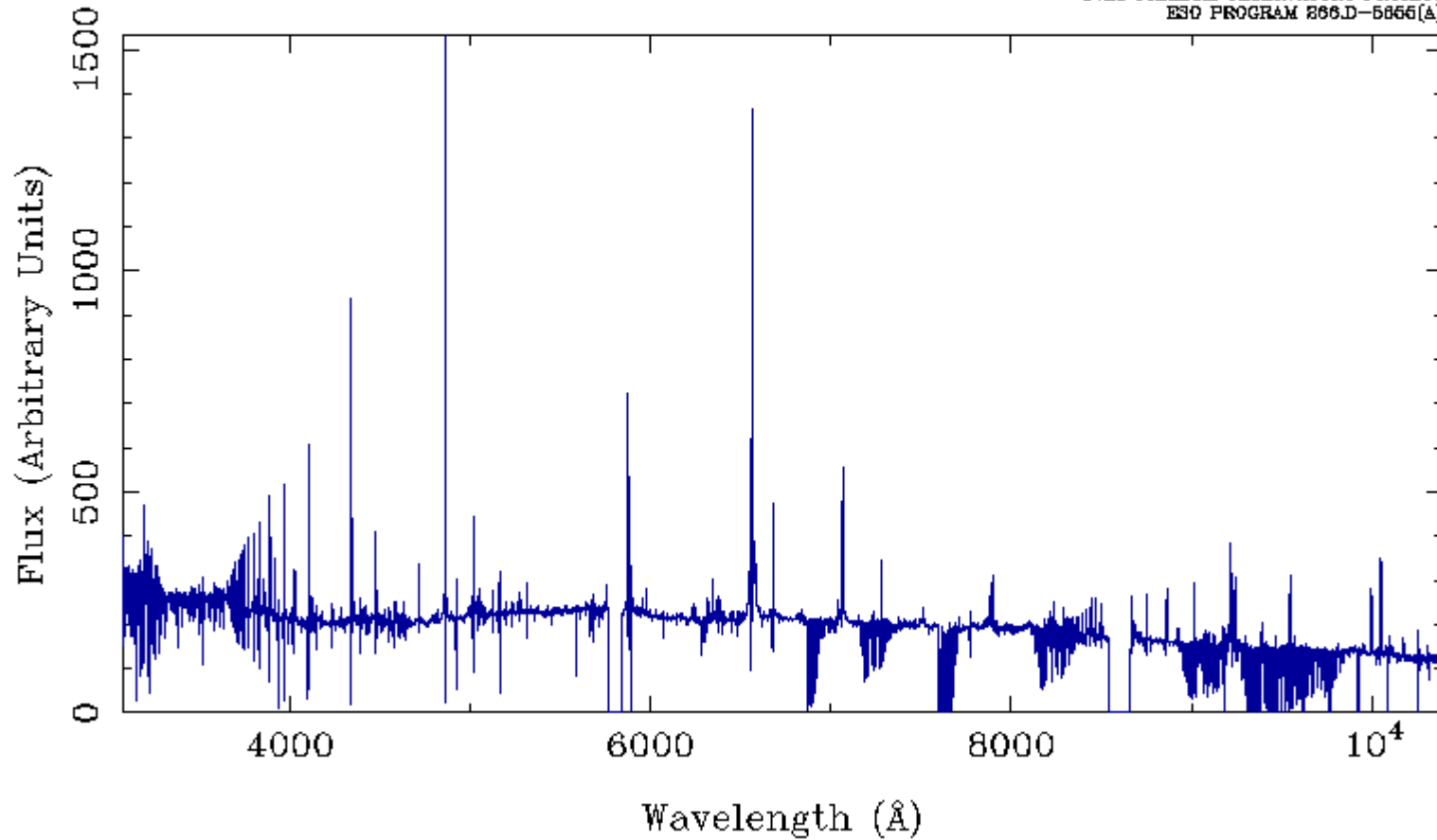
# Güneş'in Soğurma Tayfı



# Salma Tayfı

HD 94910

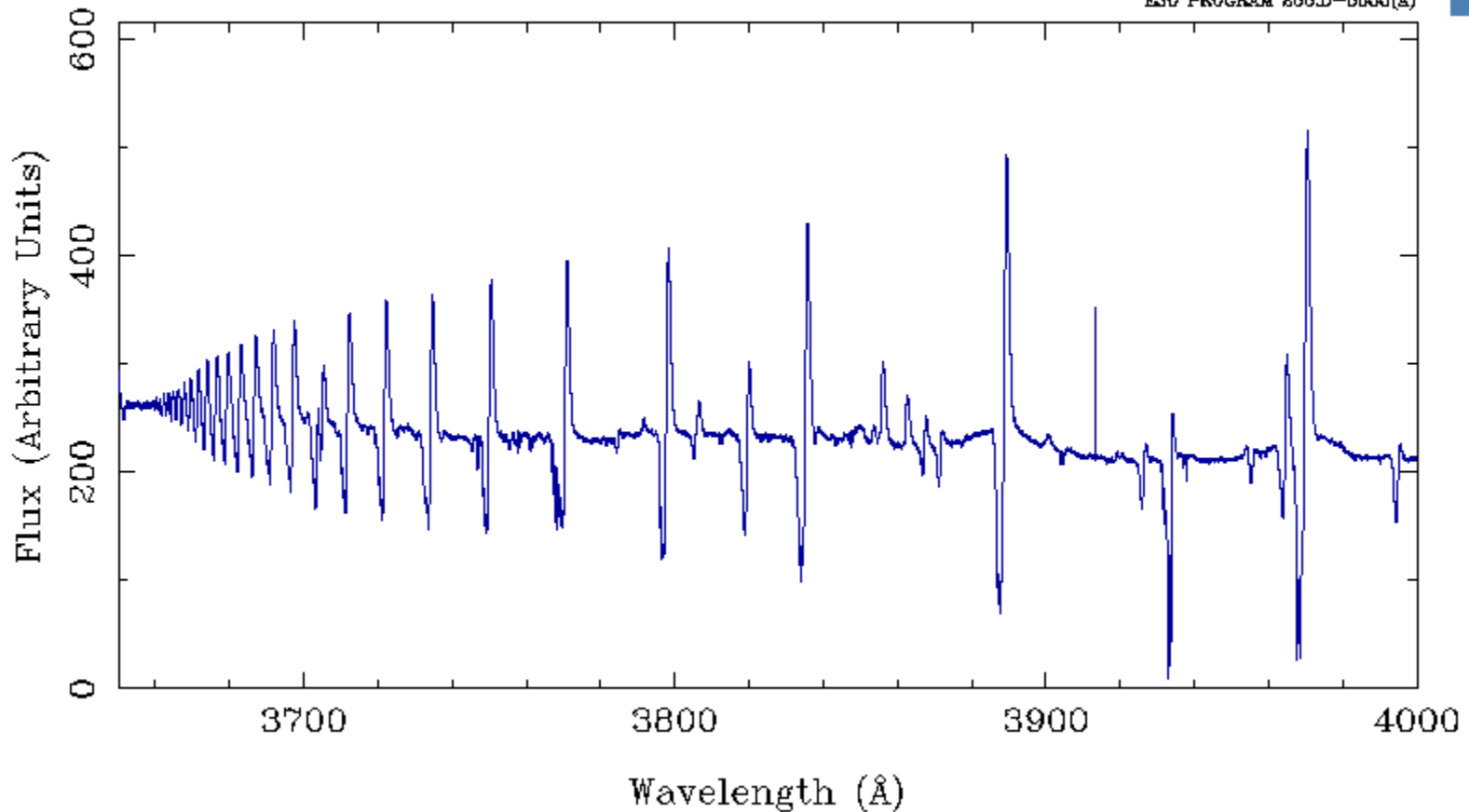
UVES PARANAL OBSERVATORY PROJECT  
ESO PROGRAM 866.D-5866(A)



# Hem Salma Hem Soğurma Sergileyen Yıldızlar

HD 94910

UVES PARANAL OBSERVATORY PROJECT  
ESO PROGRAM E66.D-5666(A)

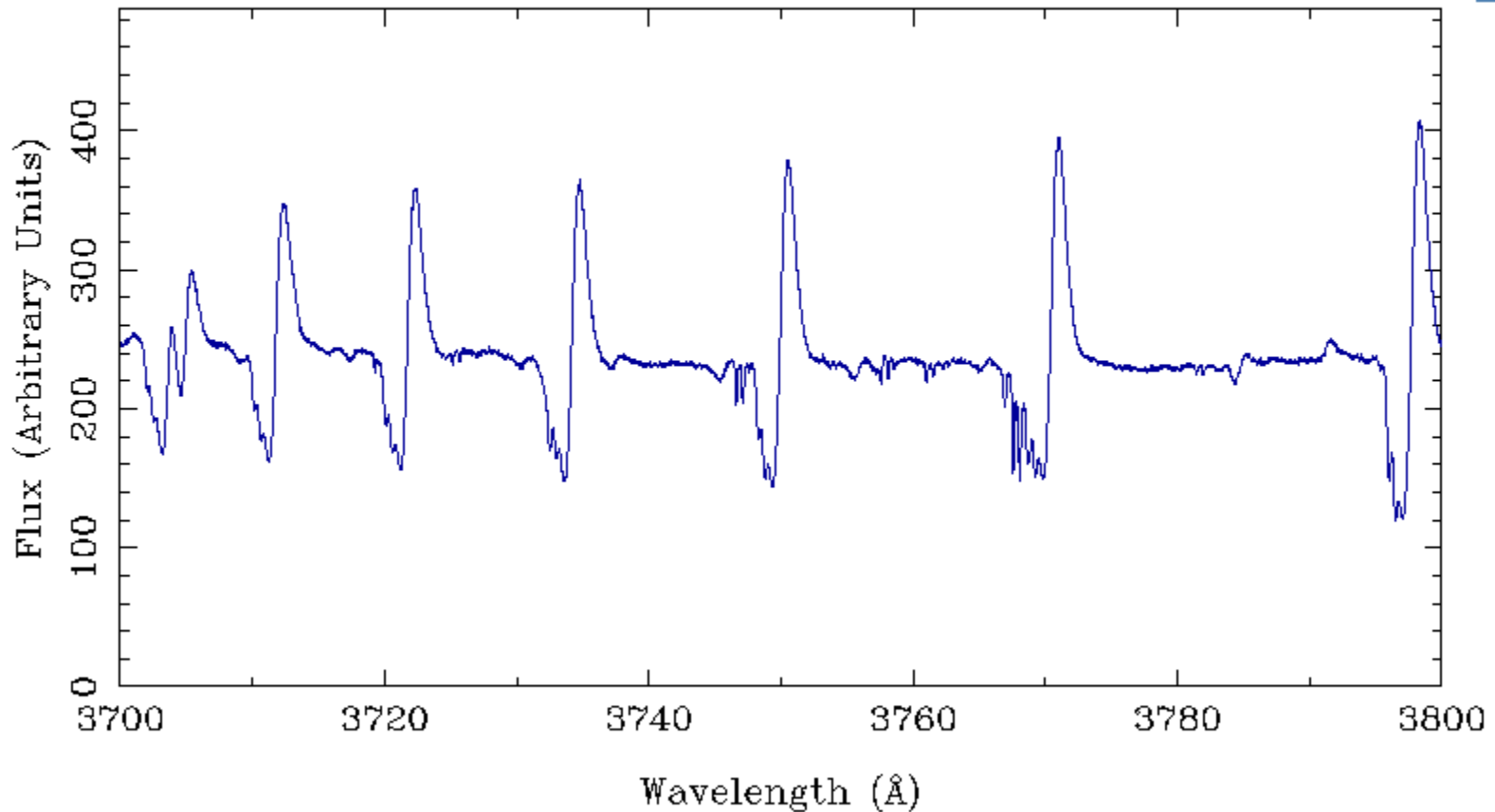




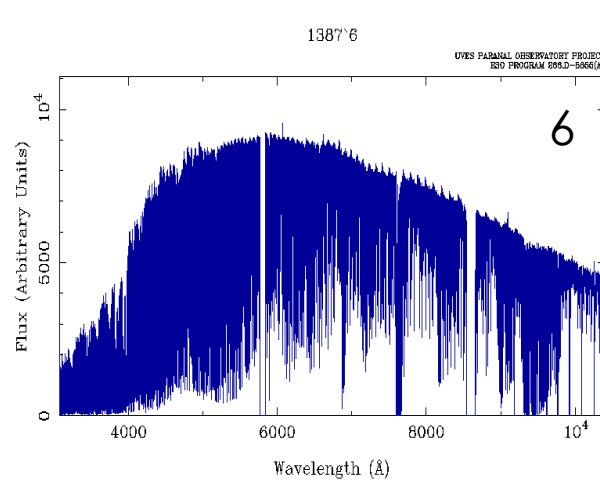
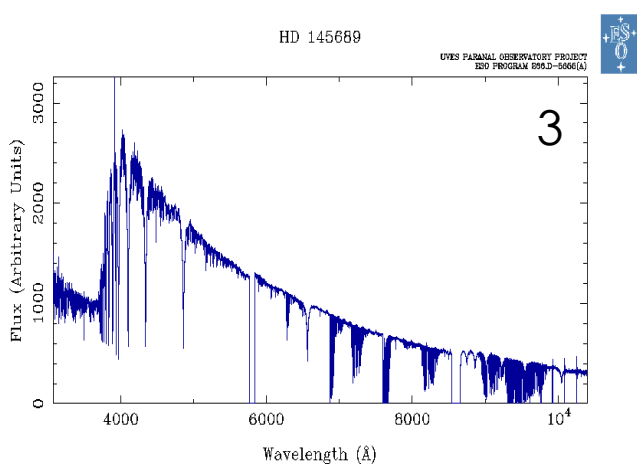
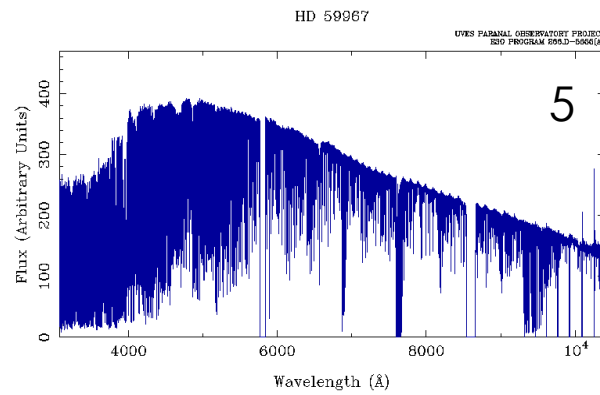
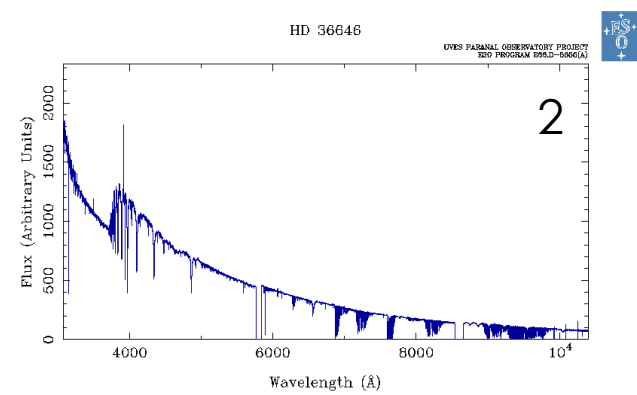
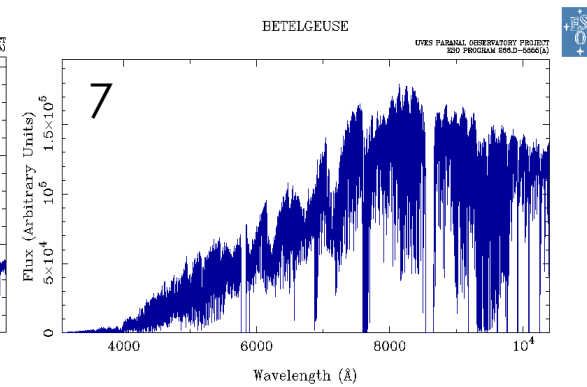
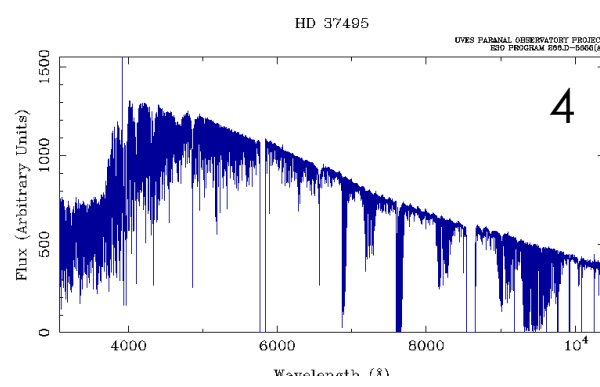
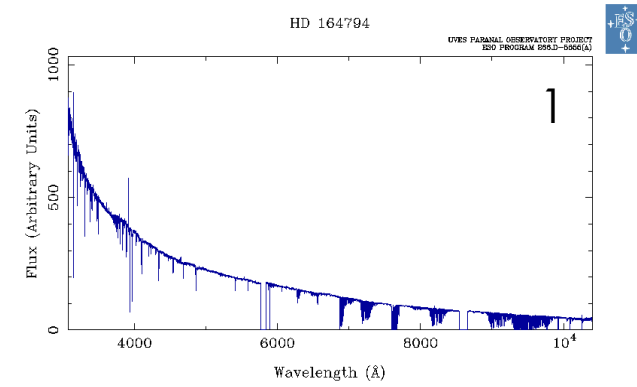
# Hem Salma Hem Soğurma Sergileyen Yıldızlar

HD 94910

UVES PARANAL OBSERVATORY PROJECT  
ESO PROGRAM E66.D-5666(A)



# Yıldız Tayflarının Sıcaklığa Göre Değişimi



Sol üstten itibaren yıldızların tayf ve ışınım türleri:

**O5 V**

**B5 V**

**A5 V**

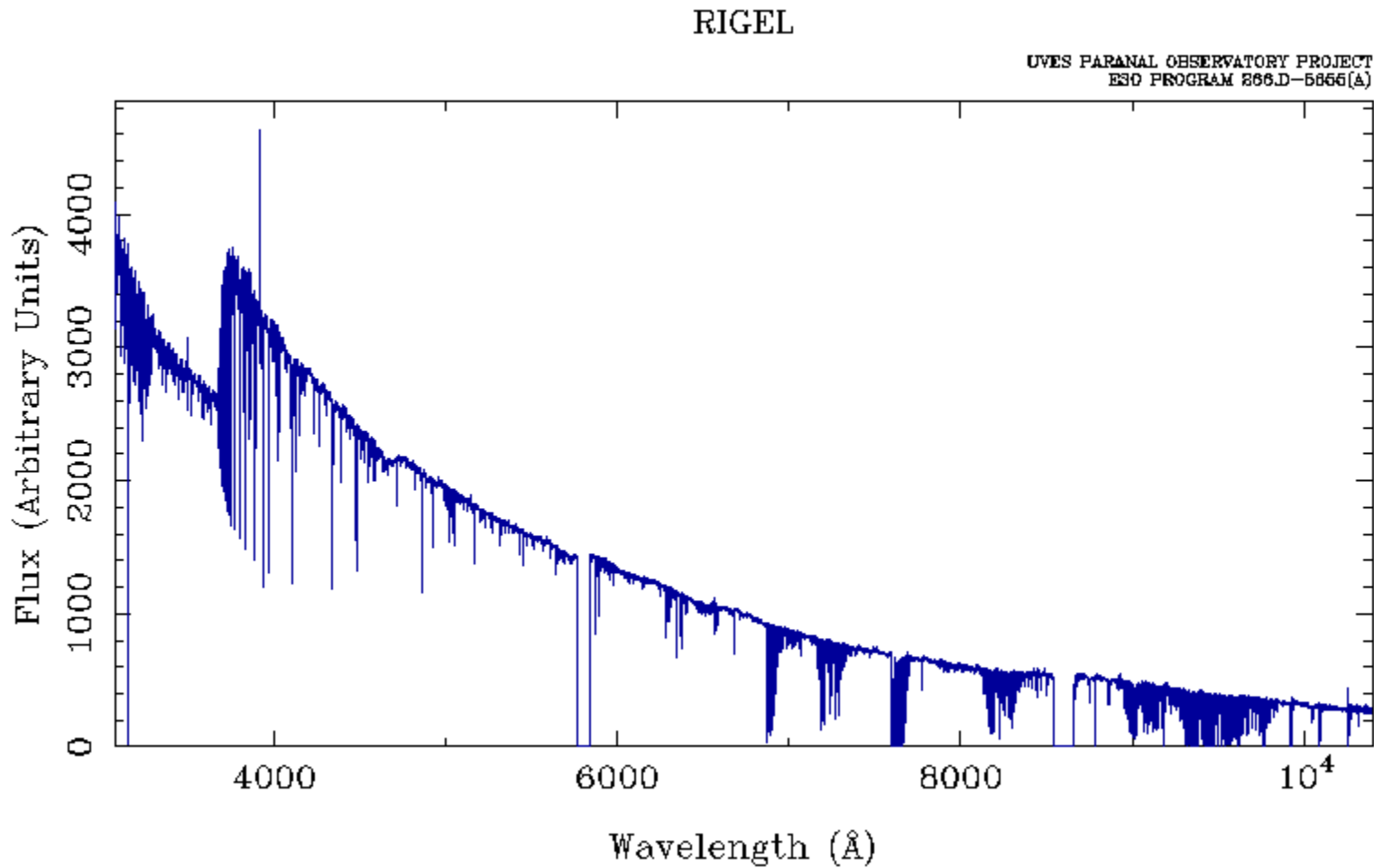
**F5 V**

**G4 V**

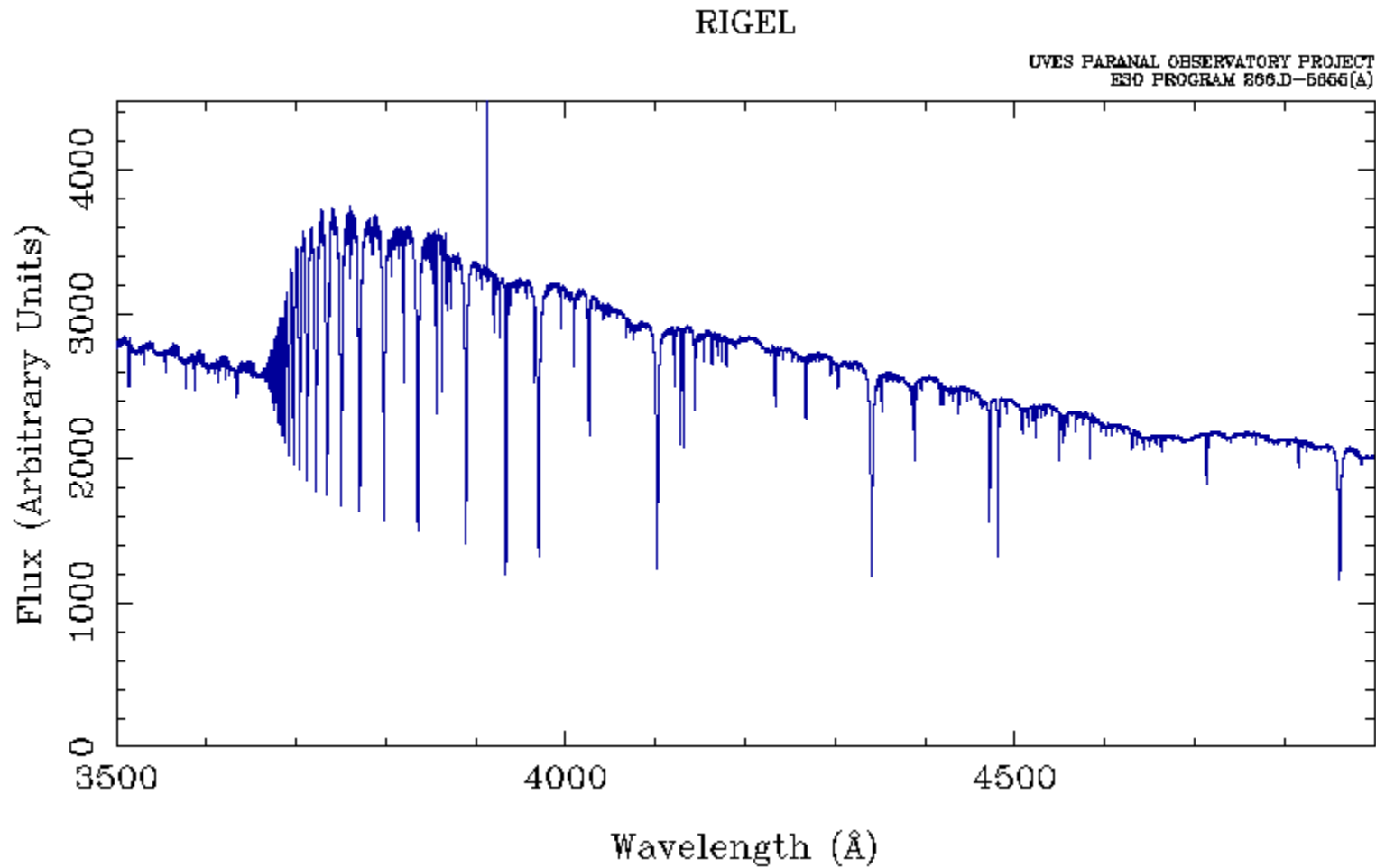
**K1 IV**

**M1 I**

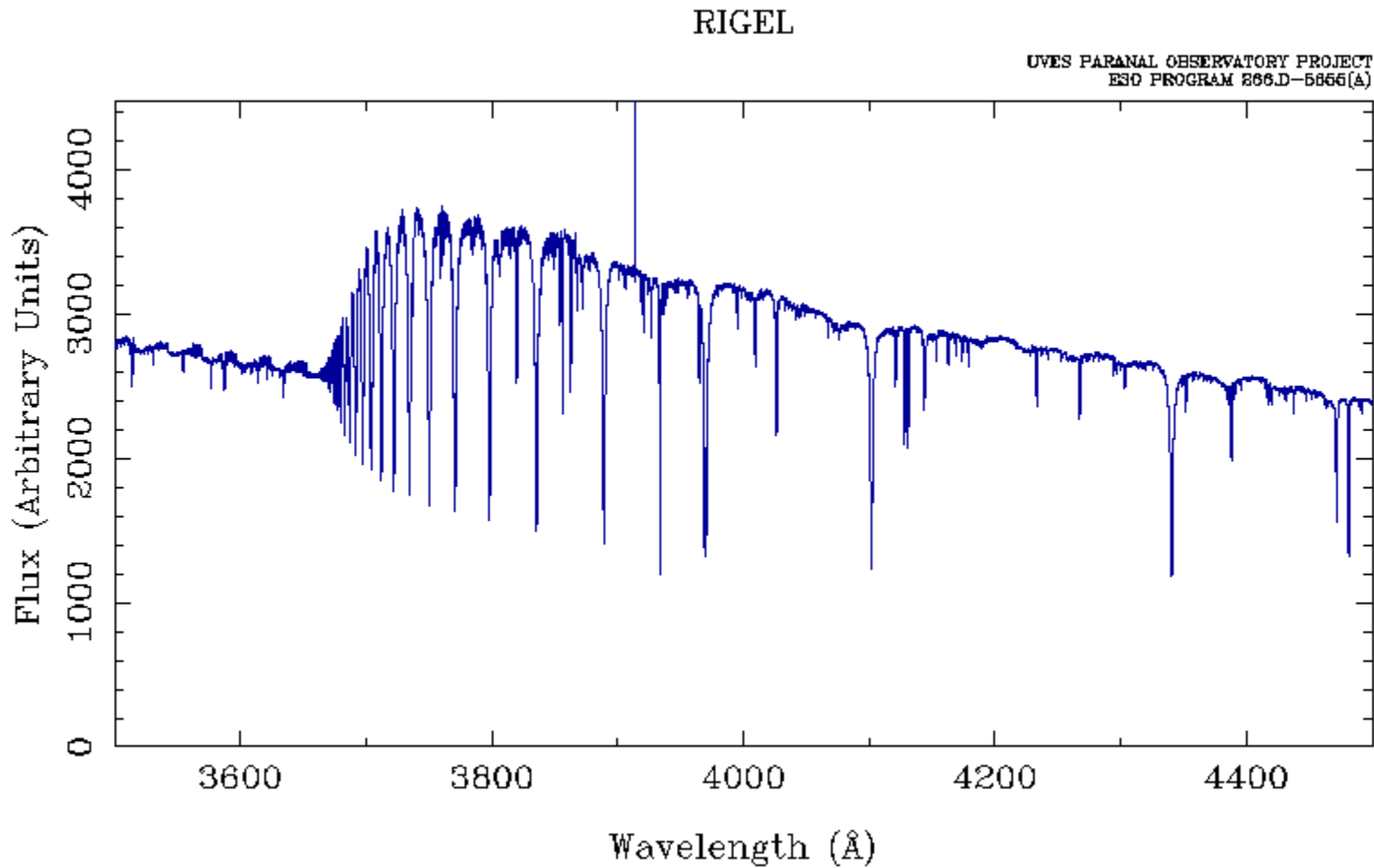
# Tayfta Çizgi Serileri: Rigel (B8 Iab)



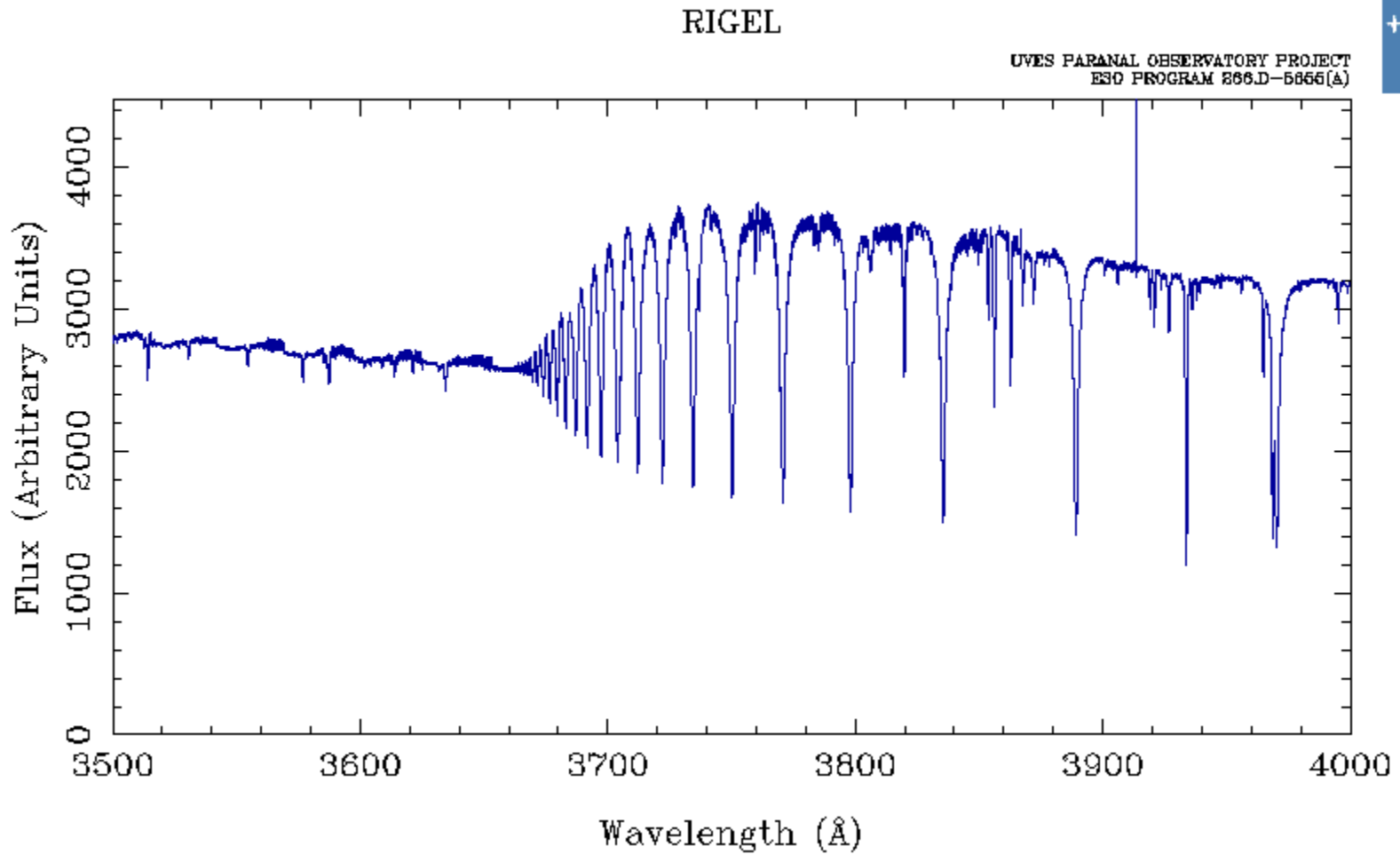
# Tayfta Çizgi Serileri: Rigel (B8 Iab)



# Tayfta Çizgi Serileri: Rigel (B8 Iab)



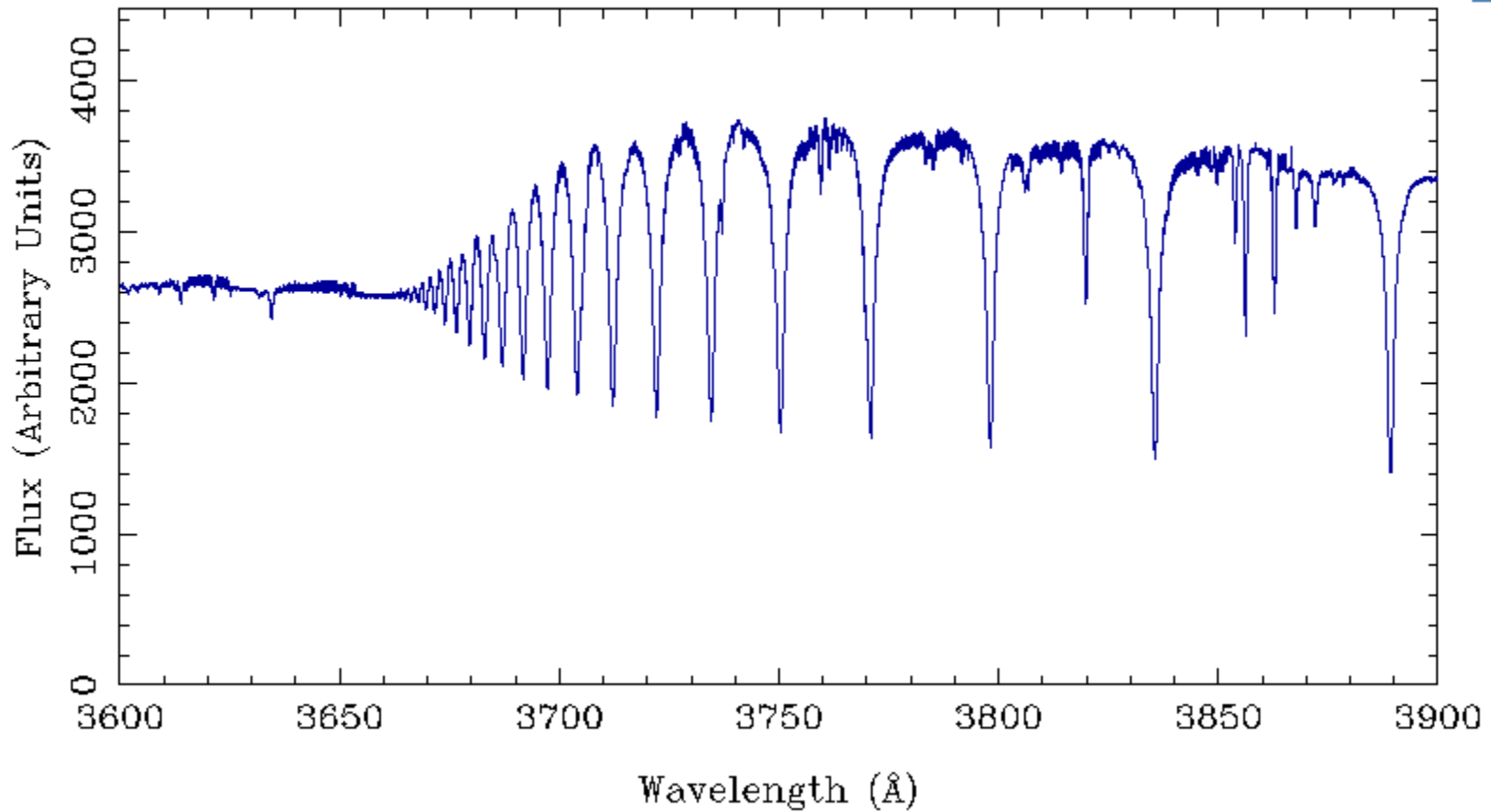
# Tayfta Çizgi Serileri: Rigel (B8 Iab)



# Tayfta Çizgi Serileri: Rigel (B8 Iab)

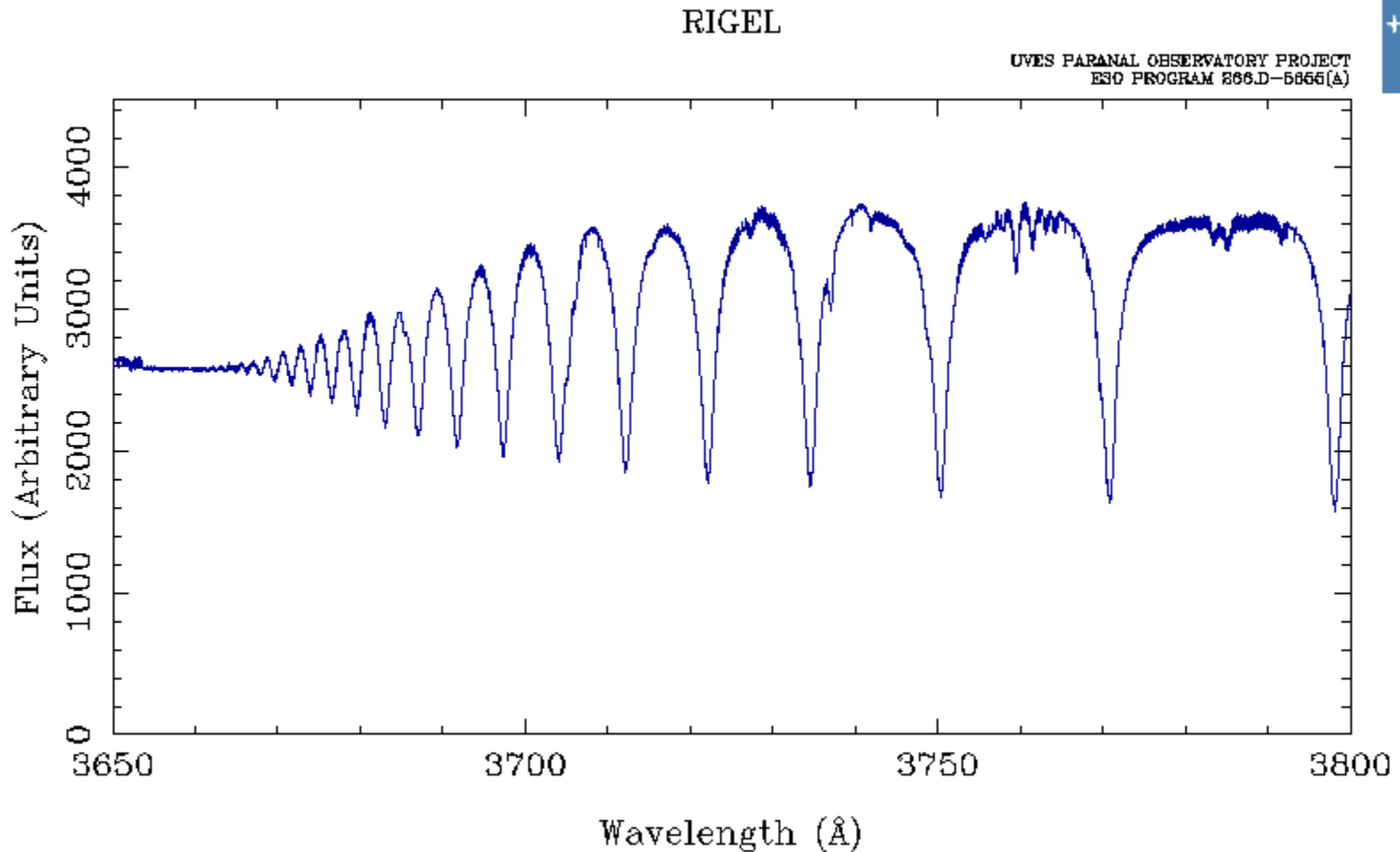
RIGEL

UVES PARANAL OBSERVATORY PROJECT  
ESO PROGRAM E66.D-5666(A)





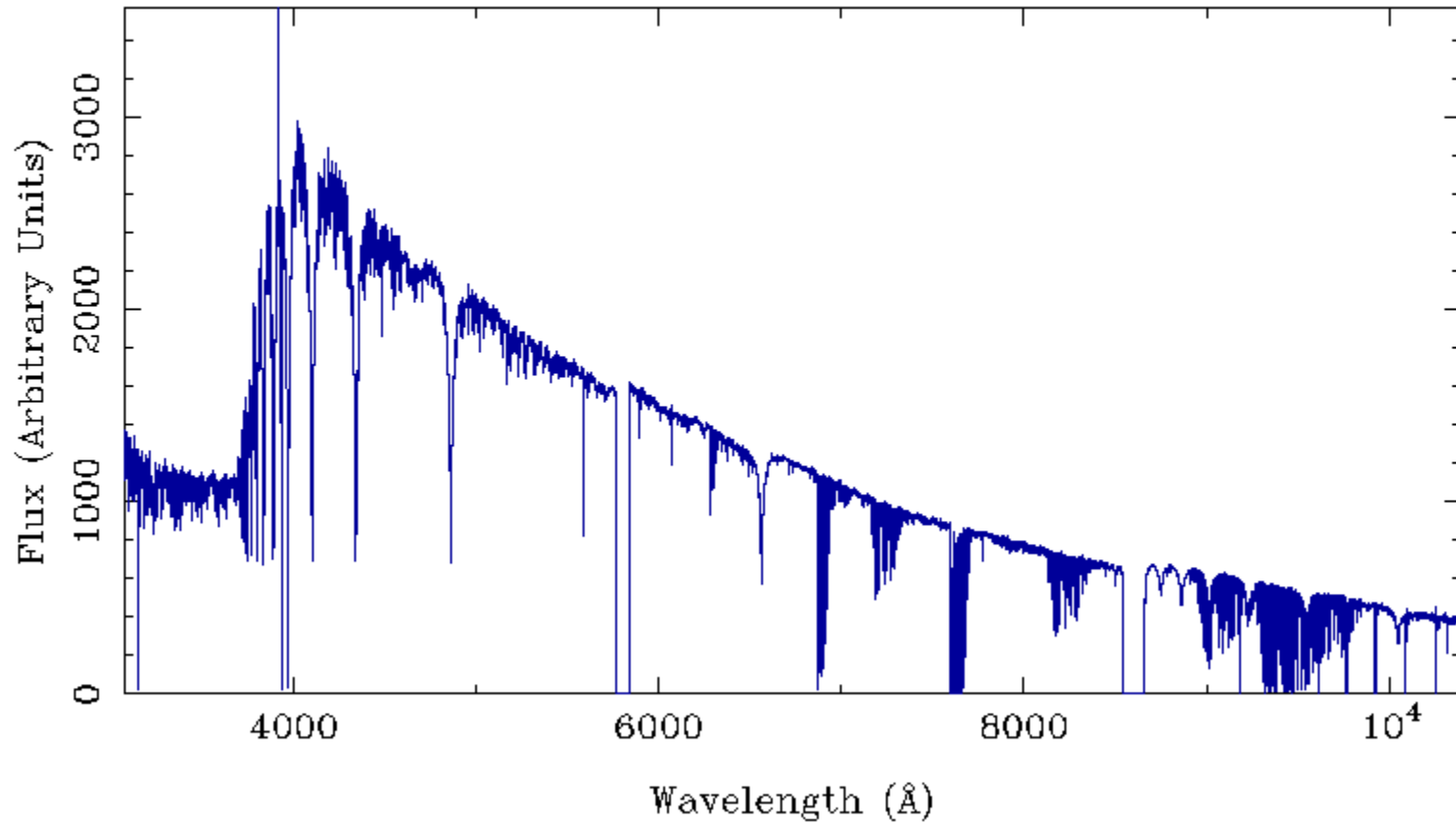
# Tayfta Çizgi Serileri: Rigel (B8 Iab)



# Tayfta Çizgi Serileri: $\beta$ Pic (A5V)

HD 39060

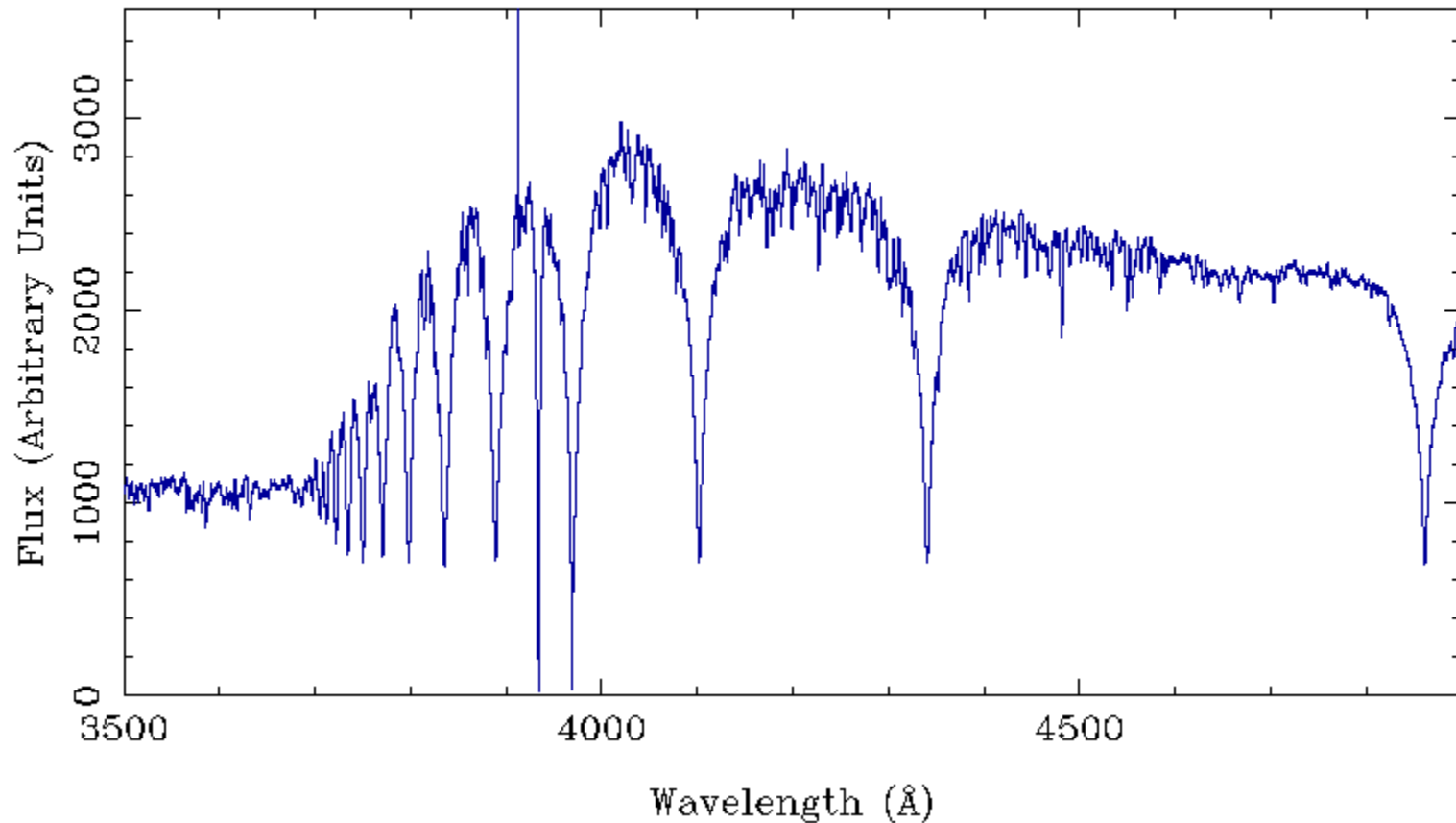
UVES PARANAL OBSERVATORY PROJECT  
ESO PROGRAM E66.D-5666(A)



# Tayfta Çizgi Serileri: $\beta$ Pic (A5V)

HD 39060

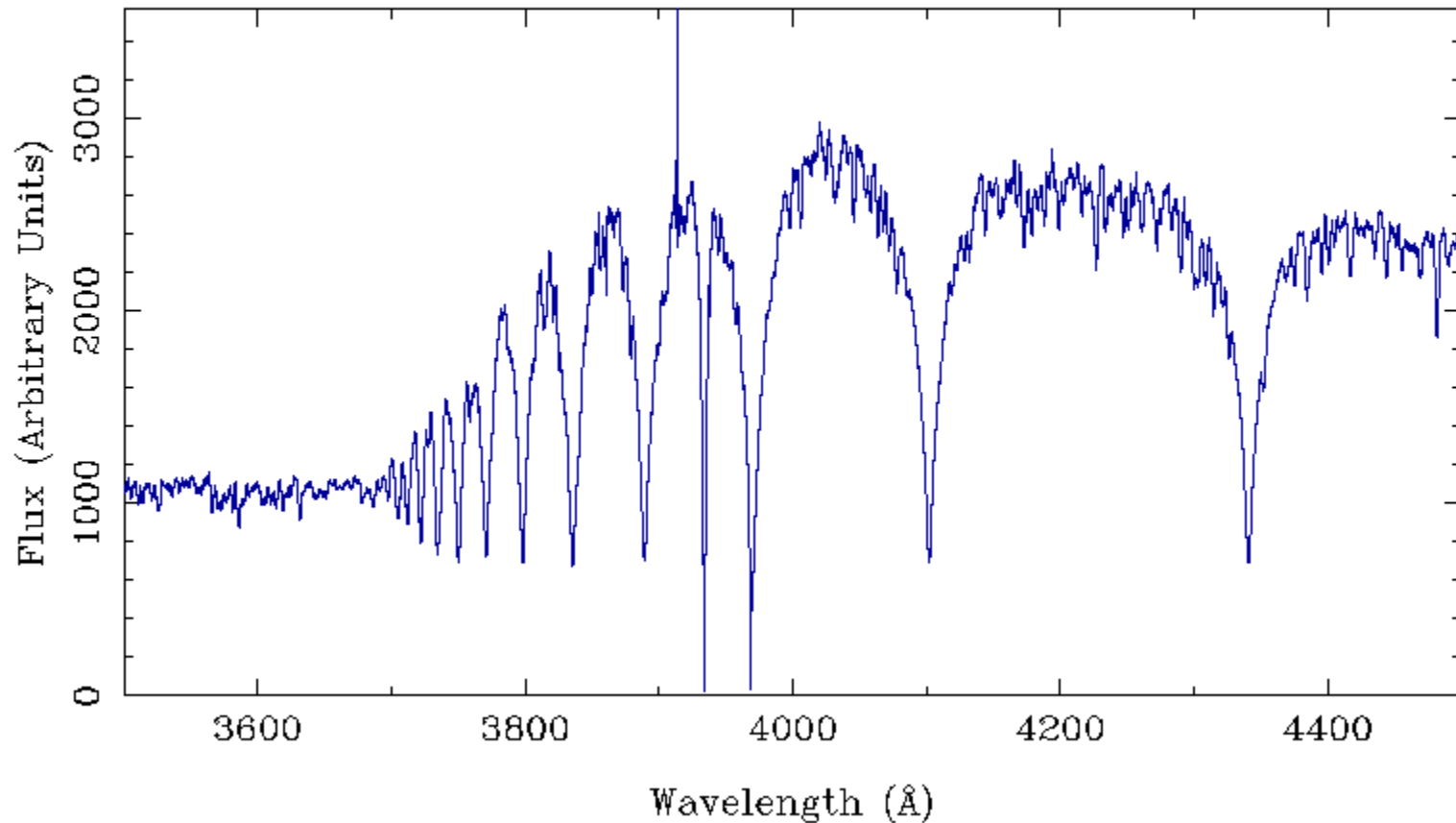
UVES PARANAL OBSERVATORY PROJECT  
ESO PROGRAM E66.D-5666(A)



# Tayfta Çizgi Serileri: $\beta$ Pic (A5V)

HD 39060

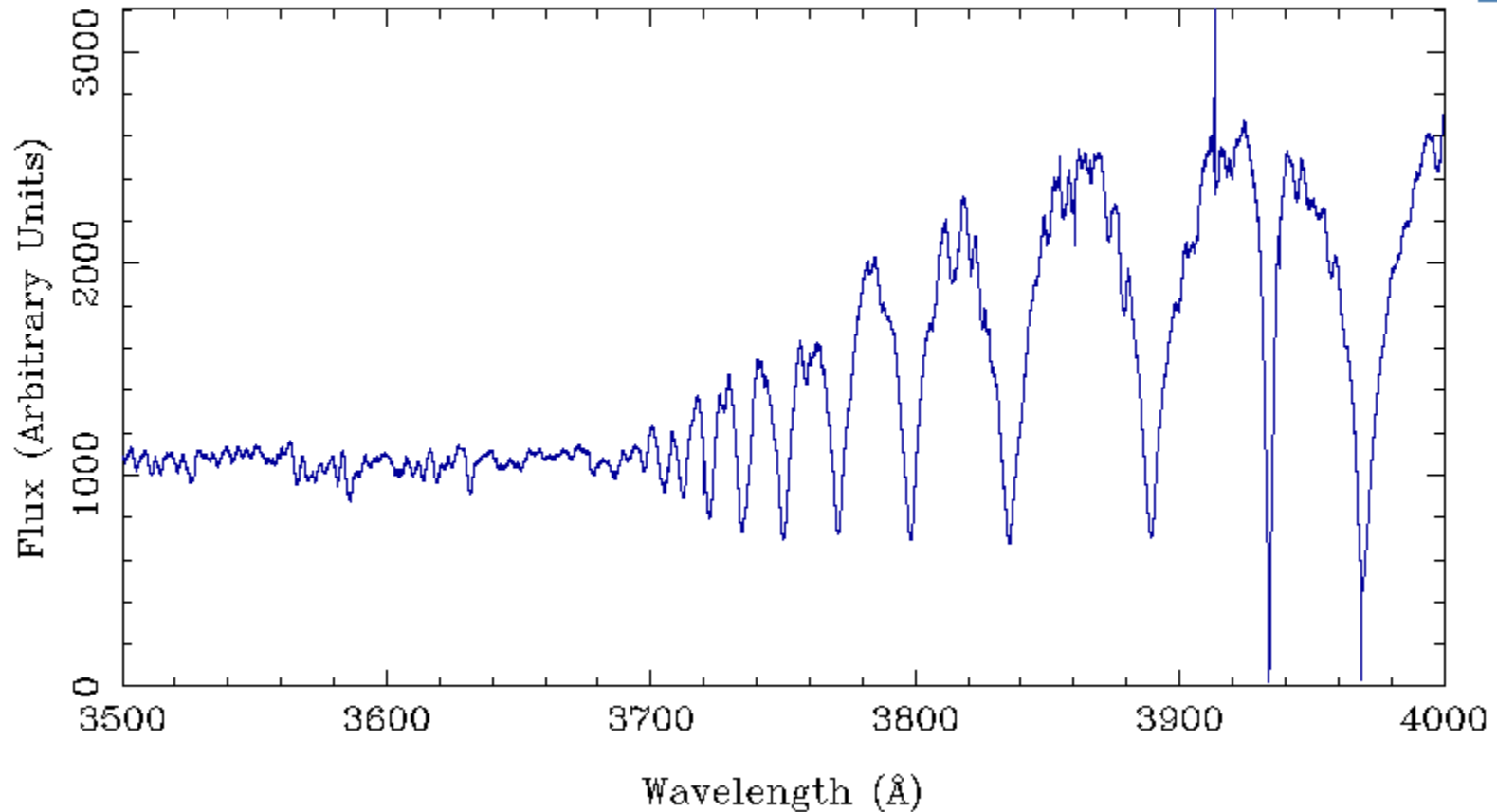
UVES PARANAL OBSERVATORY PROJECT  
ESO PROGRAM 866.D-5666(A)



# Tayfta Çizgi Serileri: $\beta$ Pic (A5V)

HD 39060

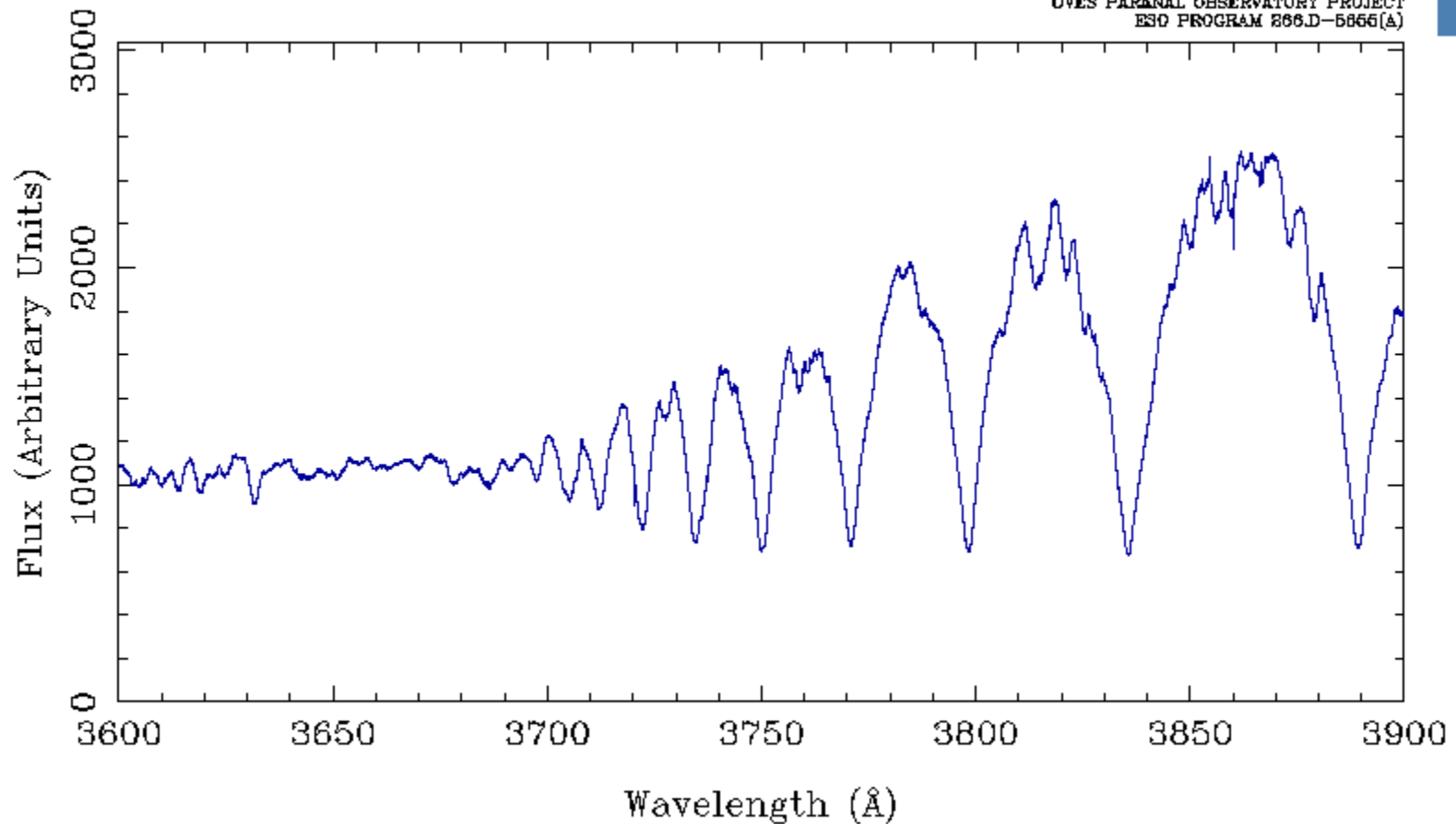
UVES PARANAL OBSERVATORY PROJECT  
ESO PROGRAM 866.D-5666(A)



# Tayfta Çizgi Serileri: $\beta$ Pic (A5V)

HD 39060

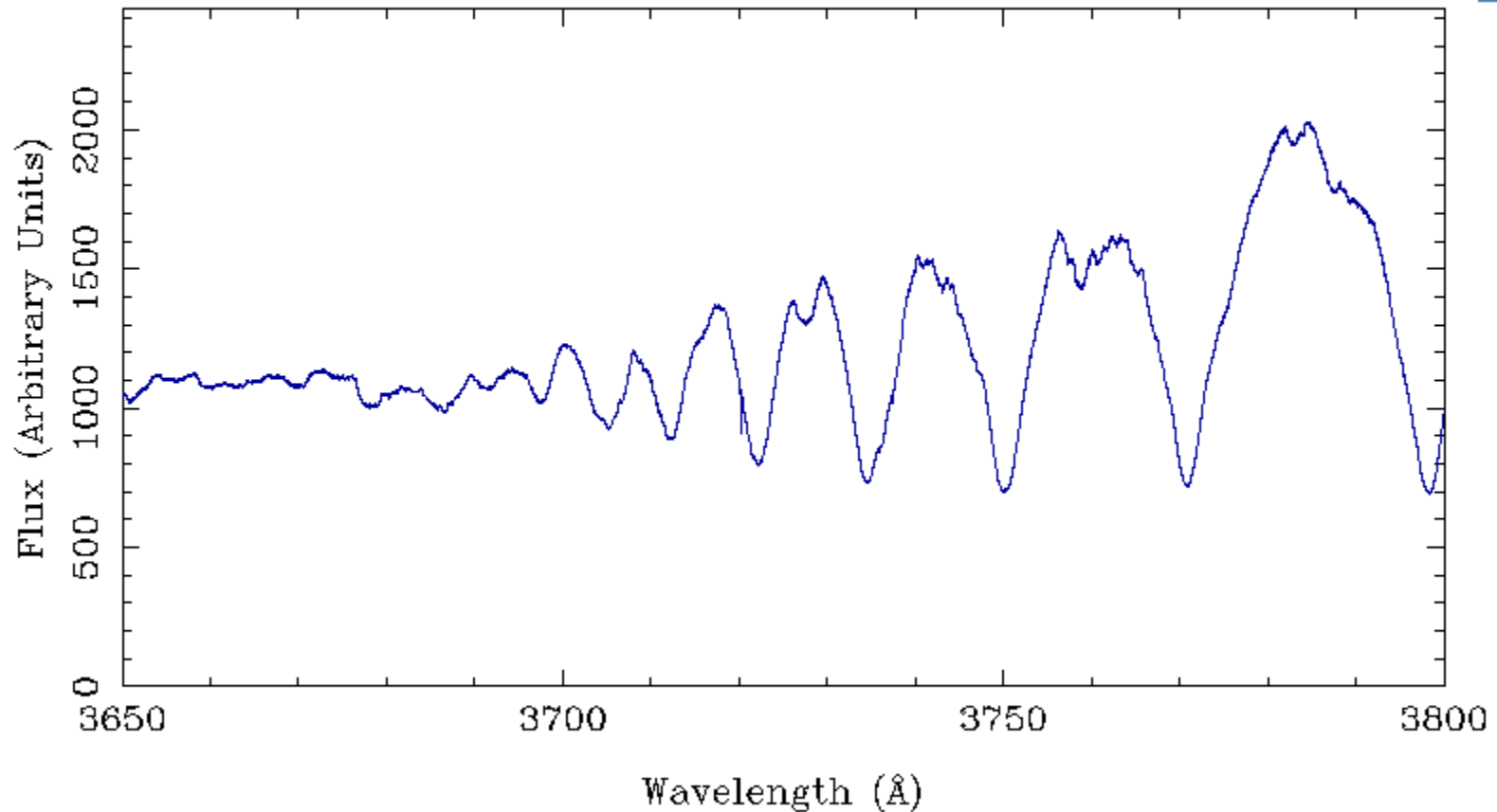
UVES PARANAL OBSERVATORY PROJECT  
ESO PROGRAM 866.D-5666(A)



# Tayfta Çizgi Serileri: $\beta$ Pic (A5V)

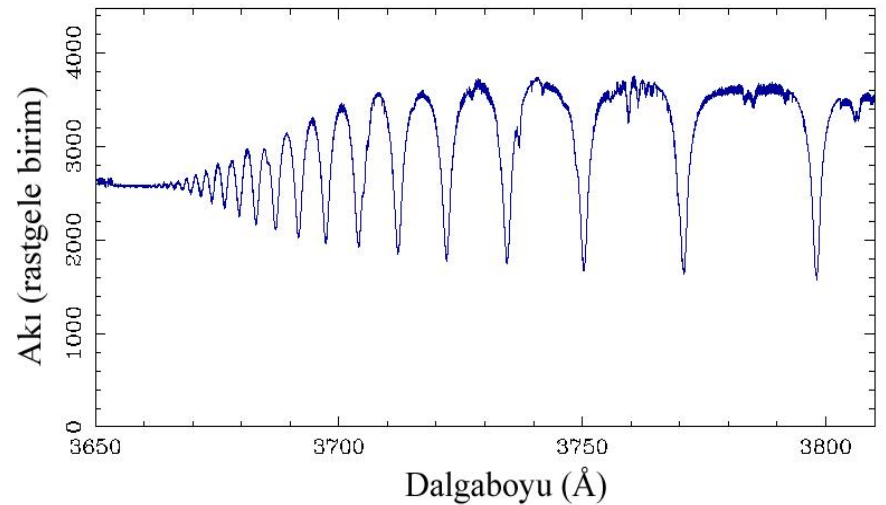
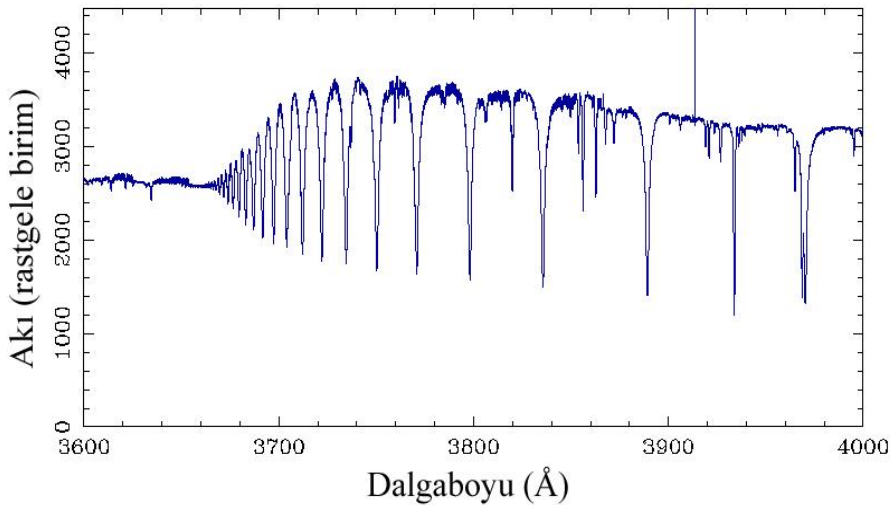
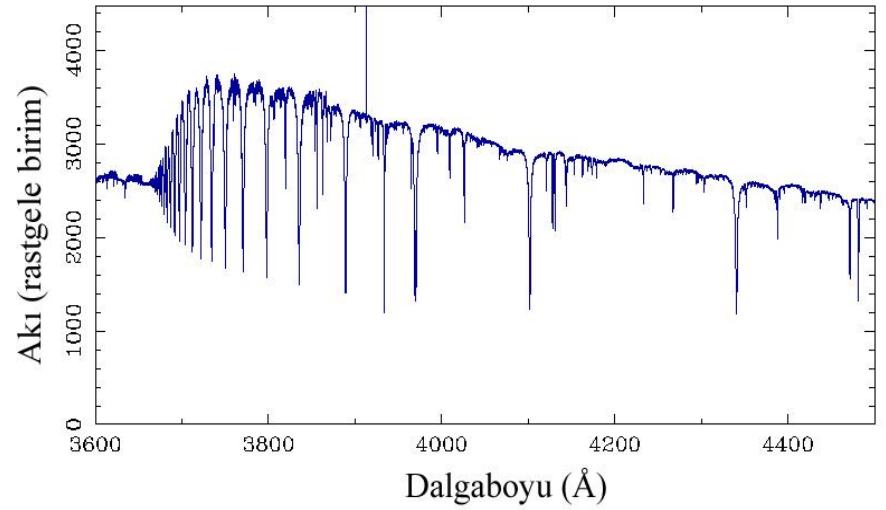
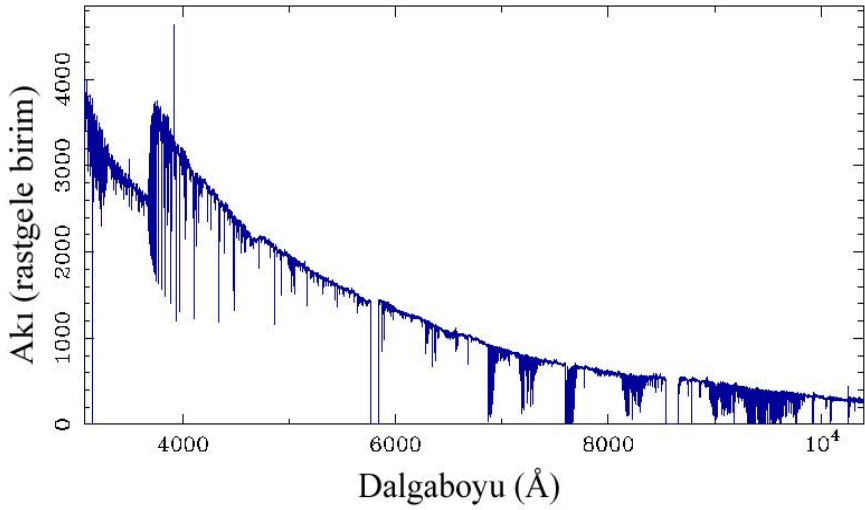
HD 39060

UVES PARANAL OBSERVATORY PROJECT  
ESO PROGRAM 866.D-5666(A)

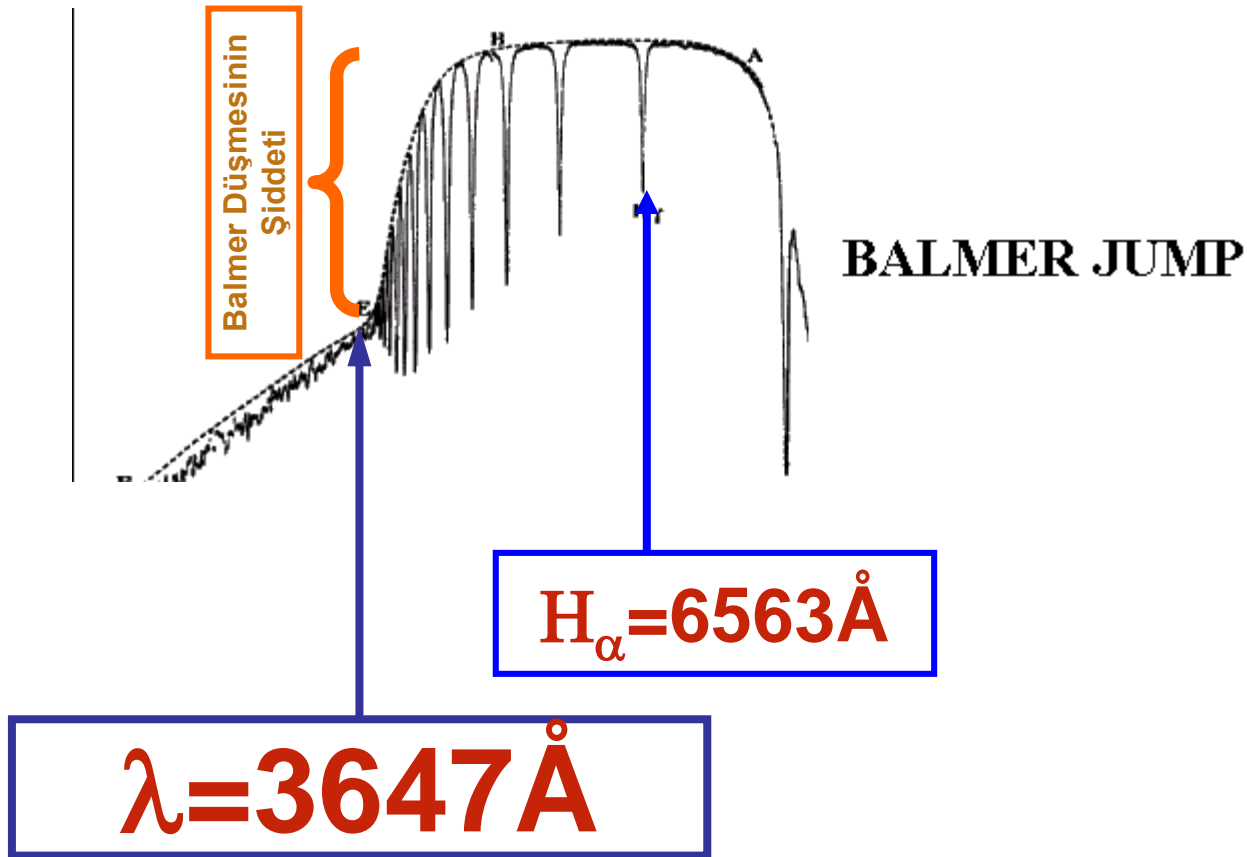




# Balmer Düşmesi

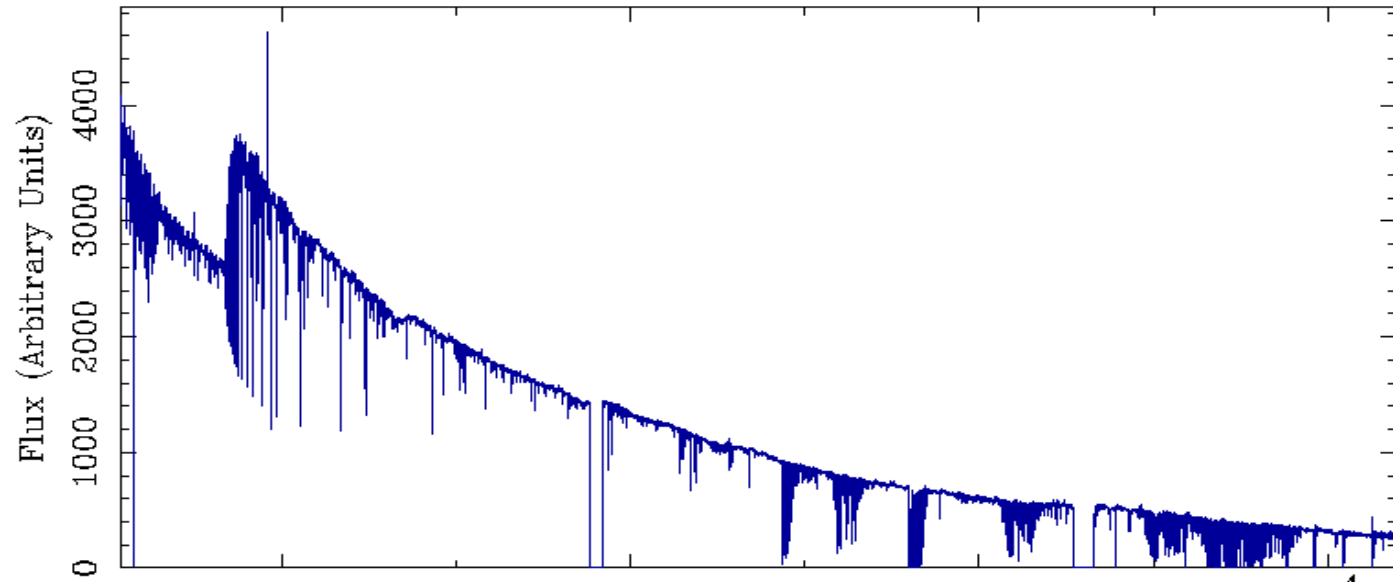


# Vega yıldızında Balmer çizgileri ve Balmer düşmesi



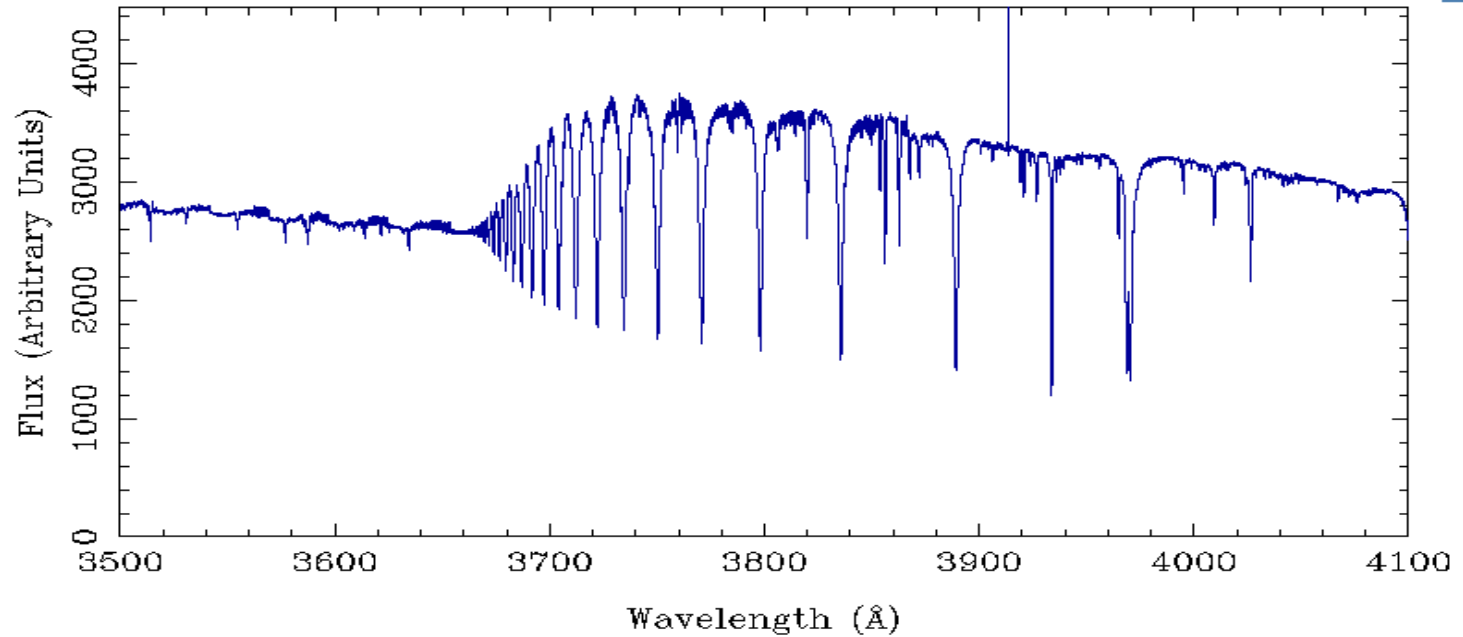
# RIGEL

UVES PARANAL OBSERVATORY PROJECT  
ESO PROGRAM 866.D-5665(A)



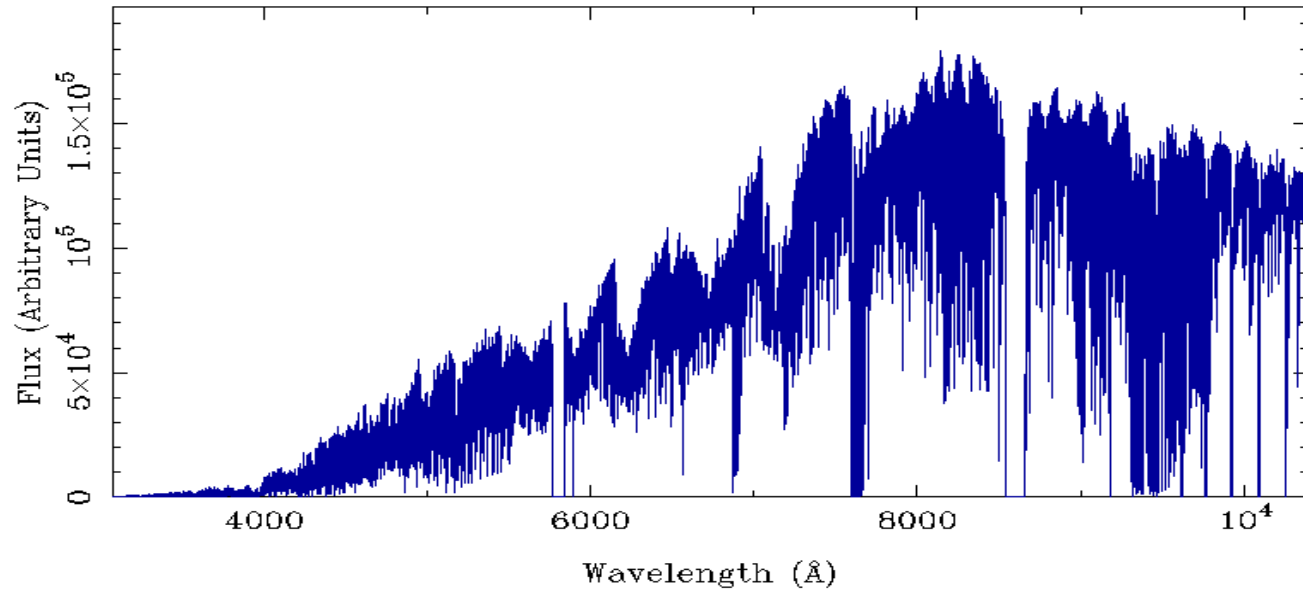
# RIGEL

UVES PARANAL OBSERVATORY PROJECT  
ESO PROGRAM 866.D-5665(A)



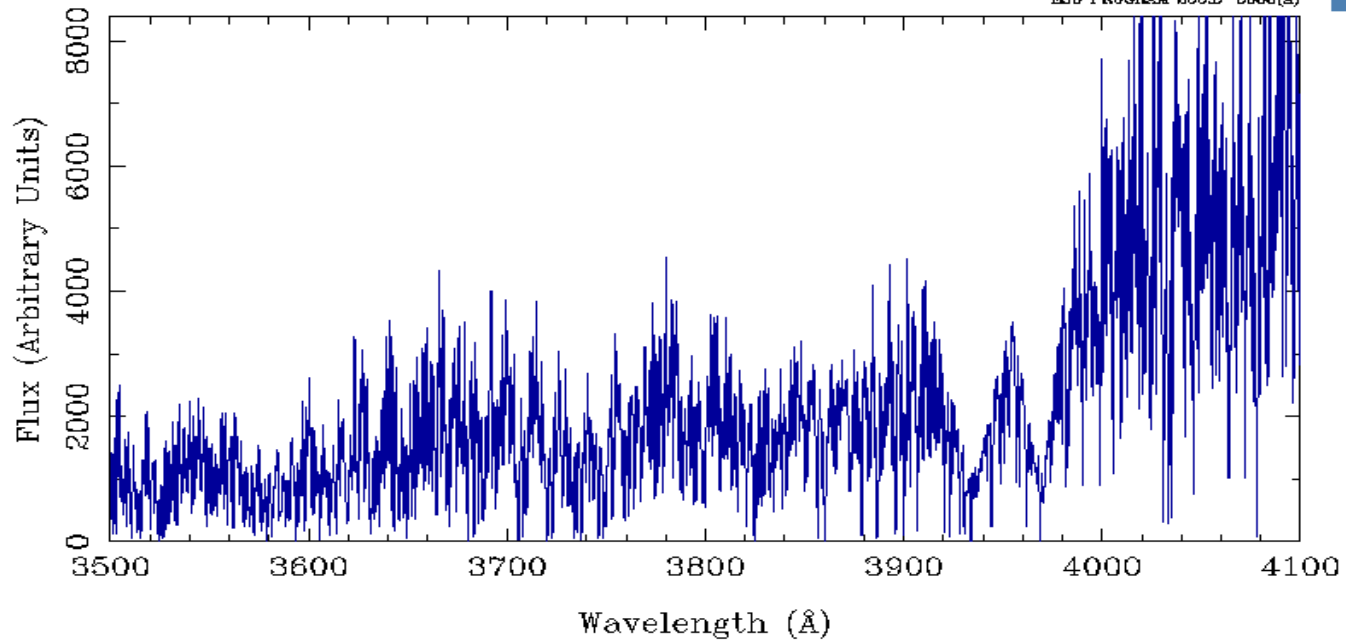
# BETELGEUSE

UVES PARANAL OBSERVATORY PROJECT  
ESO PROGRAM 866.D-5666(A)



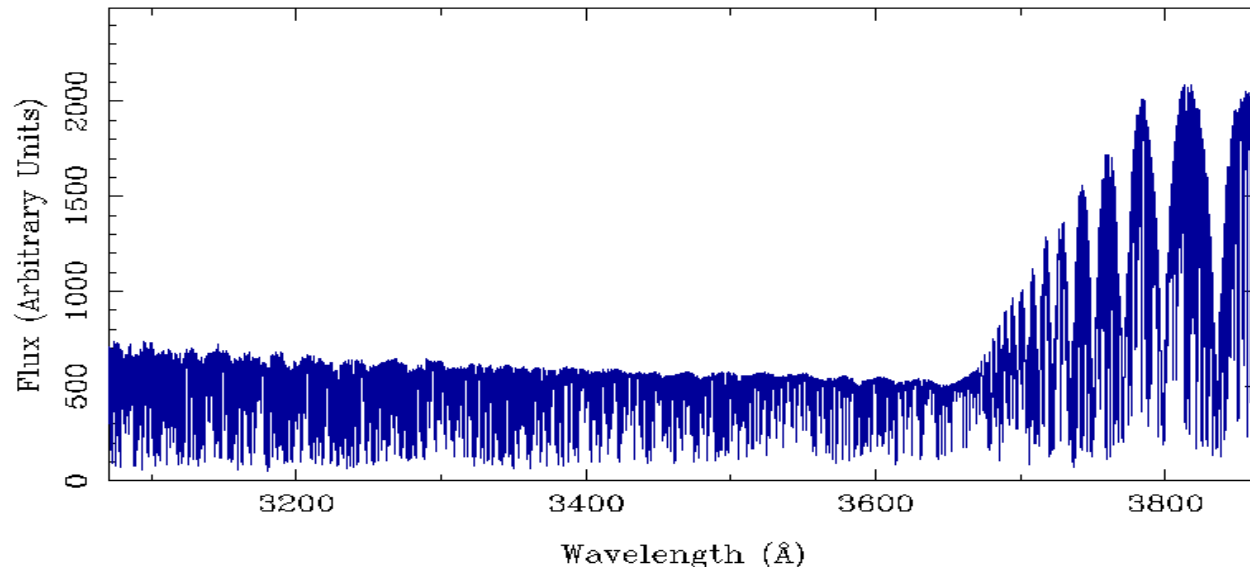
# BETELGEUSE

UVES PARANAL OBSERVATORY PROJECT  
ESO PROGRAM 866.D-5666(A)



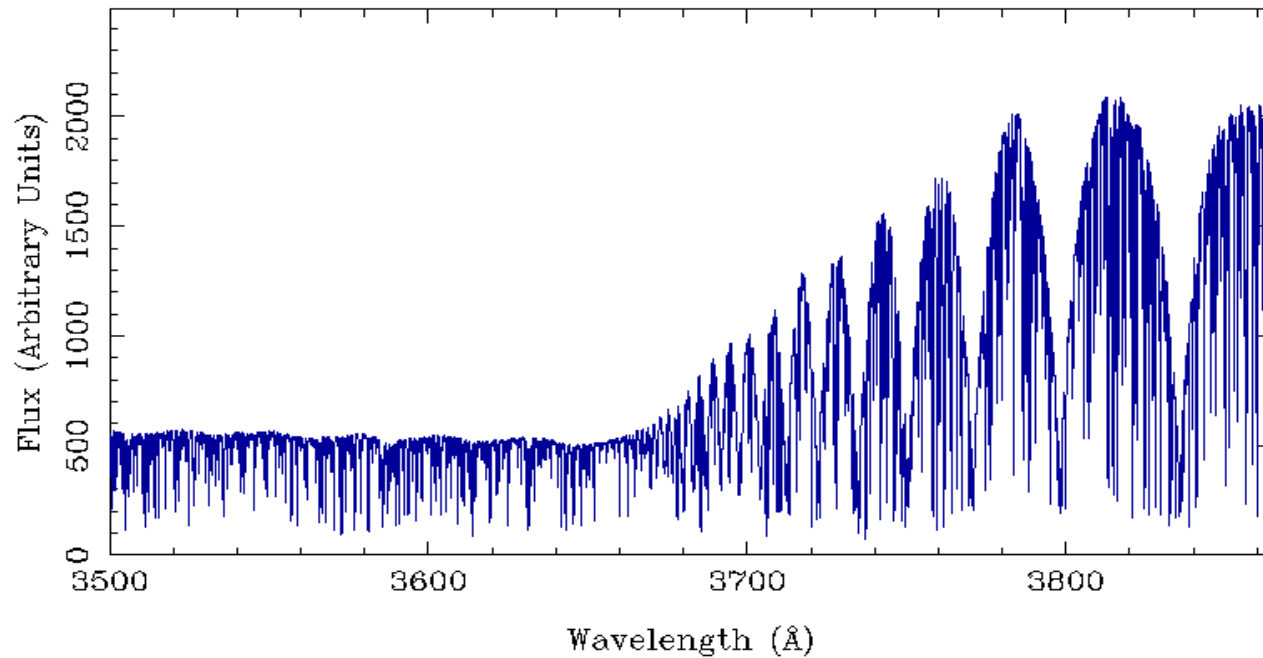
# CANOPUS

UVES PARANAL OBSERVATORY PROJECT  
ESO PROGRAM 266.D-5866(A)



# CANOPUS

UVES PARANAL OBSERVATORY PROJECT  
ESO PROGRAM 266.D-5866(A)



# Balmer ve Paschen Serileri

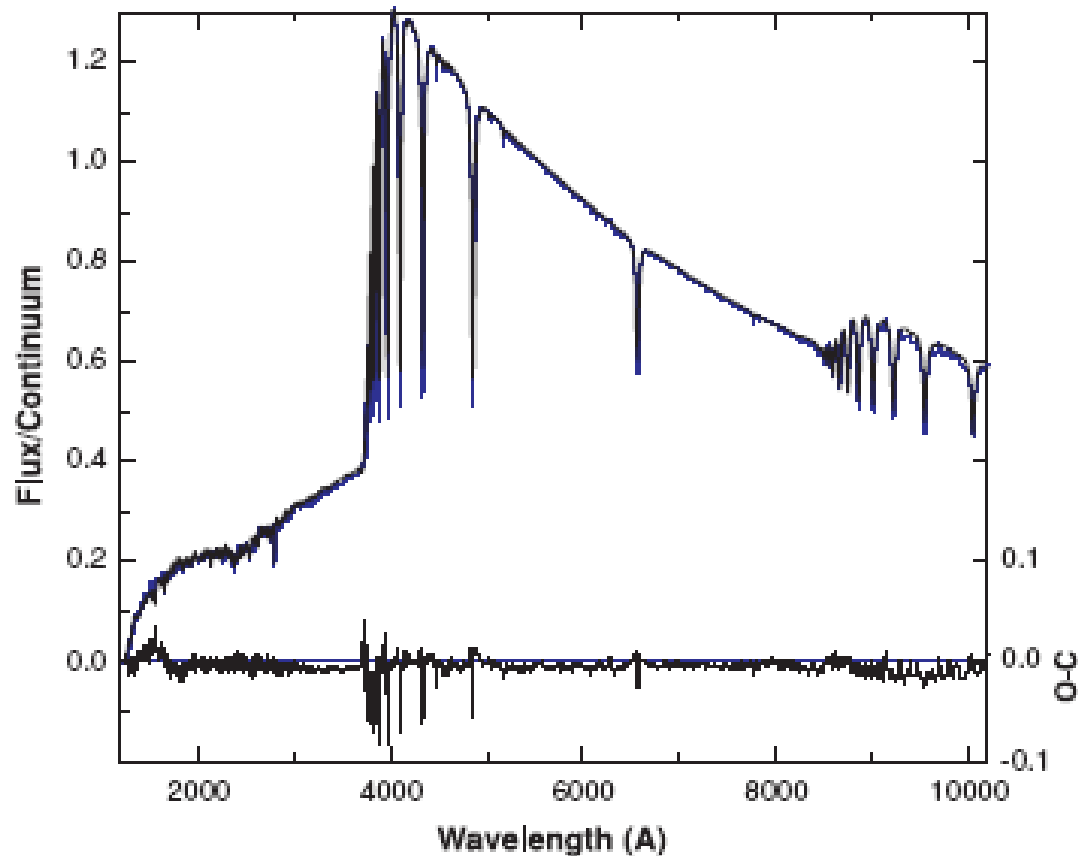


Figure 7. Fit to the continuous flux  $H_\gamma$ .

(A color version of this figure is available in the online journal.)

# Balmer Formülü

- İsviçreli Kimya Öğretmeni Balmer 1885'te yıldızların görsel bölge tayflarında görülen Hidrojen çizgilerinin (şimdiki adıyla Balmer çizgilerinin) dalgaboylarının şu formülle ifade edilebileceğini gösterdi:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

# Hidrojen'in Balmer Serisi Çizgileri

Çizgi	m	$\lambda(\text{\AA})$
H $\alpha$	3	6563
H $\beta$	4	4861
H $\gamma$	5	4340
H $\delta$	6	4102
H $\epsilon$	7	3970
H $\zeta$	8	3889
.....		
Limit	sonsuz	3647



# Rydberg Formülü

- İsveçli Fizikçi Rydberg 1888'te Balmer'in formülünün diğer hidrojen çizgileri için de genelleştirilebileceğini gösterdi:

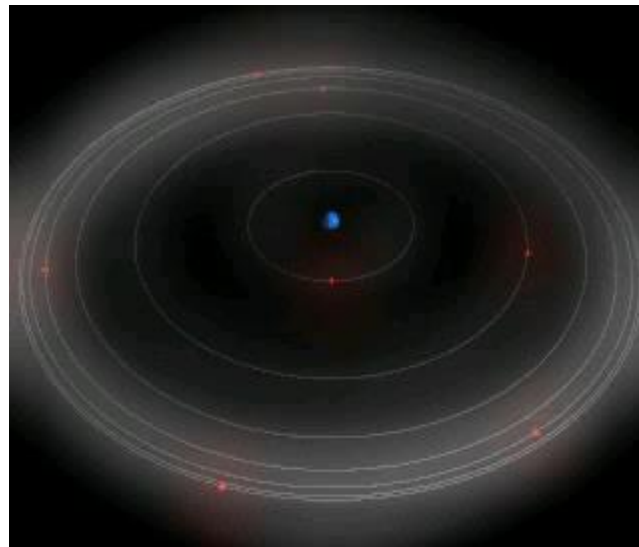
$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

# Hidrojen Atomuna ilişkin diğer çizgi serileri

Bu seriler de, Balmer serisini veren formüle benzer formüllerle ifade edilir. Şöyleki:

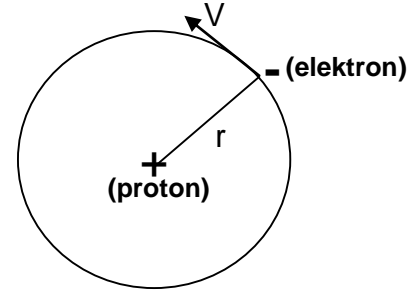
<b>Lyman Serisi:</b>	$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{m^2} \right),$	<b>m=2, 3, 4, 5,</b>	<b><math>L_{\alpha} = 1216\text{\AA},</math></b>	<b><math>L_{\text{limit}} = 912\text{\AA}</math></b>
<b>Balmer Serisi:</b>	$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right),$	<b>m=3, 4, 5, 6,</b>	<b><math>H_{\alpha} = 6563\text{\AA},</math></b>	<b><math>H_{\text{limit}} = 3647\text{\AA}</math></b>
<b>Paschen Serisi:</b>	$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{m^2} \right),$	<b>m=4, 5, 6, 7,</b>	<b><math>P_{\alpha} = 18756\text{\AA},</math></b>	<b><math>P_{\text{limit}} = 8206\text{\AA}</math></b>
<b>Brackett Serisi:</b>	$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{4^2} - \frac{1}{m^2} \right),$	<b>m=5, 6, 7, 8,</b>	<b><math>B_{\alpha} = 40522\text{\AA},</math></b>	<b><math>B_{\text{limit}} = 14588\text{\AA}</math></b>
<b>Pfünd Serisi:</b>	$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{5^2} - \frac{1}{m^2} \right),$	<b>m=6, 7, 8, 9,</b>	<b><math>Pf_{\alpha} = 74598\text{\AA},</math></b>	<b><math>Pf_{\text{limit}} = 22793\text{\AA}</math></b>

# Bohr Atom Modeli: Hidrojen Atomu



# Bohr Atom Modeli

Bohr teorisine göre, hidrojen atomu pozitif yüklü ağır bir çekirdek ve onun etrafında, normal olarak yüklü parçacıklar arasında var olan elektrostatik kuvvetin meydana getirdiği merkezi bir kuvvet altında dolanan elektrondan ibarettir. Kolaylık olması için en basit hal olarak dairesel yörünge alacağız.



Faredelim ki elektron protondan  $r$  uzaklığında, hızı  $V$  ve Enerjisi  $E$  olsun. Elektronun enerjisi iki kısımdan oluşmuştur. Kinetik enerji (K.E.) ve Potansiyel enerji (P.E.).

$$E = K.E. + P.E.$$

Klasik mekaniğe göre  $K.E. = 1/2 mV^2$  dir. Yüklü parçacıklar arasındaki elektrostatik kuvvet

$F = Ze^2/r^2$  dir ve yörüngenin kararlı olması için merkezkaç kuvvete eşit olmalıdır:

$$F = \frac{Ze^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \quad \text{---}^{-1/2}$$

$V^2 = e^2/m_e r$



Dairesel bir yörüngede ivme;

$$a = V^2/r \text{ dir.}$$

**Not: Hidrojen atomu için  $Z=1$  dir.**

Buradan kinetik enerji  $K.E. = 1/2(e^2/r)$  olur.

Potansiyel enerji, elektronun protondan belli bir uzaklıkta olması nedeniyle sahip olduğu enerjidir. Uzaklık değişirse, elektronu protondan yeni uzaklığa getirmek için bir iş yapılmalıdır. Uzaklık artıyorsa, iki parçacık arasındaki çekim kuvvetine karşı pozitif bir iş yapılmalıdır, uzaklık azalıyorsa negatif iş yapılmalıdır. Uzaklık değişiminde uygulanan işin değeri, sistemin potansiyel enerjisinin değişimine karşılık gelir. Kararlı bir yörüngede potansiyel enerji, elektronu sonsuz uzaklıktan verilen yörüngenin yarıçapına eşit uzaklığa getirmek için yapılan iş olarak verilir. Parçacıklar arasındaki kuvvet, çekim kuvveti olduğuna göre bunun negatif olduğu görülecektir.

*Yapılan iş=kuvvet x gidilen yoldur.*

Kuvvet parçacıkların birbirine olan uzaklığa bağlı olduğuna göre, parçacığı sonsuzdan yörünge uzaklığına getirmek için yapılan toplam iş, integrasyon ile bulunur. Böylece, elektronun yörüngesindeki potansiyel enerjisi;

$$P.E.=\int_{\text{sonsuz}}^r (e^2/r^2)dr$$



$$P.E.= -(e^2/r)$$

*O halde toplam enerji:*

$$E=K.E. + P. E. =1/2(e^2/r)-(e^2/r)= \underline{-e^2/2r} \text{ olur.}$$

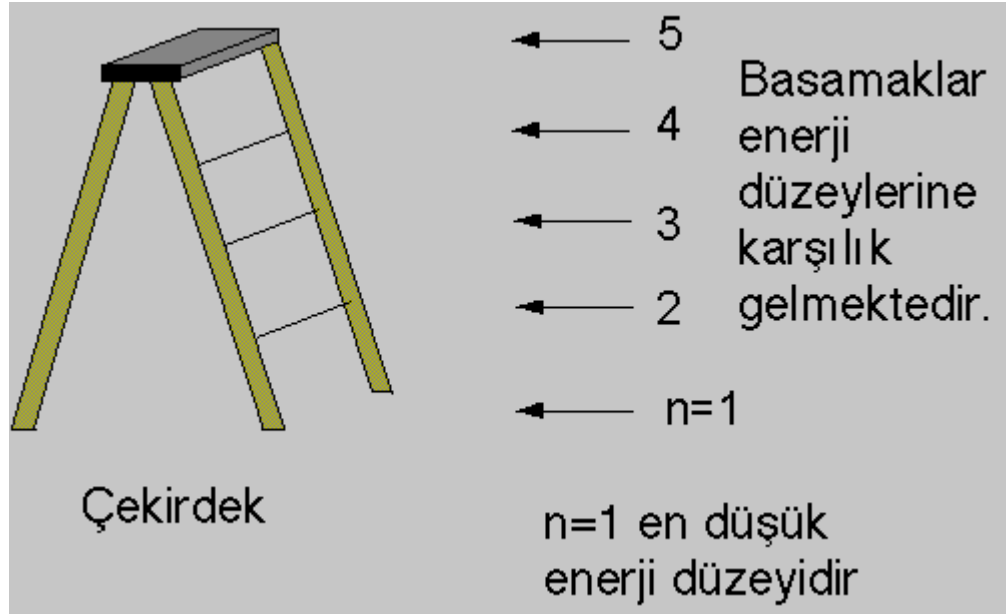
Elektronun yörüngesi üzerindeki açısal momentumu;  
 $H=m_e V r$  ile verilir. Burada  $V$ 'nin değerini yerine koyarsak  
 $H=e(m_e r)^{1/2}$  elde edilir.

Bohr, yörüngelerin yarıçaplarının klasik mekanikteki gibi her değeri alamayacaklarını, elektronun proton etrafında yalnız belirli yörüngelerde dolanabileceğini ve bu yörüngelerin büyüklüklerinin, elektronun açısal momentumunun  $h/2\pi$  ( $h$ , *Planck sabiti*) nin tam katlarına eşit olma koşulunu sağlayacak şekilde olabileceğini ileri sürdü. Bu prensip ile elektronun bir yörüngede bulunduğu sürece bir enerji salamayacağı kabul edilmiş oluyordu. Yörüngede bir değişim, enerjide bir değişime karşılık gelir. Enerjide bir değişim, elektron bir yörüngeden bir başka yörüngeye atladığı zaman meydana gelir. Sonuç olarak bir elektromanyetik ışınım salınır veya soğrulur. Yörüngeler belirli olduğuna göre salınan veya soğrulan ışınım da belirli dalgaboylarındadır.

Bohr postulatına göre  $H=e(m_e r)^{1/2}$  şöyle yazılabilir:

$$(nh/2\pi)=e(m_e r)^{1/2}, n=1,2,3,\dots$$

# Bohr postulatı



## Böylece Bohr yörüngelerinin yarıçapı

$r = n^2 h^2 / 4\pi^2 e^2 m_e$  olur.

$n=1$  ve  $h, e, m_e$  yerine konulduğunda en küçük Bohr yörüngesinin büyüklüğü  $5.3 \times 10^{-8}$  mm veya **0.53Å** olarak bulunur. Görülüyor ki yörüngelerin yarıçapları

$r = \text{sabit} \times n^2$  yani  $1^2, 2^2, \dots$

gibi tamsayıların kareleriyle orantılıdır.

## Bohr yörüngelerinin enerjileri

Bohr yörünge yarıçapı için bulduğumuz "r",  $E = -(e^2/2r)$  yerine konulursa

$$E_n = -(2\pi^2 e^4 m_e) / (n^2 h^2)$$

Temel seviye denilen ilk yörüngenin enerjisi  $n=1$  koyarak hesaplanır. Elektron yörüngelerinin enerjileri eV olarak ifade edilir.

Bir eV, 1 voltluk potansiyel farkı tarafından ivmelenmiş bir elektronun kazandığı enerji olarak tanımlanır.

$$1eV = \text{yük} \times \text{potansiyel fark}$$

$$e = 4.803 \times 10^{-10} \text{ esu} (g^{1/2} \text{ cm}^{3/2} \text{ sn}^{-1}) \text{ ve } 1 \text{ volt} = 1/300 \text{ esu}$$

$$m_e = 9.109 \times 10^{-28} \text{ gr}$$

$$m_p = 1.672 \times 10^{-24} \text{ gr}$$

$$m_n = 1.675 \times 10^{-24} \text{ gr}$$

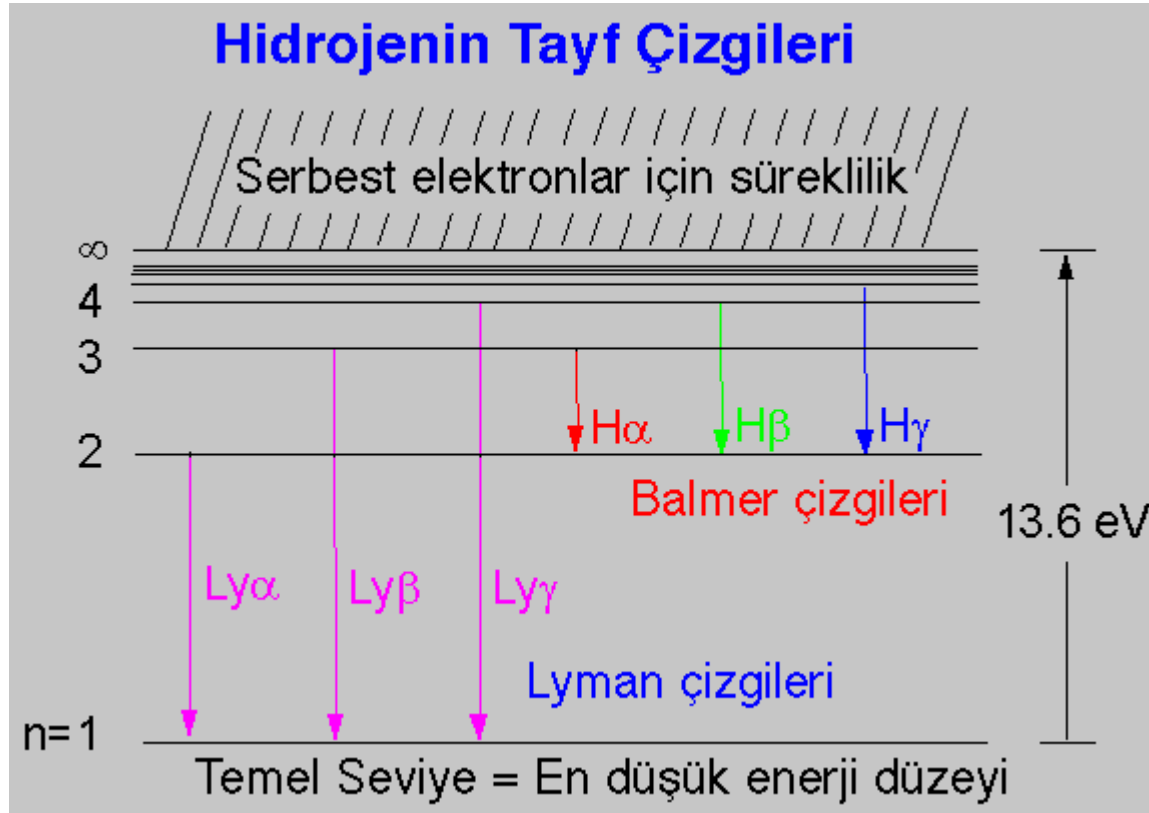
$$h = 6.62 \times 10^{-27} \text{ erg sn}$$

$$1 eV = 4.803 \times 10^{-10} \times (1/300) = 1.6 \times 10^{-12} \text{ erg} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Joule}$$



## Hidrojen atomunda yörüngelerin enerjileri:

$E_n = (-13.6/n^2) \text{ eV}$  olarak ifade edilebilir.  
Böylece ilk yörüngenin enerjisi  
 $E_1 = -13.6 \text{ eV}$  dir.



**Şekil: Hidrojen atomunda enerji seviyelerinin şematik gösterimi**

# Bohr Atom Modeli: (Özet)

## Bohr'un atom teorisi 3 temel varsayıma dayanır.

- 1-** Atomda bulunan her elektron çekirdekten ancak belirli uzaklıklardaki yörüngelerde bulunabilir. Bu dairesel yörüngelerde dolanan elektronların açısal momentumları ancak belirli değerler alabilir. Bu değerler Planck Sabitine ( $\hbar$ ) bağımlıdır.
- 2-** Her yörünge belirli bir enerjiye karşı gelir ve elektron yörüngelerden birinde hareket ederken ışınım salmaz.
- 3-** Atom, elektron yüksek enerji bir yörüngeden (düzeyden) daha düşük enerji bir başka düzeye inerse söz konusu iki enerji düzeyinin enerjileri arasındaki farka eşit bir enerji (foton) yayınlar (salar). Elektronun düşük enerjili bir yörüngeden daha yüksek enerjili bir başka yörüngeye geçişinde ise bir öncekinin tam tersi olan süreç meydana gelir ki atom enerji soğurur.

# BOHR TEORİSİNİN EKSİK TARAFLARI

Bohr atom modeli yalnızca tek elektronlu sistemlerin spektrumlarını açıklayabilir.

Çok elektronlu sistemlerin spektrumları açıklamakta yetersiz kalır.

Çok elektronlu atomların spektrumlarında enerji düzeylerinin herbirinin iki ya da daha fazla düzeye ayrıldığı görülmektedir.

Yine hidrojen gazının, bir elektrik alanı veya magnetik alanda soğurma spektrumları incelenirse, enerji düzeylerinin çok elektronlu sistemlerde olduğu gibi iki ya da daha fazla enerji düzeyine ayrıldığı görülür.

# Hidrojen Atomunun Tayfı

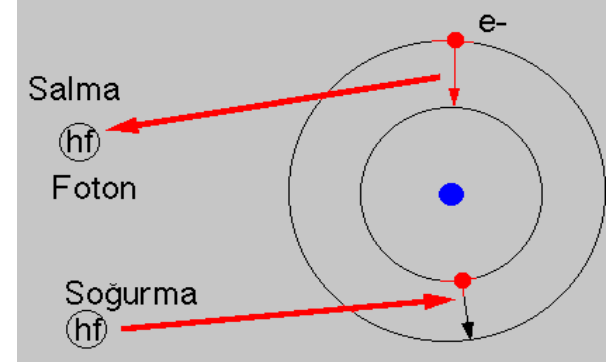
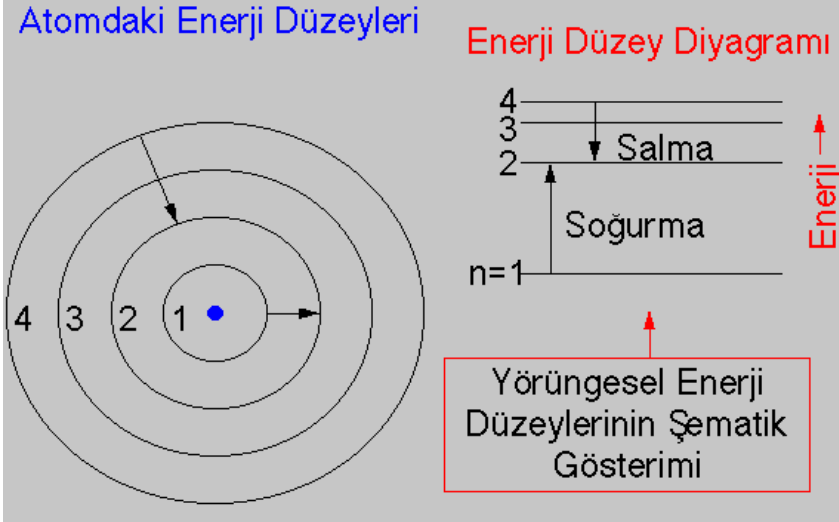
Bohr'un bu modeli ile Hidrojenin salma veya soğurma çizgi tayfı açıklanıyordu. Hidrojen tayfına ilişkin çizgilerin dalgaboyu ilk defa Balmer tarafından basit bir formülle verilmişti. Bohr, hidrojen atomunda elektronun enerji seviyesinin (yörüngesinin) değişiminin,  $E = h\nu$  formülü ile verilmiş bir ışınımın salınması veya soğurulması ile olabileceğini söyledi.

Elektronun geçiş yaptığı her hangi iki yörüngenin enerjileri  $E_m$  ve  $E_n$  ise bu iki yörüngenin sahip olduğu enerjiler arasındaki fark;

$$\Delta E = E_m - E_n = h\nu \text{ dır.}$$

O halde  $m$  ve  $n$  yörüngeleri (enerji seviyeleri) arasındaki bir geçiş  $\nu$  frekansında bir tayf çizgisi meydana getiri.

# Hidrojen Atomunun Tayfı



Eğer bir üst enerji seviyesinden bir alt enerji seviyesine geçiş oluyorsa bir salma çizgisi, tersine alt enerji seviyesinden üst enerji seviyesine geçiş oluyorsa bir soğurma çizgisi meydana gelecektir.

# Hidrojen Atomunun Tayfı

Salma veya soğurma olarak meydana gelen bir çizginin frekansı:

$$\nu = (E_m - E_n) / h, \text{ ve}$$

$c = \nu \lambda$  olduğuna göre

$$\lambda = ch / (E_m - E_n) \text{ olur.}$$

Elektronun her hangi bir yörüngedeki enerji değeri için daha önce bulduğumuz  $E_n = -(2\pi^2 e^4 m_e) / (n^2 h^2)$  ifadesini bir önceki bağıntıda yerine hem  $E_m$  hem de  $E_n$  için yazalım. Böylece;

$\lambda_{mn} = ch^3 / 2\pi^2 e^4 m_e \{(1/n^2) - (1/m^2)\}$  bulunur. Sabitlerin değerini yerine yazarsak;

$$\lambda_{mn} = 9.12 \times 10^{-6} \text{ cm} / \{(1/n^2) - (1/m^2)\}, \text{ veya}$$

$$\lambda_{mn} = 912 \text{ \AA} / \{(1/n^2) - (1/m^2)\} \text{ olur.}$$

# Hidrojen Atomunun Tayfı

$$\lambda_{mn} = 912 \text{ \AA} / \left\{ (1/n^2) - (1/m^2) \right\} \text{ formülü}$$

$$1/\lambda_{mn} = 2\pi^2 e^4 m_e / ch^3 \left\{ (1/n^2) - (1/m^2) \right\}$$

şeklinde yazılırsa *Balmer'in bulduğu deneysel formül* elde edilir.

$R = 2\pi^2 e^4 m_e / ch^3$ , (Reydborg) sabiti olarak bilinir ve değeri  $R = 109737.316 \text{ cm}^{-1}$  dir.

# Hidrojen Atomunun Tayfı

Bu son eşitlikten görülüyor ki hidrojen atomuna ait tayf çizgileri, serilerin terimleri şeklinde ifade edilebilirler.

*Birinci seri  $n=1$ ,  $m=2, 3, 4, \dots$  İçin Lyman Serisi*

*İkinci seri  $n=2$ ,  $m=3, 4, 5, \dots$  İçin Balmer Serisi*

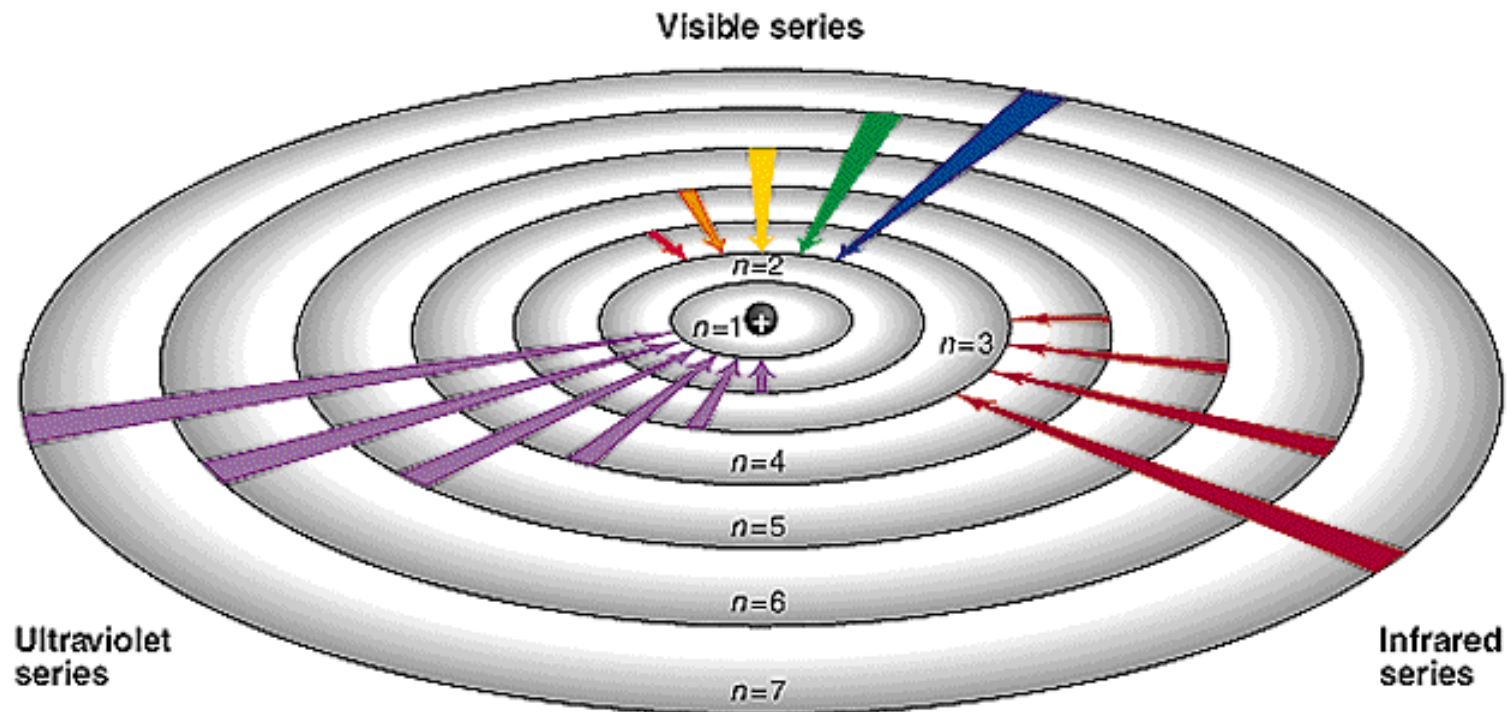
*Üçüncü seri  $n=3$ ,  $m=4, 5, 6, \dots$  İçin Paschen Serisi*

*Dördüncü seri  $n=4$ ,  $m=5, 6, 7, \dots$  İçin Brackett Serisi*

*Beşinci seri  $n=5$ ,  $m=6, 7, 8, \dots$  İçin Pfund Serisi, ...*

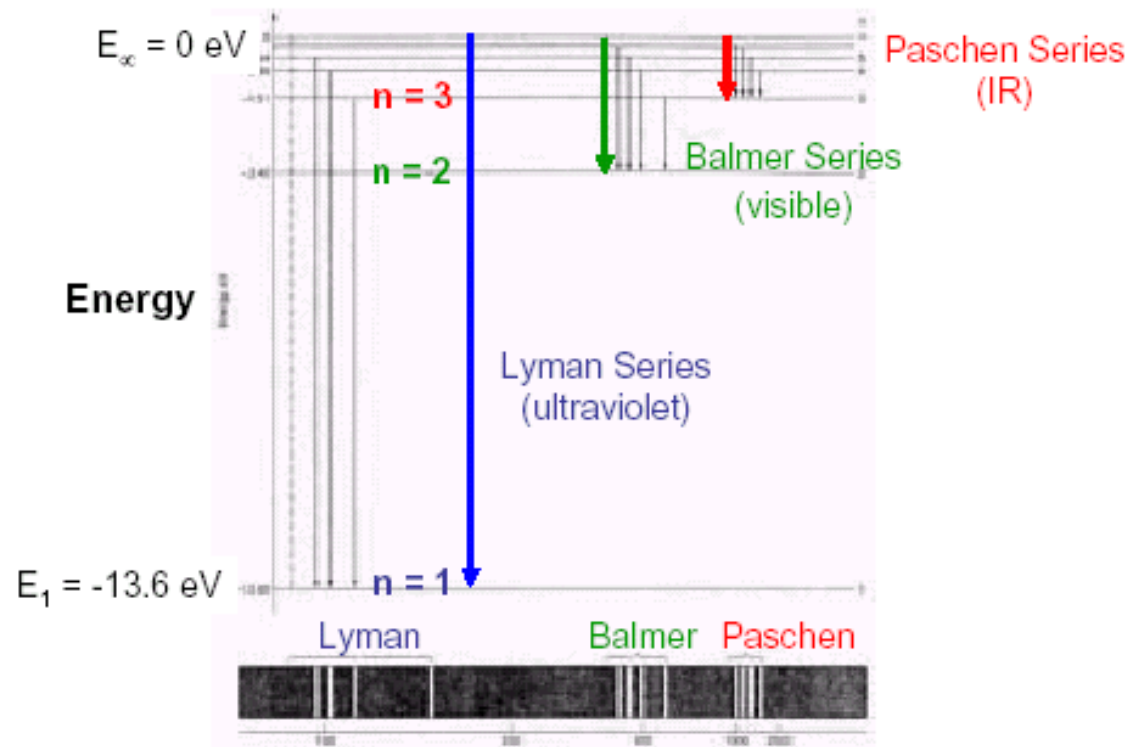


# Hidrojen Çizgi Serilerinden; Lyman, Balmer ve Paschen

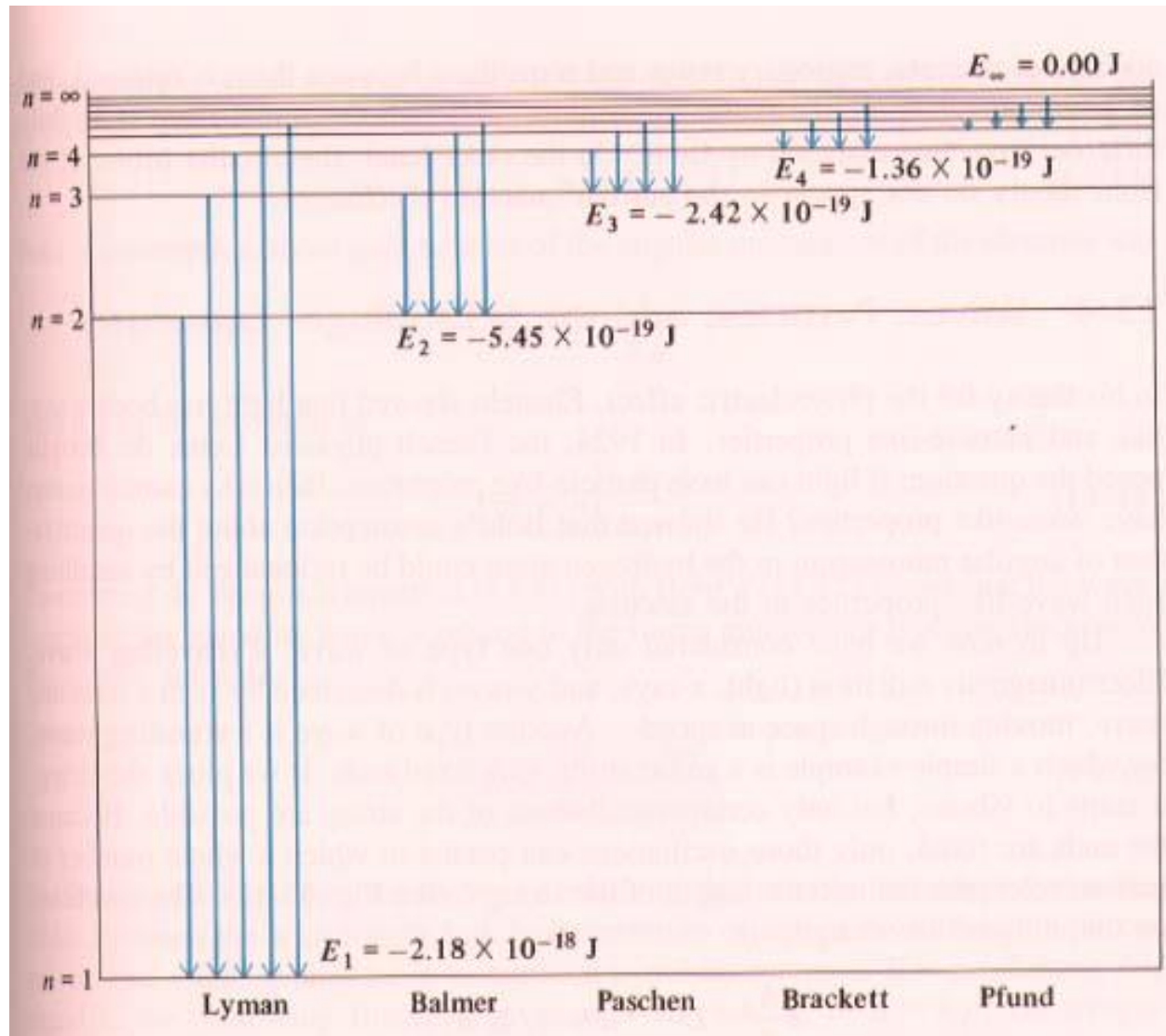


# Hidrojen Çizgi Serilerinden; Lyman, Balmer ve Paschen

## EMISSION SPECTROSCOPY Hydrogen Energy Levels



# Hidrojen Çizgi Serileri



# Diğer Atomların Tayfi



*Sürekli Tayf*



*Solar Tayf*



*Hidrojen Tayfi*



*Helyum Tayfi*



*Okşijen Tayfi*



*Karbon Tayfi*



*Azot Tayfi*



*Neon Tayfi*



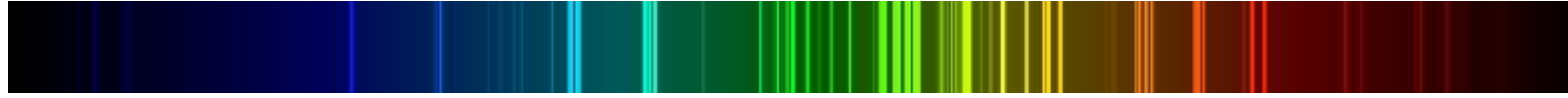
*Magnezyum Tayfi*



4000 Å

7000 Å

# Diğer Atomların Tayfi



*Silyum Tayfi*



*Kükürt Tayfi*



*Demir Tayfi*



*Aliminyum Tayfi*



*Kalsiyum Tayfi*



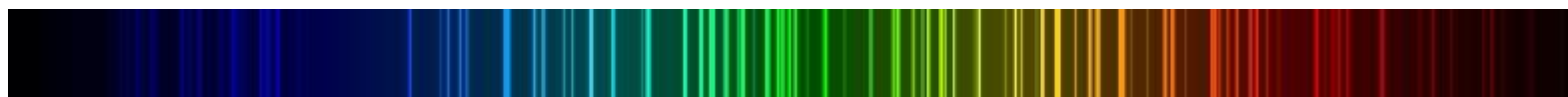
*Argon Tayfi*



*Sodyum Tayfi*



*Kripton Tayfi*



*Xenon Tayfi*



*Civa Tayfi*



4000 Å

7000 Å