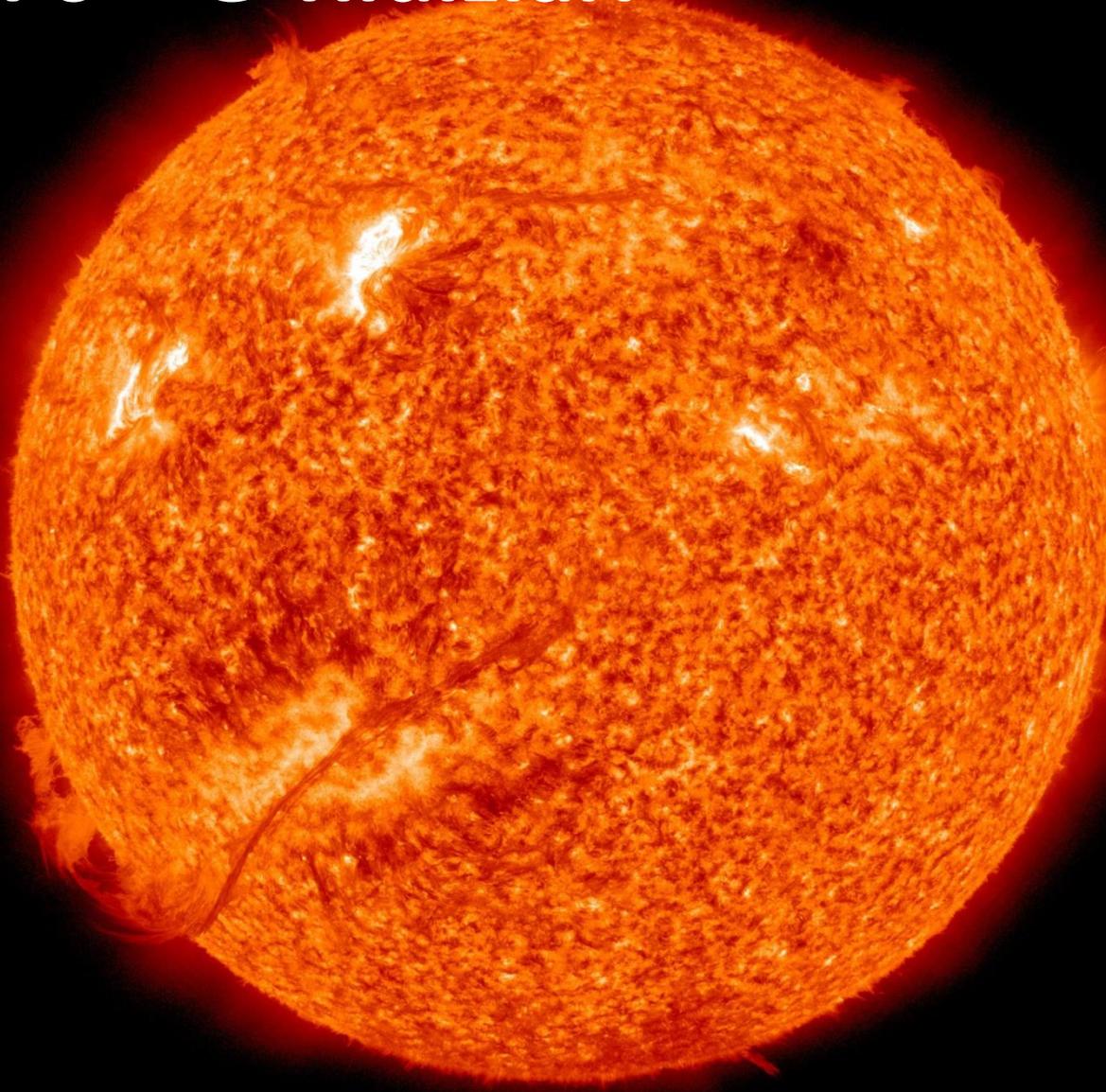
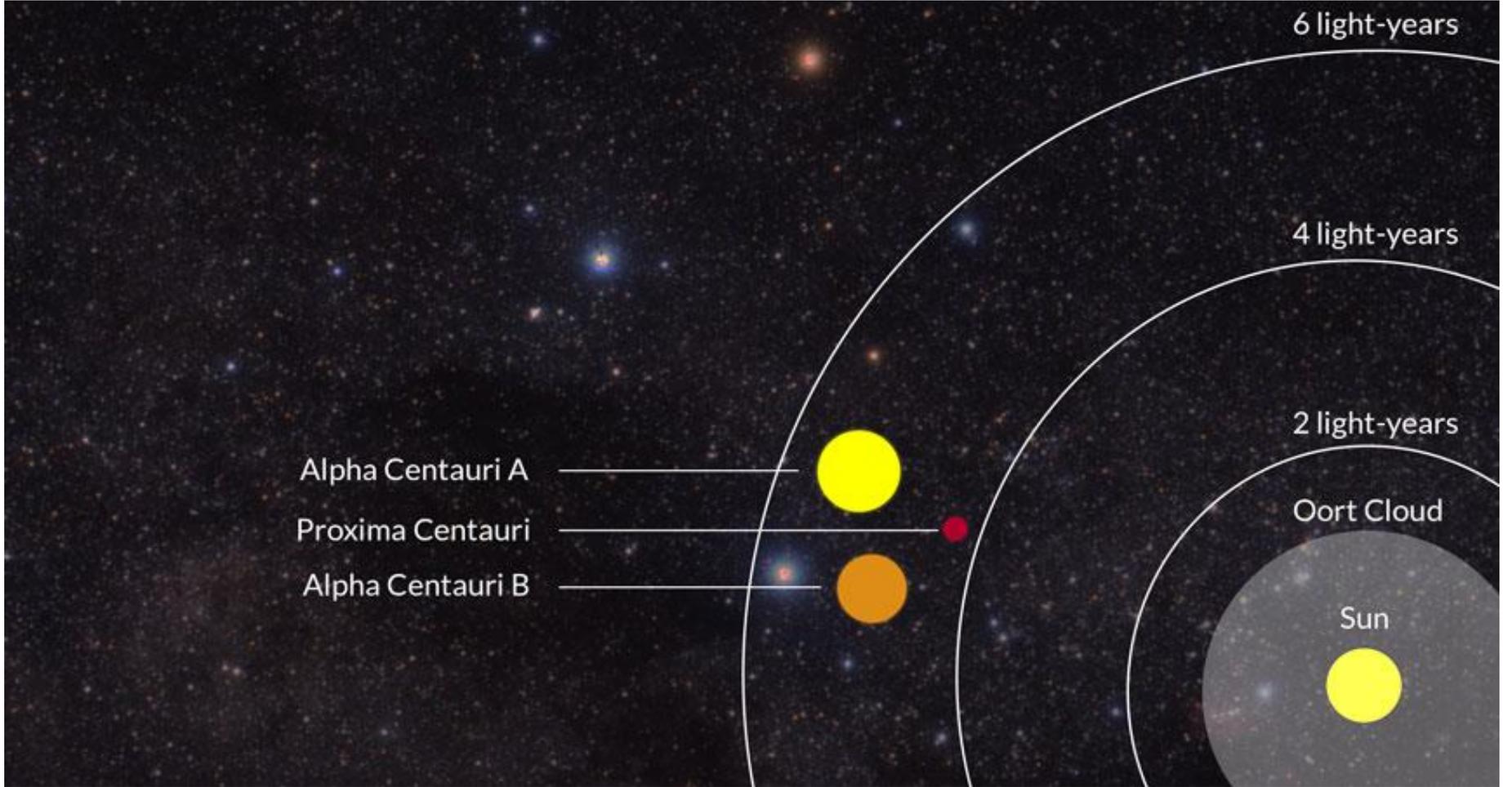


Bölüm 6 – G Yıldızları



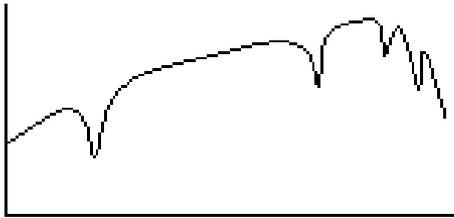
Güneş üzerine yapılan gözlemlerle G yıldızlarının anlaşılması daha kolaylaşmıştır. Bize en yakın yıldız sistemi α Centauri'nin bileşenlerinden biri de G2 cücesidir ve hemen hemen Güneş ile aynı yapıdadır. İkinci bileşen K1 ve üçüncü bileşen (Proxima) M5 flare yıldızıdır.



Tayflar

M, K türü yıldızlardan G yıldızlarına doğru gittikçe Ca I'in $\lambda 4226$ ve Na'un D çizgileri gibi metal çizgileri zayıflarken, iyonlaşmış metal çizgileri hala kuvvetlidir.

Call'nin H&K çizgileri K yıldızlarında daha kuvvetliyken bu sınıfta zayıflamaya başlar. Güneş gibi erken G yıldızlarında ise moröte tayfları baskın olmaya başlarken daha yüksek sıcaklıklarda hidrojenin Balmer çizgileri görünmeye başlar.



"A" star spectrum with strong H absorption lines



"G" star spectrum with weak H lines and many lines of other elements

Daha iyi belirteçlerden biri Fe I ($\lambda 4144$) göre H δ 'nın şiddetidir. Bunların ikisi de G8'de aynıdır. Erken tayf türlerine doğru bu oran artar.

M ve K yıldızlarında görülen hidrojene ait pozitif ısıtma etkisi G'de görünmez. Bilindiği gibi bu etki, cüce, dev ve süperdevler için iyi bir belirteçtir.

Ayrıca, kromun demire oranı gibi değişik metallerin çizgi oranları oldukça kullanışlıdır.

Isıtma sınıfı belirlemelerinde değişik metal çizgi oranlarını kullanmak daha iyi olur. Özellikle de iyonlaşmış stronsiyumun nötr demire oranı iyi bir belirteçtir. (iyonlaşmış çizgiler yüksek ısıtılmalı sınıflarda daha belirgindir.)

Call H&K çizgi şiddet değişimi K yıldızlarındaki gibi Wilson-Bappu etkisine bağlı olarak çalışılabilir.

G sınıfı moleküler tayfların görüldüğü son sınıftır denebilir. 5000-6000K aralığındaki sıcaklıklarda ancak çok güçlü moleküller görülebilir.

Kuvvetli bir molekül olan CH'in G bandı, G5'de maksimum şiddete ulaşır. Sonrasında şiddeti zayıflar. CN molekülü ($\lambda 4215$) ise cücelerde oldukça zayıf iken dev ve süperdevlerde daha rahat görülebilir.

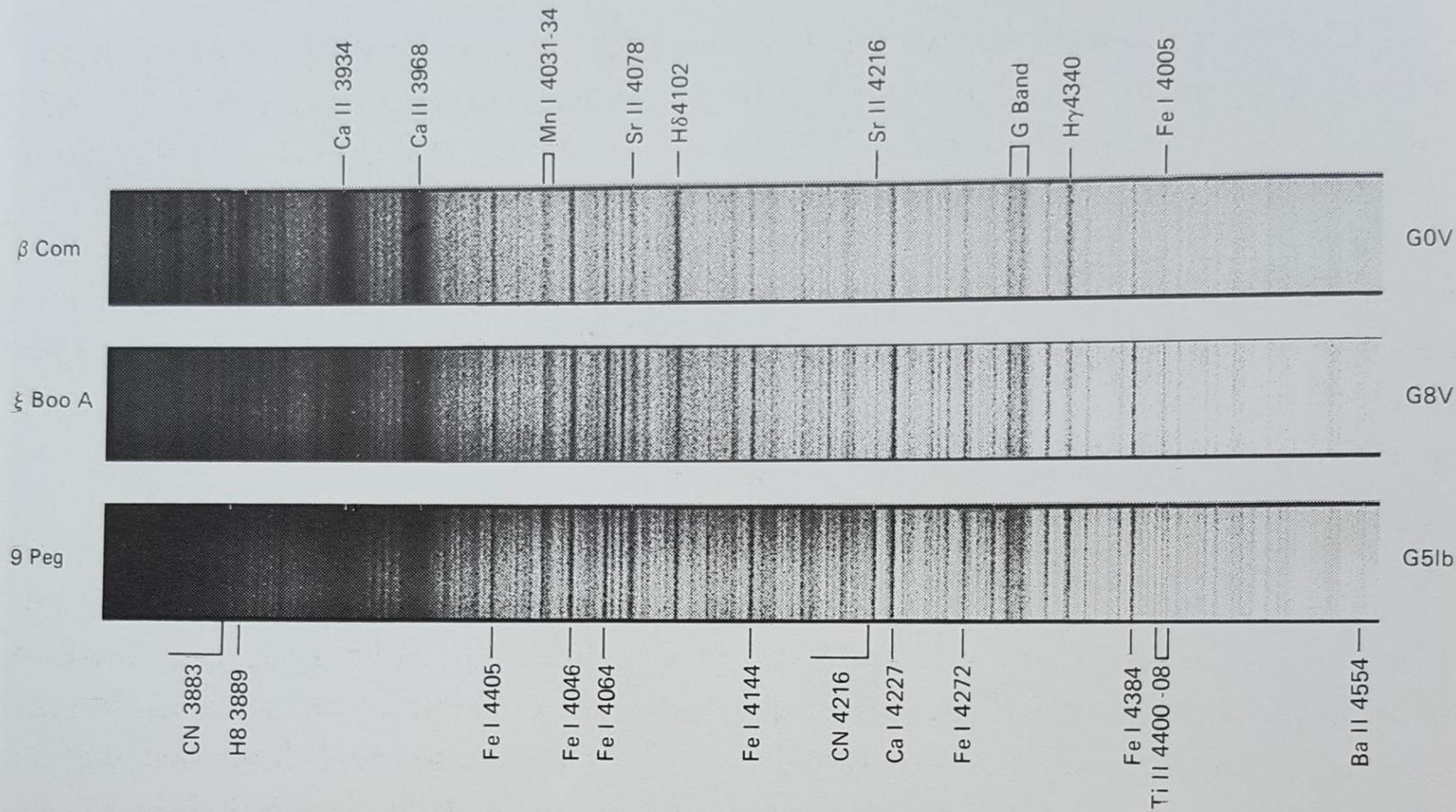
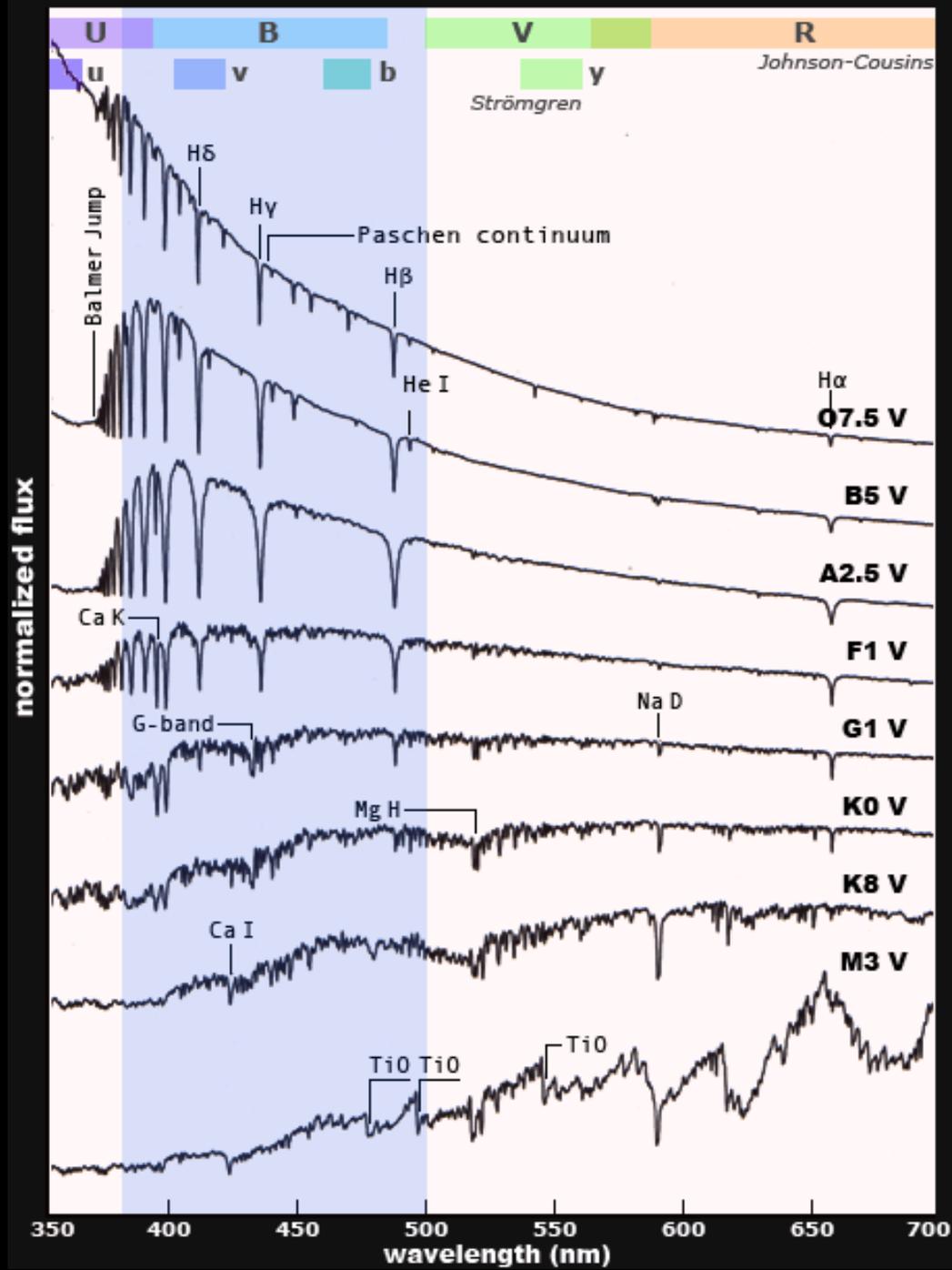
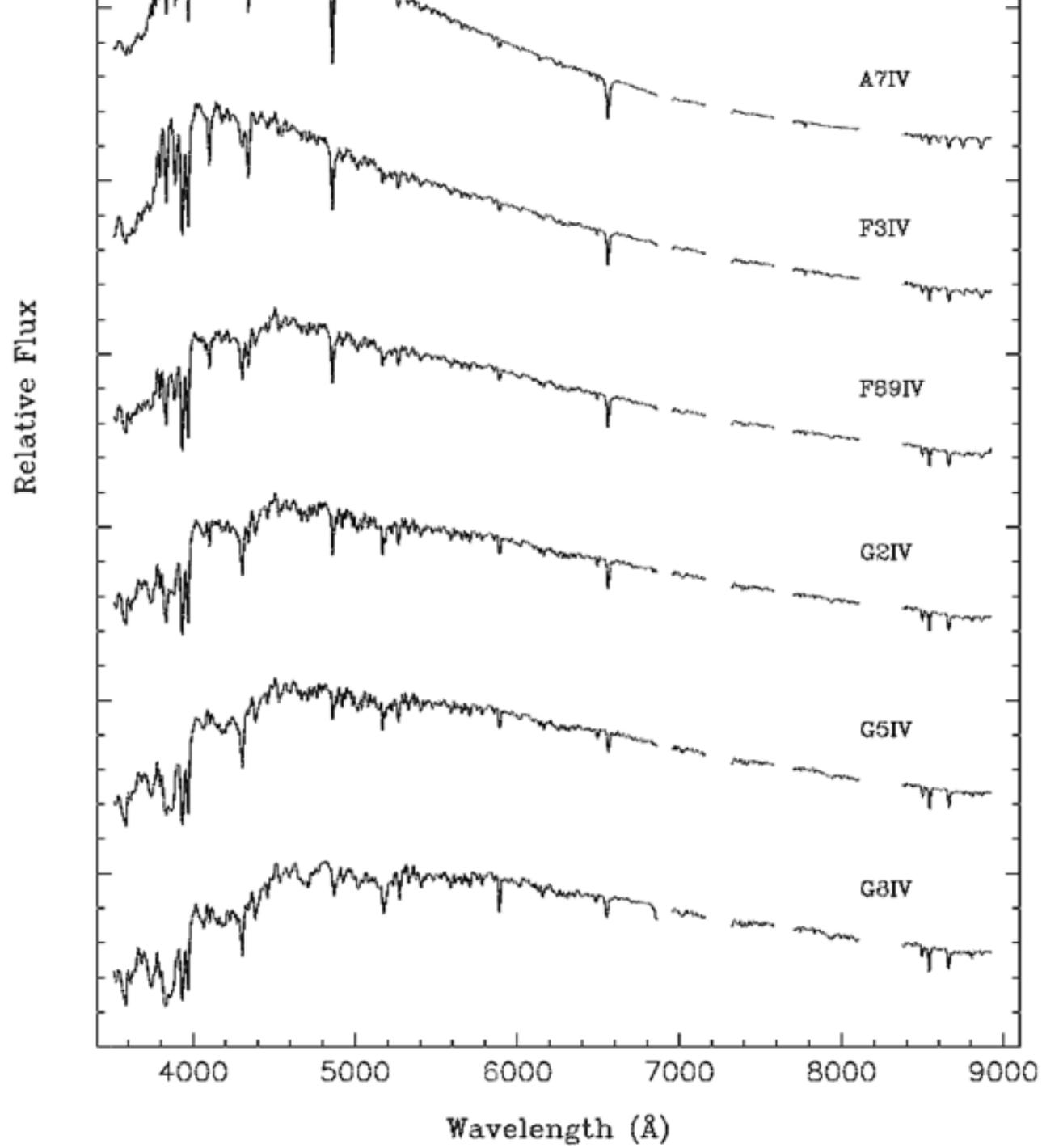
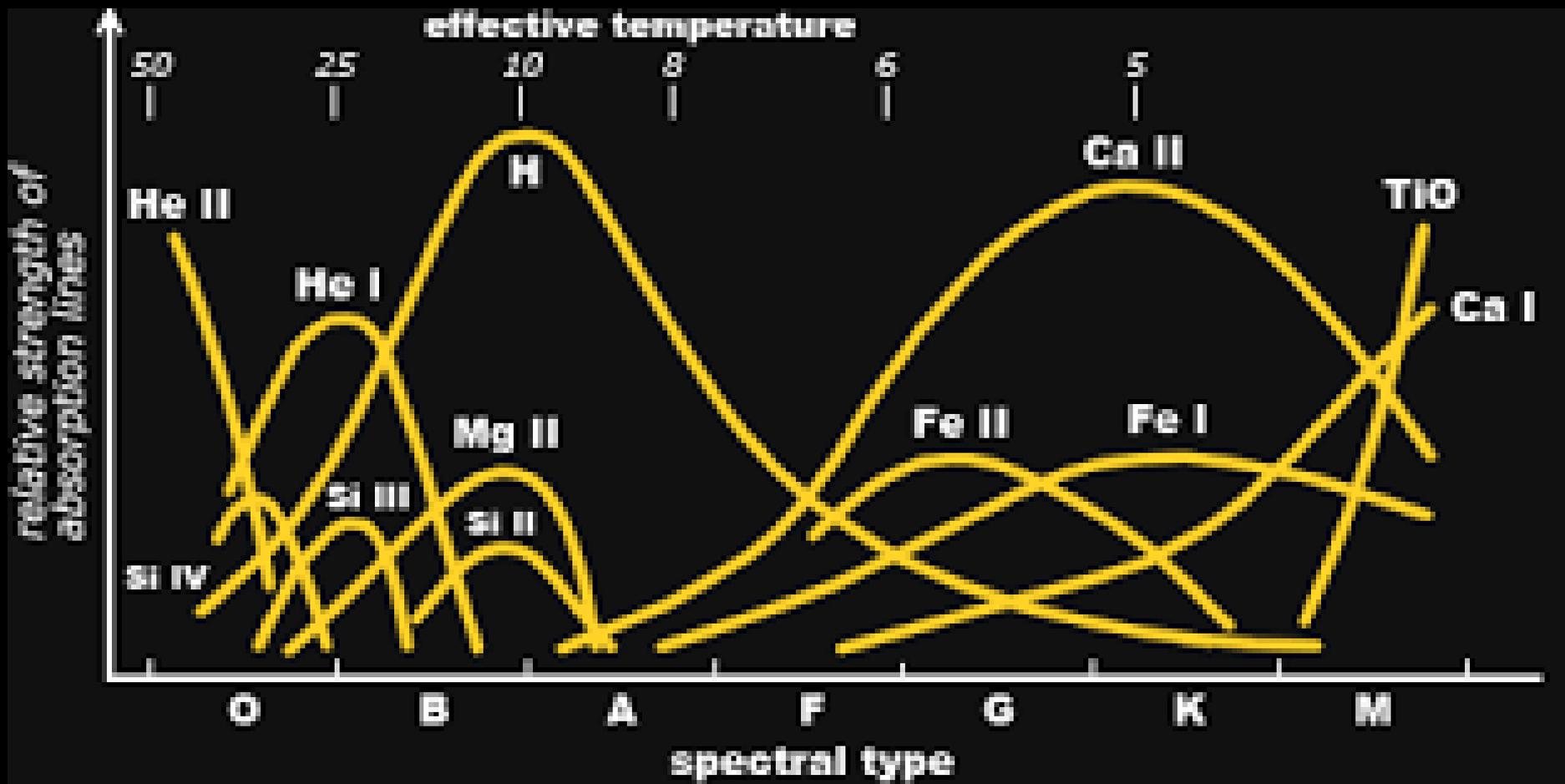


Figure 6.5. Spectral changes among the G stars. Variations through class G tend to be subtle: the differences between the G8 and G0 main sequence stars in the upper two strips are at first glance slight. But note how H γ and H δ strengthen as temperature increases, and how neutral calcium and iron diminish. The G band is also considerably weaker in β Comae Berenices than in ξ Bootis A. The lowest strip shows a G5 Ib supergiant spectrum, intermediate in temperature between those of the dwarfs. Look at the strength of Sr II, which is barely visible on the main sequence, and at the development of the CN break at λ 4216 (which has Sr II λ 4216 at its longward edge), both of which are luminosity indicators. From *An Atlas of Representative Stellar Spectra* by Y. Yamashita, K. Nariai, and Y. Norimoto, University of Tokyo Press, Tokyo; John Wiley & Sons, New York, 1978.

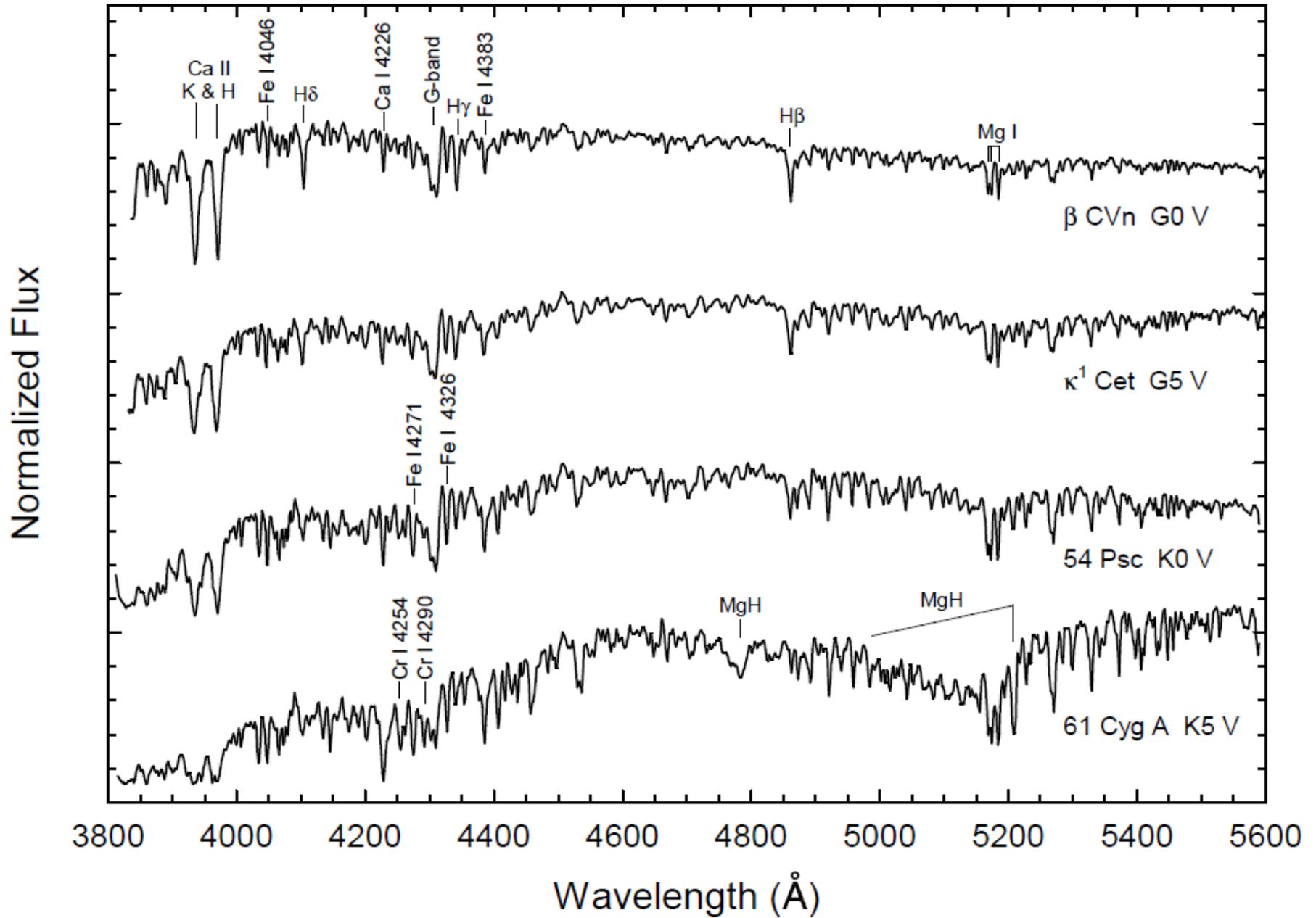
a sequence of stellar flux profiles







G0-K5 Anadol yıldızlarının tayf profilleri



G8'de Işıtma Etkisi

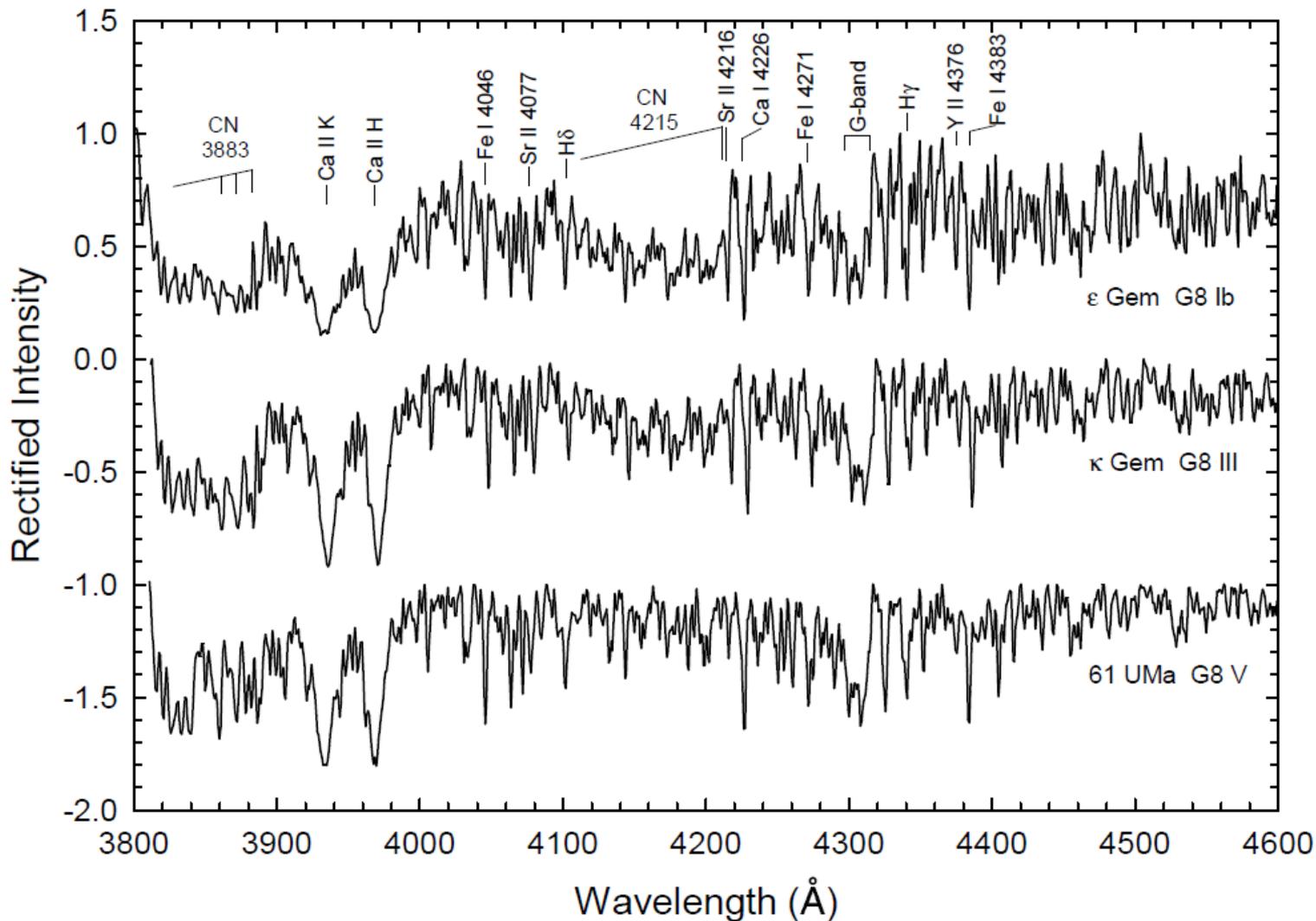
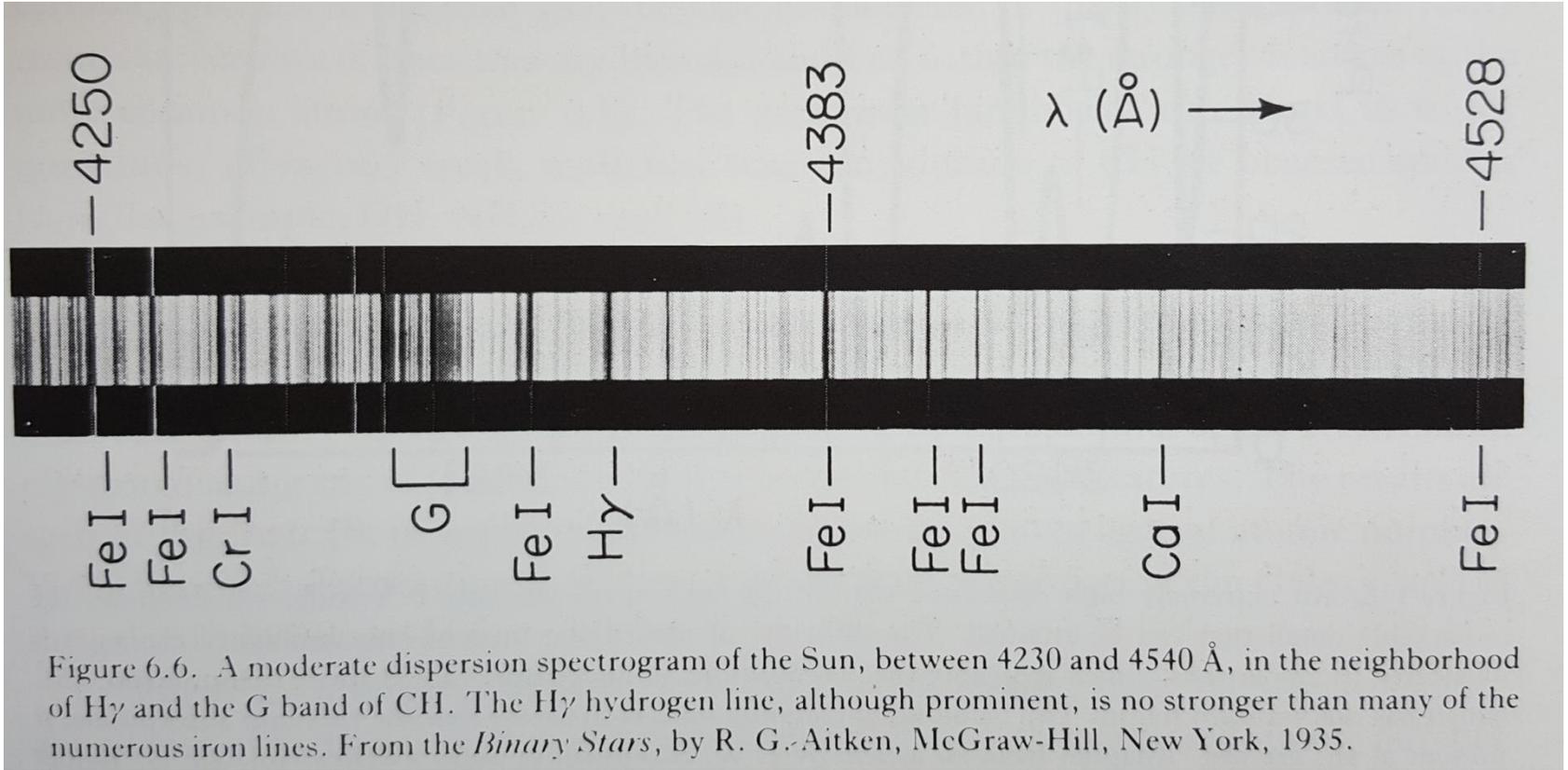


Figure 26: Luminosity effects at G8. Principal features are marked. The two CN bands show a positive luminosity effect, while the ratio of the Y II λ 4376 line to Fe I λ 4383 is particularly useful since it is the most metallicity independent. Spectra from DSO.

Güneş Tayfı

Güneş tayfı, değişik sıcaklık katmanlarına göre incelenebildiğinden diğer yıldızlar için temel bir tayf olmaktadır.



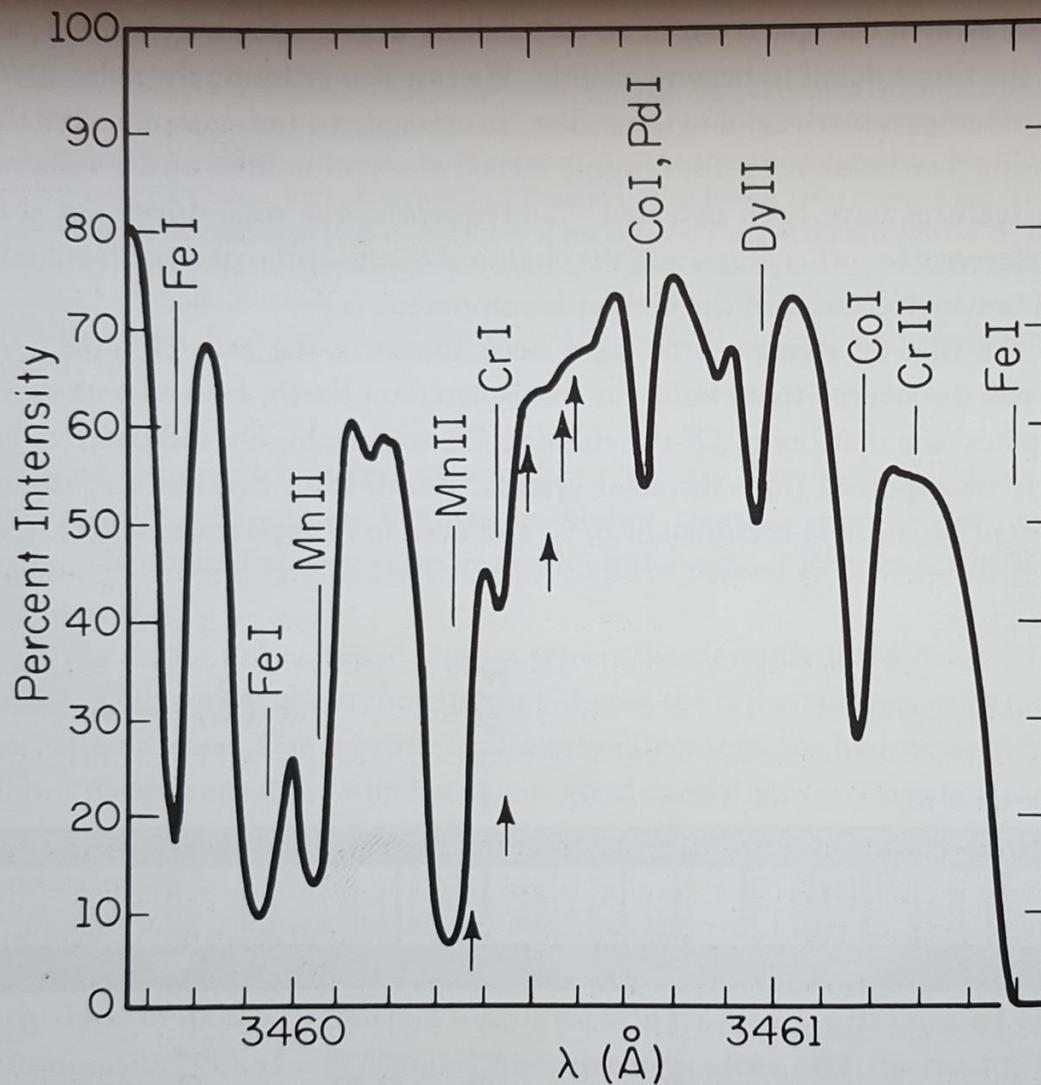


Figure 6.8. An extremely high dispersion scan of the solar spectrum only 2 Å wide, which shows the remarkable detail that can be attained. The difficulty of identifying lines of low-abundance elements is illustrated by the arrows, which indicate expected positions of lines of the rare element rhenium (no. 75), which has not yet been found. The blending of common lines is so severe that the rhenium absorptions, if present at all, are lost. Adapted from an article by J. W. Swensson in *Solar Physics*, vol. 18, D. Reidel Publishers, Dordrecht, Holland.

92 doğal elementin 68'i Güneş'te bulunur. Bunlardan biri olan helyum, Yer üzerinde diğerlerinden ayırt edilmeden önce bulunmuştu. Kayıp olan 24 elementten 10'u yüksek dereceden radyoaktiftir ve uzun zaman önce Güneş Sistemi'mizden tamamen gözlenemez olmuştur.

Elements Found in the Sun

observed in photosphere

only in spots

only in chromosphere

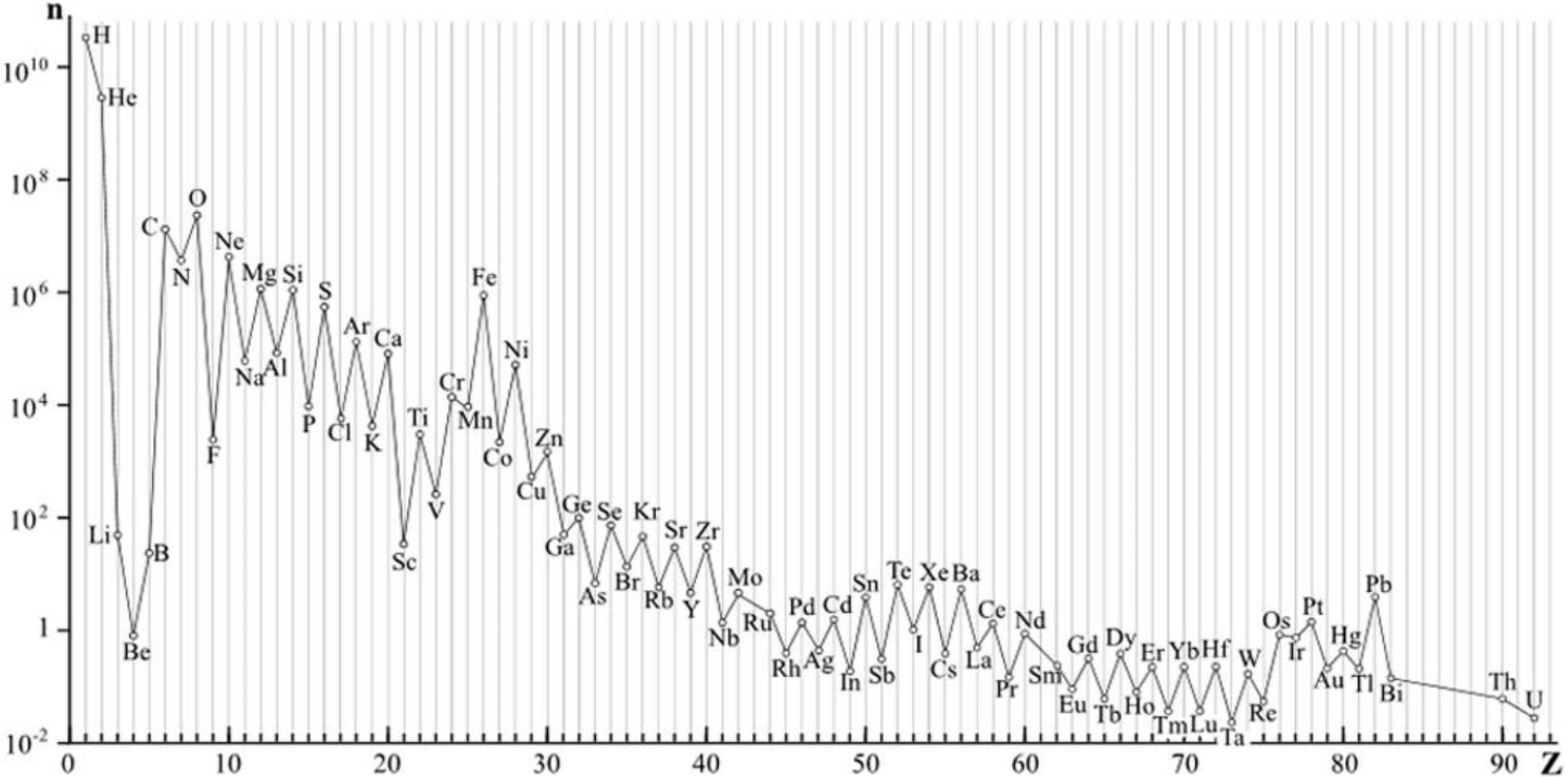
only in corona

⁴³Tc
elements with no stable isotopes

1 H																														
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne													
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar													
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr													
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe													
55 Cs	56 Ba	57 La *	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn													
87 Fr	88 Ra	89 Ac *	104 Rf	105 Ha																										
		<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>58 Ce</td> <td>59 Pr</td> <td>60 Nd</td> <td>61 <i>Pm</i></td> <td>62 Sm</td> <td>63 Eu</td> <td>64 Gd</td> <td>65 Tb</td> <td>66 Dy</td> <td>67 Ho</td> <td>68 Er</td> <td>69 Tm</td> <td>70 Yb</td> <td>71 Lu</td> </tr> </table>															58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 <i>Pm</i>	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 <i>Pm</i>	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu																	
		<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>90 Th</td> <td>91 Pa</td> <td>92 U</td> <td>93 Np</td> <td>94 Pu</td> <td>95 Am</td> <td>96 Cm</td> <td>97 Bk</td> <td>98 Cf</td> <td>99 Es</td> <td>100 Fm</td> <td>101 Md</td> <td>102 No</td> <td>103 Lr</td> </tr> </table>															90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr																	

Figure 6.9. A periodic table of the elements, indicating those observed in the Sun, coded according to whether they are detected in the photosphere, or *only* in the chromosphere, corona, or sunspots. Those not observed are left unshaded and radioactive elements are set in italics. Atomic numbers are given above the chemical symbol. Diagram by the author.

Güneş'in bolluk oranlarının tanımlaması, soğurma çizgilerinin görelî şiddetlerinden bulunur. Şekilde görelî bolluklar atom numarasına göre noktalanmıştır.



Cüceler ve Güneş

Bu tayf türünde Güneş'e benzer çok yıldız bulunur. Bunlara **güneş-türü (solar type)** yıldızlar denir. B-V renk ölçekleri 0.48 ile 0.80 arasındadır. Güneş'inki 0.65'dir. Güneş-türü yıldızlar dönme hızları, kromosferik aktiviteleri (CaII H&K salması) ve koronal aktiviteleri (X-ışın salması) düzeyinden dolayı Güneş'e benzerlik gösterirler.

Güneş-benzeri (solar analog) yıldızlar ise Güneş'e fotometrik olarak benzeyen yıldızlardır. Örneğin sıcaklıkları 5278K ile 6278K arasında olan yıldızlardır; yani Güneş'in sıcaklığına göre $\pm 500K$ farklı olanlardır. Ayrıca metal bolluğu açısından da yakın olmalıdırlar. Bunun anlamı benzer ilkel gezegenimsi disk yapılarına sahip olmaktır. Yörünge dönemi 10 gün veya daha küçük olan bir gezegene sahip olmamak bir diğer kriterdir. Çünkü bu gibi gezegenlerin yıldız aktivitesini tetikleyebilir.

Bunların dışında **Güneş ikizi (solar twin)** yıldızlar henüz tam olarak bulunamamış olsa da bazı yıldızların parametreleri oldukça yakın değerler vermektedir.

Güneş-türü yıldızlara örnekler

Yıldız	J2000 Koordinatları		Uzaklık (ly)	Tayf türü	Sıcaklık (K)	Metal bollugu (dex)	Yaş (Gyr)
	Sağaçıklık	Dikaçıklık					
Güneş	—	—	0.00	G2V	5,778	+0.00	4.6
Alpha Centauri A	15 ^h 49 ^m 36.4940 0 ^s	-60° 50' 02.3737''	4.37	G2V	5,790	+0.20	4.4
Tau Ceti	01 ^h 44 ^m 04.1 ^s	-15° 56' 15''	11.9	G8V	5,344	-0.52	5.8
82 Eridani	03 ^h 19 ^m 55.7 ^s	-43° 04' 11.2''	19.8	G8V	5,338	-0.54	6.1
Delta Pavonis	20 ^h 08 ^m 43.6 ^s	-66° 10' 55''	19.9	G8IV	5,604	+0.33	~7
V538 Aurigae	05 ^h 41 ^m 20.3 ^s	+53° 28' 51.8''	39.9	K1V	5,257	-0.20	3.7
HD 14412	02 ^h 18 ^m 58.5 ^s	-25° 56' 45''	41.3	G5V	5,432	-0.46	9.6
HR 4587 ¹	12 ^h 00 ^m 44.3 ^s	-10° 26' 45.7''	42.1	G8IV	5,538	0.18	8.5
HD 172051	18 ^h 38 ^m 53.4 ^s	-21° 03' 07''	42.7	G5V	5,610	-0.32	4.3
72 Herculis	17 ^h 20 ^m 39.6 ^s	+32° 28' 04''	46.9	G0V	5,662	-0.37	5
HD 196761	20 ^h 40 ^m 11.8 ^s	-23° 46' 26''	46.9	G8V	5,415	-0.31	6.6
Nu ² Lupi	15 ^h 21 ^m 48.1 ^s	-48° 19' 03''	47.5	G4V	5,664	-0.34	10.3

Güneş benzeri yıldızlara örnekler

Yıldız	J2000 Koordinatlar		Uzaklık (ly)	Tayf Türü	Sıcaklık (K)	Metal bolluğu (dex)	Yaş (Gyr)
	Sağaçıklık	Dikaçıklık					
Güneş	—	—	0.00	G2V	5,778	+0.00	4.6
Sigma Draconis	19 ^h 32 ^m 21.6 ^s	+69° 39' 40"	18.8	K0V	5,297	-0.20	4.7
Beta Canum Venaticorum	12 ^h 33 ^m 44.5 ^s	+41° 21' 27"	27.4	G0V	5,930	-0.30	6.0
61 Virginis	13 ^h 18 ^m 24.3 ^s	-18° 18' 40"	27.8	G5V	5,558	-0.02	6.3
Zeta Tucanae	00 ^h 20 ^m 04.3 ^s	-64° 52' 29"	28.0	F9.5V	5,956	-0.14	2.5
Beta Comae Berenices	13 ^h 11 ^m 52.4 ^s	+27° 52' 41"	29.8	G0V	5,970	-0.06	2.0
61 Ursae Majoris	11 ^h 41 ^m 03.0 ^s	+34° 12' 06"	31.1	G8V	5,483	-0.12	1.0
HR 511	01 ^h 47 ^m 44.8 ^s	+63° 51' 09"	32.8	K0V	5,333	+0.05	3.0
Alpha Mensae	06 ^h 10 ^m 14.5 ^s	-74° 45' 11"	33.1	G5V	5,594	+0.10	5.4
HD 69830	08 ^h 18 ^m 23.9 ^s	-12° 37' 56"	40.6	K0V	5,410	-0.03	10.6
HD 10307	01 ^h 41 ^m 47.1 ^s	+42° 36' 48"	41.2	G1.5V	5,848	-0.05	7.0
HD 147513	16 ^h 24 ^m 01.3 ^s	-39° 11' 35"	42.0	G1V	5,858	+0.03	0.4
58 Eridani	04 ^h 47 ^m 36.3 ^s	-16° 56' 04"	43.3	G3V	5,868	+0.02	0.6
47 Ursae Majoris	10 ^h 59 ^m 28.0 ^s	+40° 25' 49"	45.9	G1V	5,954	+0.06	6.0
Psi Serpentis	15 ^h 44 ^m 01.8 ^s	+02° 30' 54.6"	47.8	G5V	5,683	0.04	3.2
HD 84117	09 ^h 42 ^m 14.4 ^s	-23° 54' 56"	48.5	F8V	6,167	-0.03	3.1
HD 4391	00 ^h 45 ^m 45.6 ^s	-47° 33' 07"	48.6	G3V	5,878	-0.03	1.2
20 Leonis Minoris	10 ^h 01 ^m 00.7 ^s	+31° 55' 25"	49.1	G3V	5,741	+0.20	6.5
Nu Phoenicis	01 ^h 15 ^m 11.1 ^s	-45° 31' 54"	49.3	F8V	6,140	+0.18	5.7
51 Pegasi	22 ^h 57 ^m 28.0 ^s	+20° 46' 08"	50.9	G2.5IVa	5,804	+0.20	7.0

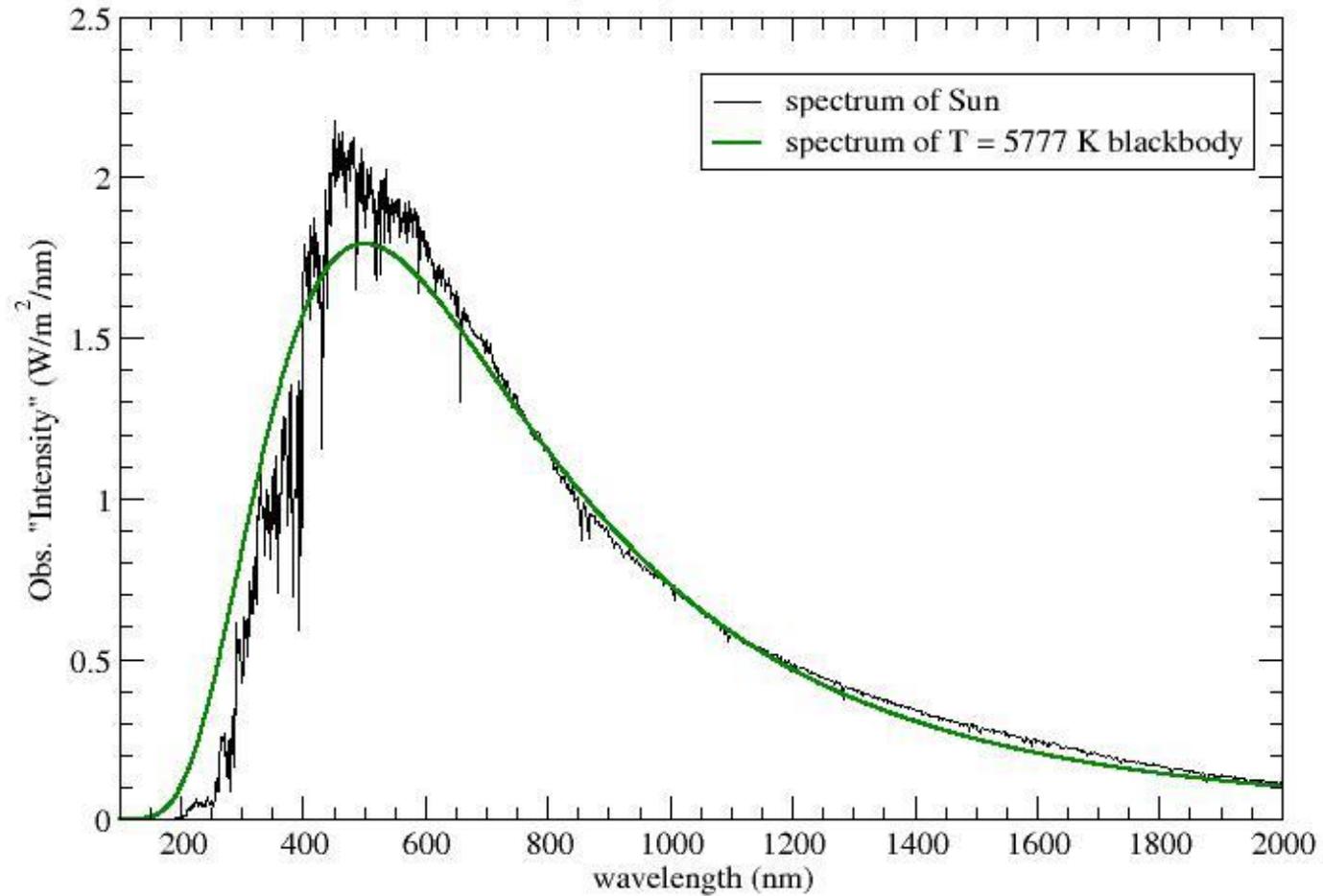
Güneş ikizi yıldızlara örnekler

Yıldız	J2000 Koordinatlar		Uzaklık (ly)	Tayf türü	Sıcaklık (K)	Metal bolluğu (dex)	Yaş (Gyr)
	Sağaçıklık	Dikaçıklık					
Güneş	—	—	0.00	G2V	5,778	+0.00	4.6
18 Scorpii	16 ^h 15 ^m 37.3 ^s	−08° 22′ 06″	45.1	G2Va	5,790	−0.03	2.9
HD 150248 ^l	16 ^h 41 ^m 49.8 ^s	−45° 22′ 07″	88	G2	5,750	−0.04	6.2
HD 164595	18 ^h 00 ^m 38.9 ^s	+29° 34′ 19″	91	G2	5,810	−0.06	4.5
HD 195034	20 ^h 28 ^m 11.8 ^s	+22° 07′ 44″	92	G5	5,760	−0.04	2.9
HD 117939	13 ^h 34 ^m 32.6 ^s	−38° 54′ 26″	98	G3	5,730	−0.10	6.1
HD 138573	15 ^h 32 ^m 43.7 ^s	+10° 58′ 06″	101	G5IV-V	5689	+0.10	5.6
HD 71334	08 ^h 25 ^m 49.5 ^s	−29° 55′ 50″	124	G2	5,701	−0.075	8.1
HD 98649	11 ^h 20 ^m 51.769 ^s	−23° 13′ 02″	135	G4V	5759	−0.02	2.3
HD 143436	16 ^h 00 ^m 18.8 ^s	+00° 08′ 13″	141	G0	5,768	+0.00	3.8
HD 129357	14 ^h 41 ^m 22.4 ^s	+29° 03′ 32″	154	G2V	5,749	−0.02	8.2
HD 133600	15 ^h 05 ^m 13.2 ^s	+06° 17′ 24″	171	G0	5,808	+0.02	6.3
HIP 11915	02 ^h 33 ^m 49.02 ^s	−19° 36′ 42.5″	190	G5V	5,760	−0.059	4.1
HD 101364	11 ^h 40 ^m 28.5 ^s	+69° 00′ 31″	208	G5V	5,795	+0.02	3.5
HD 197027	20 ^h 41 ^m 54.6 ^s	−27° 12′ 57″	250	G3V	5,723	−0.013	8.2
Kepler-452	19 ^h 44 ^m 00.89 ^s	+44° 16′ 39.2″	1400	G2V	5,757	+0.21	6.0
YBP 1194	08 ^h 51 ^m 00.8 ^s	+11° 48′ 53″	2934	G5V	5,780	+0.023	~ 4.2

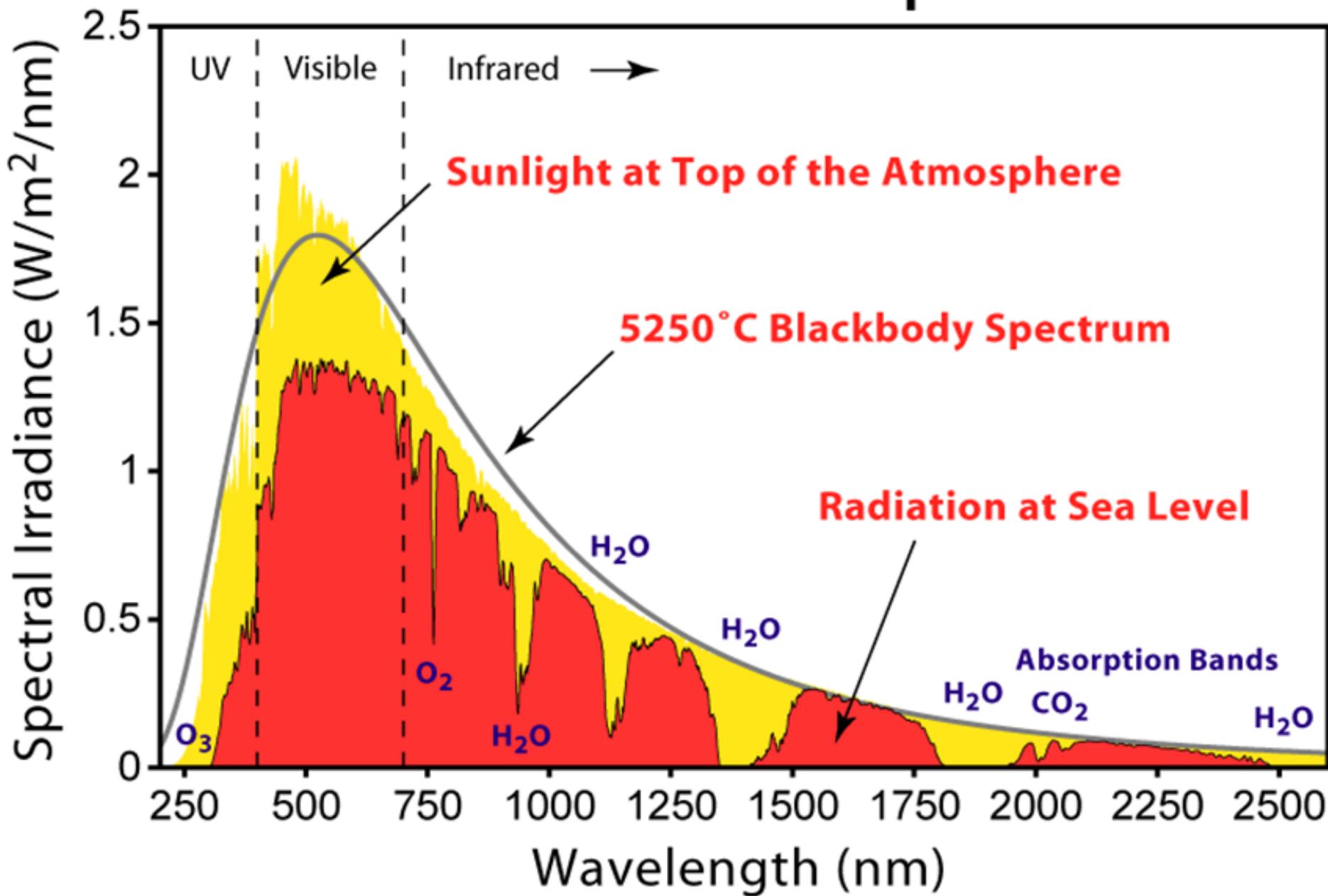
Güneş, uzaya tam bir kara cisim ışınımı yaymaz.

Sun's Spectrum vs. Thermal Radiator

of a single temperature $T = 5777$ K

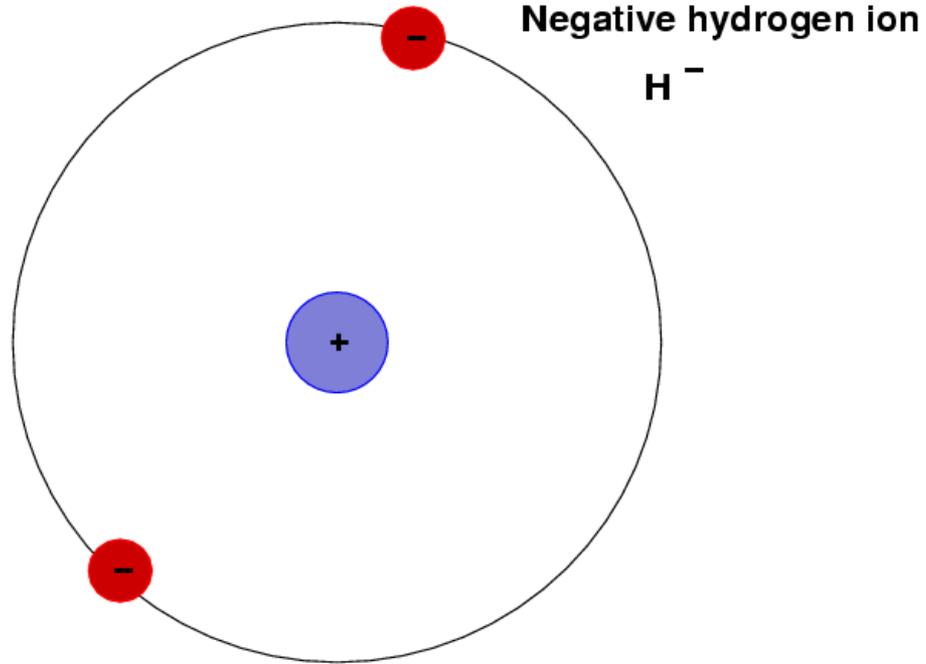


Solar Radiation Spectrum



Kompleks, aktif ve tabakalaşmış bir yapıya sahiptir. Işık en alttaki katman olan fotosferden yayılır. Aynı zamanda Güneş'in yüzeyi olarak da adlandırılır. Çok opak (donuk) bir gaz katmanıdır.

Yüksek opaklık, bize Güneş'in keskin kenarlı görünmesini sağlar. Bu opaklığı yaratan H^- (negatif hidrojen iyonu)'dur. Yörüngede dolanan iki elektron ve protonlu hidrojendir. Dışa çıkan ışınım fotosferdeki atomlar tarafından soğurulur ve bloklanır, dolayısıyla belli bir derinliğe kadar içi görülebilir.



Source of photospheric opacity

Why is the Sun so opaque?

In the Sun's photosphere, where $T=6400\text{K}$, there are neutral atoms (of H, He, etc.) and some ions (once-ionized Na, Mg, Fe) and free electrons e^- .

The free electrons attach themselves to neutral H atoms to form a **negative hydrogen ion, H^-** :

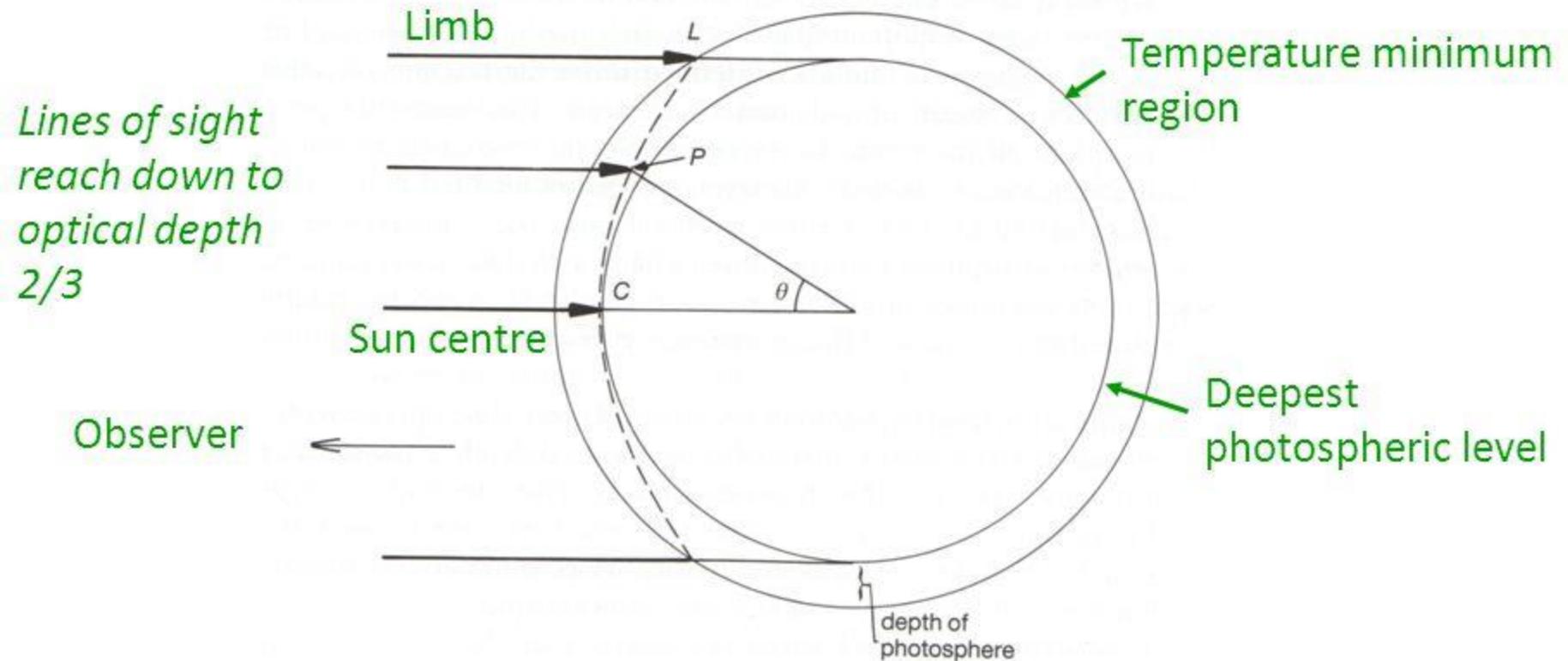


Then an H^- ion absorbs photons $h\nu$ with wavelength $< 1600\text{nm}$, i.e. from the visible to the infrared:



In the photosphere, there are only 10^{-8} H^- ions to every H atom, but this is still enough to be the main cause of solar opacity (i.e. the absorption of photons).

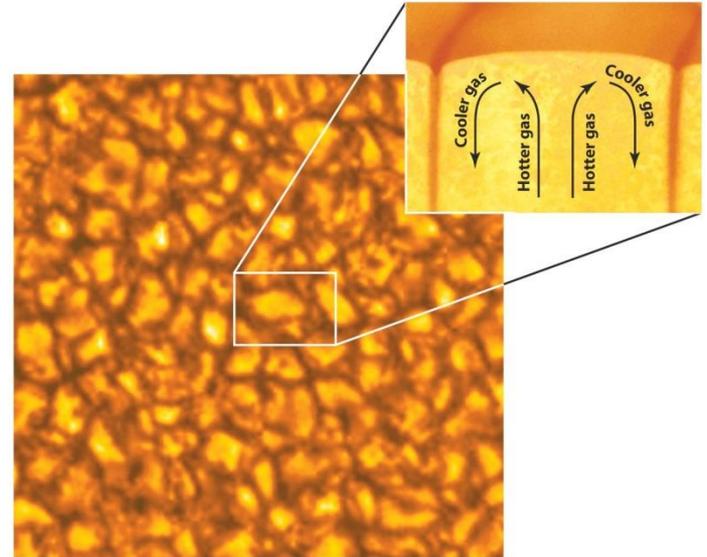
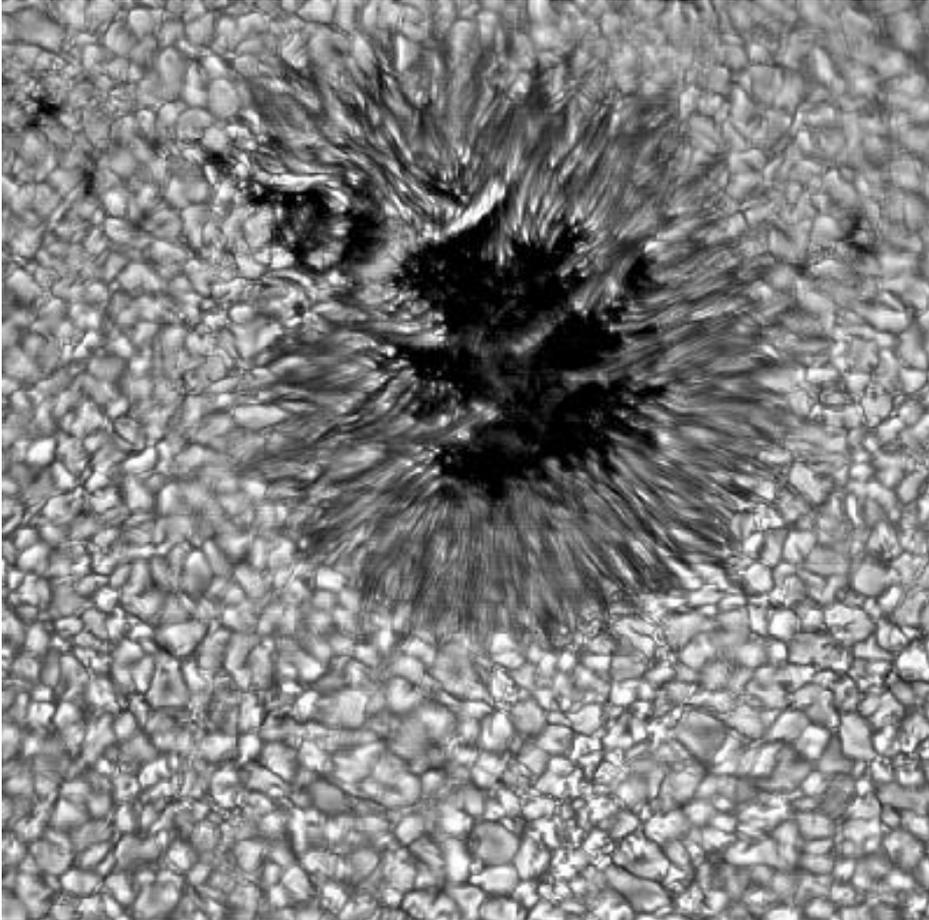
The Sun's effective and surface temperature



Sun's effective temperature is a measure of the Sun's radiation coming from the **deepest photosphere ($T = 6400\text{K}$)** visible at Sun centre to the "upper photosphere" or **temperature minimum region ($T = 4400\text{K}$)** visible at the limb. Thus, there is a **limb darkening** (decrease of solar intensity with angle θ).

T_{eff} is a kind of **average of the kinetic temperatures in the photosphere**.

Fotosferin filtre edilmiş görüntüsü doğal bir çalkantı ve bulgurlanma (granulation) gösterir. Bunlar yüzey üzerinde kaynamalar halinde görülür. Bir ısınır bir soğur. Gaz sürekli olarak kendini yeniler. Onların tayflarındaki Doppler kayması gazın sürekli olarak yükselip-alçaldığını gösterir. Sıcak akışkan yükselirken soğuyarak tekrar geri döner.



Solar Granulation

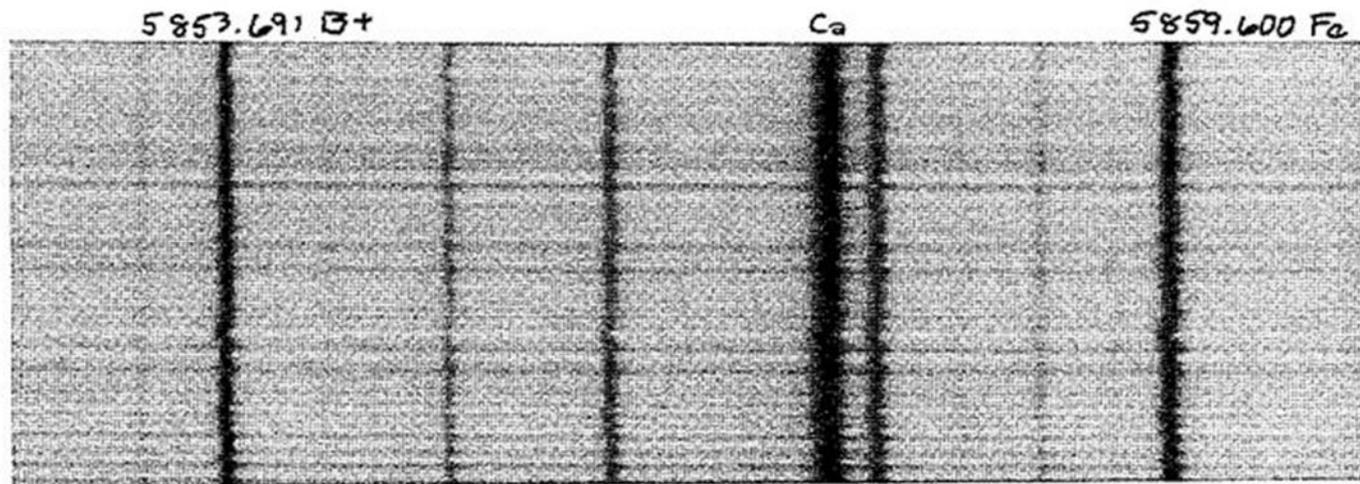
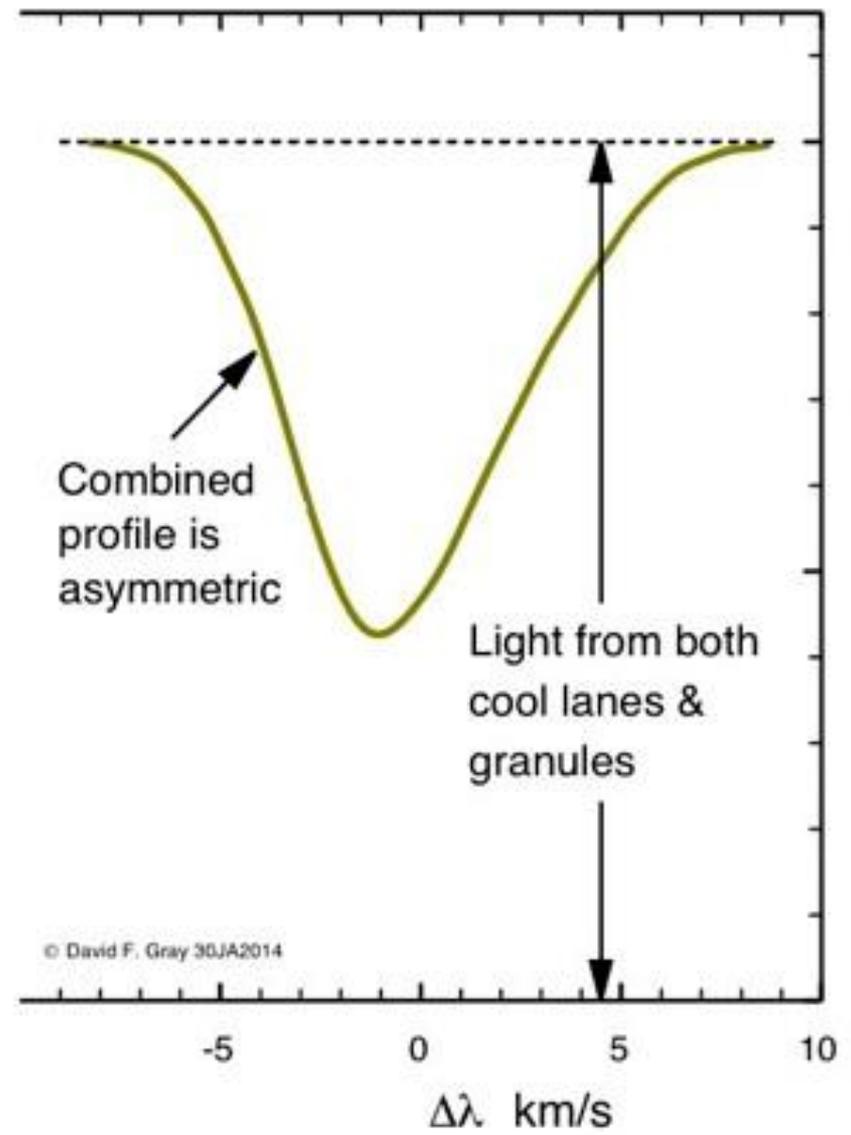
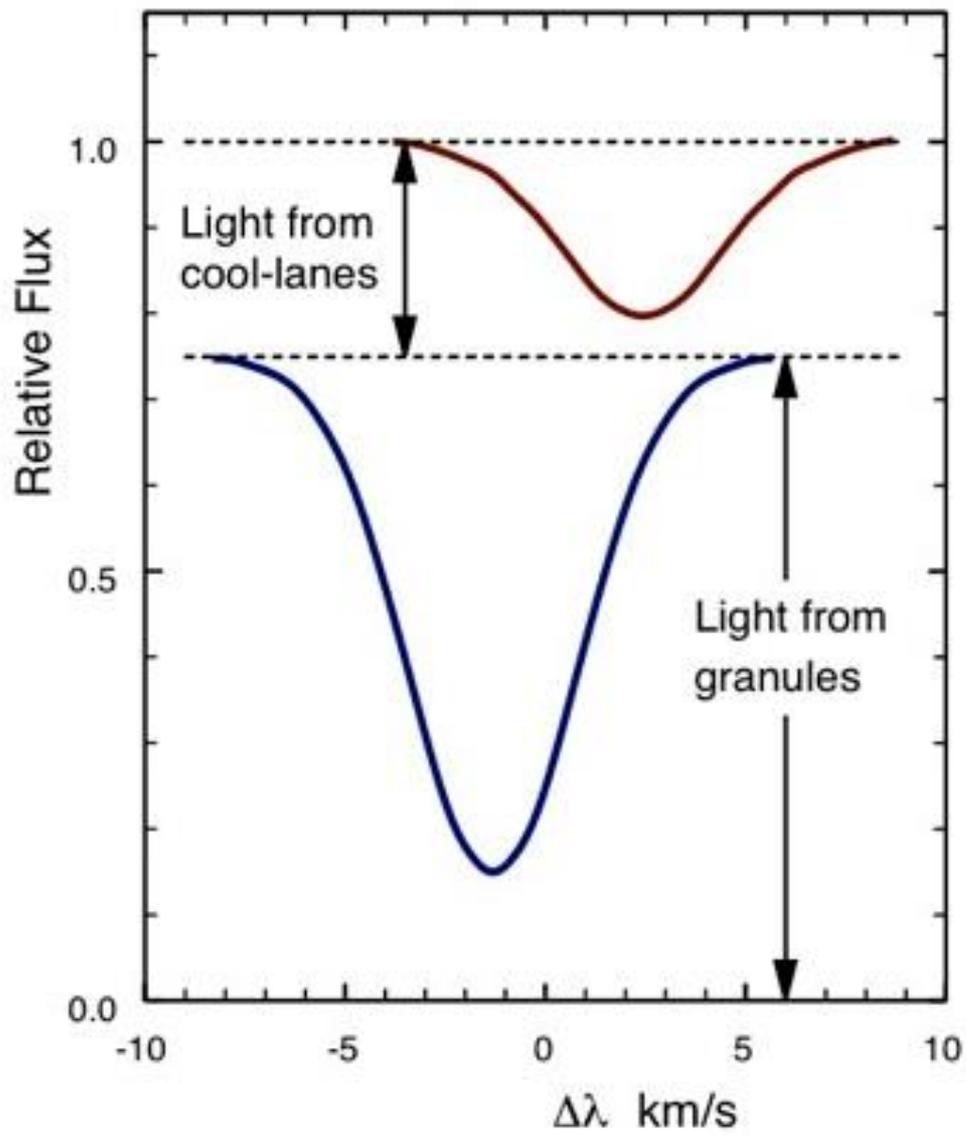
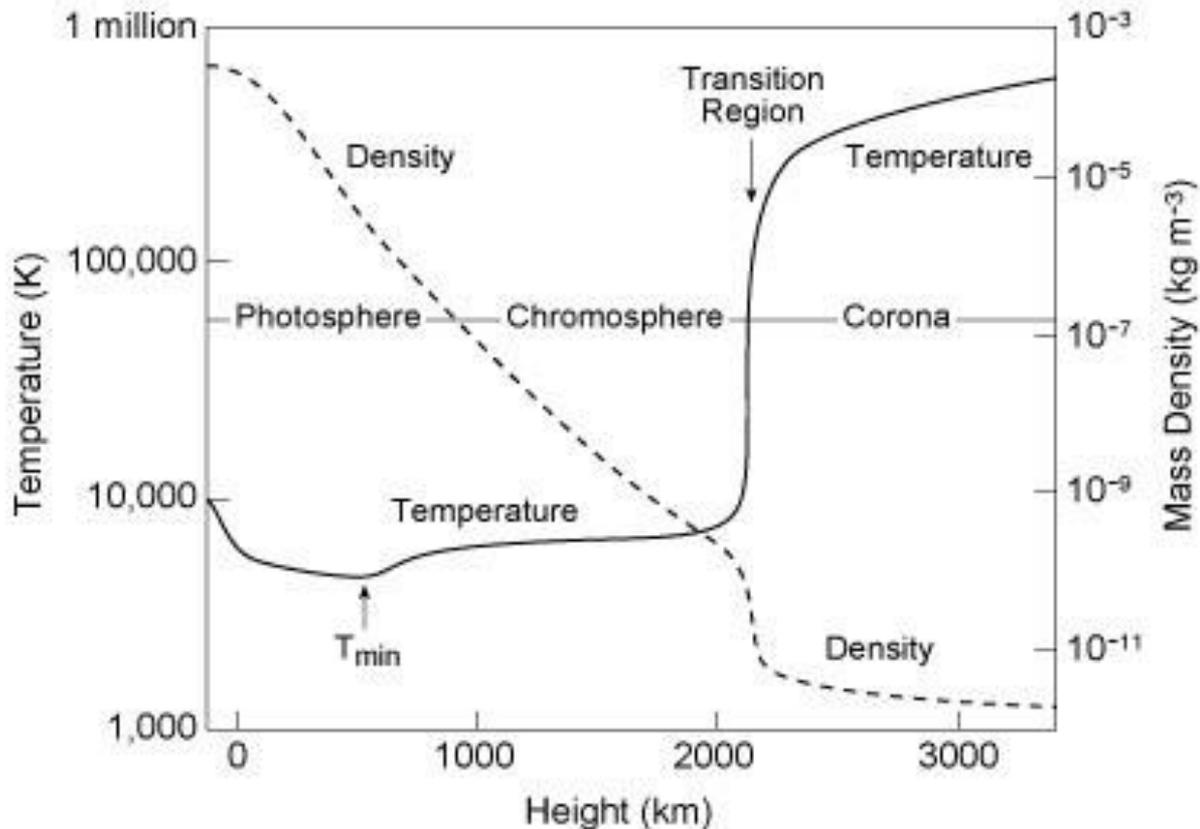


FIGURE 11.15 A spectrum of a portion of the photospheric granulation showing absorption lines that indicate the presence of radial motions. Wiggles to the left are toward shorter wavelengths and are blueshifted while wiggles to the right are redshifted. The wavelengths shown at the top of the image are given in angstroms. (Courtesy of W. Livingston and the National Optical Astronomy Observatories.)



Güneş'in kromosferi ve koronası

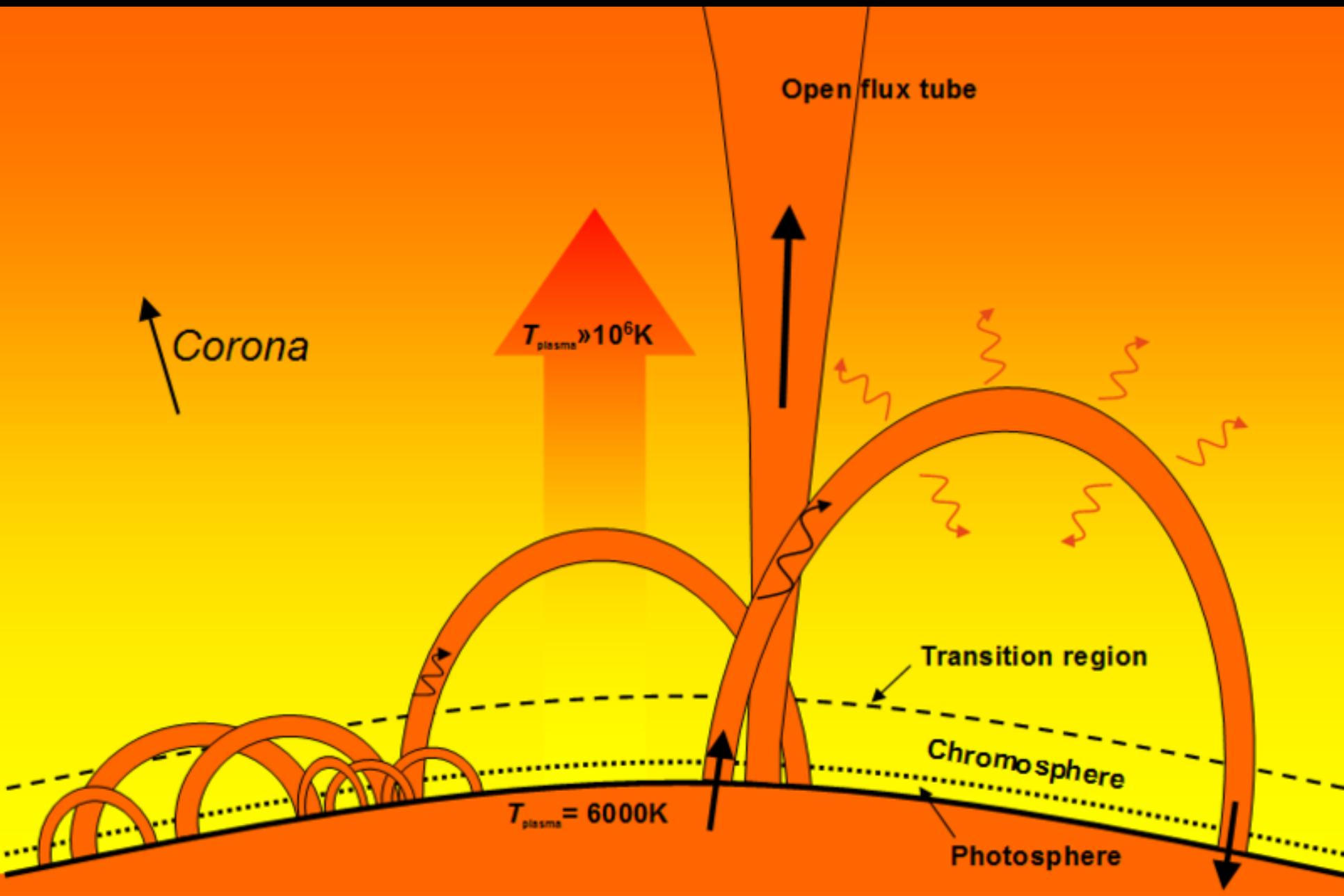
Fotosferin üzerinde düşük yoğunluklu, 2000 km kalınlığında kalın bir kromosferik bölge yer alır. M ve K yıldızlarında da bu bölgeye rastlanır. Burada sıcaklık fotosferin 5800 K'lık sıcaklığından yaklaşık 1500K daha soğuktur. Fakat dışa doğru gittikçe sıcaklık tekrar artmaya başlar. Burası da koronadır.



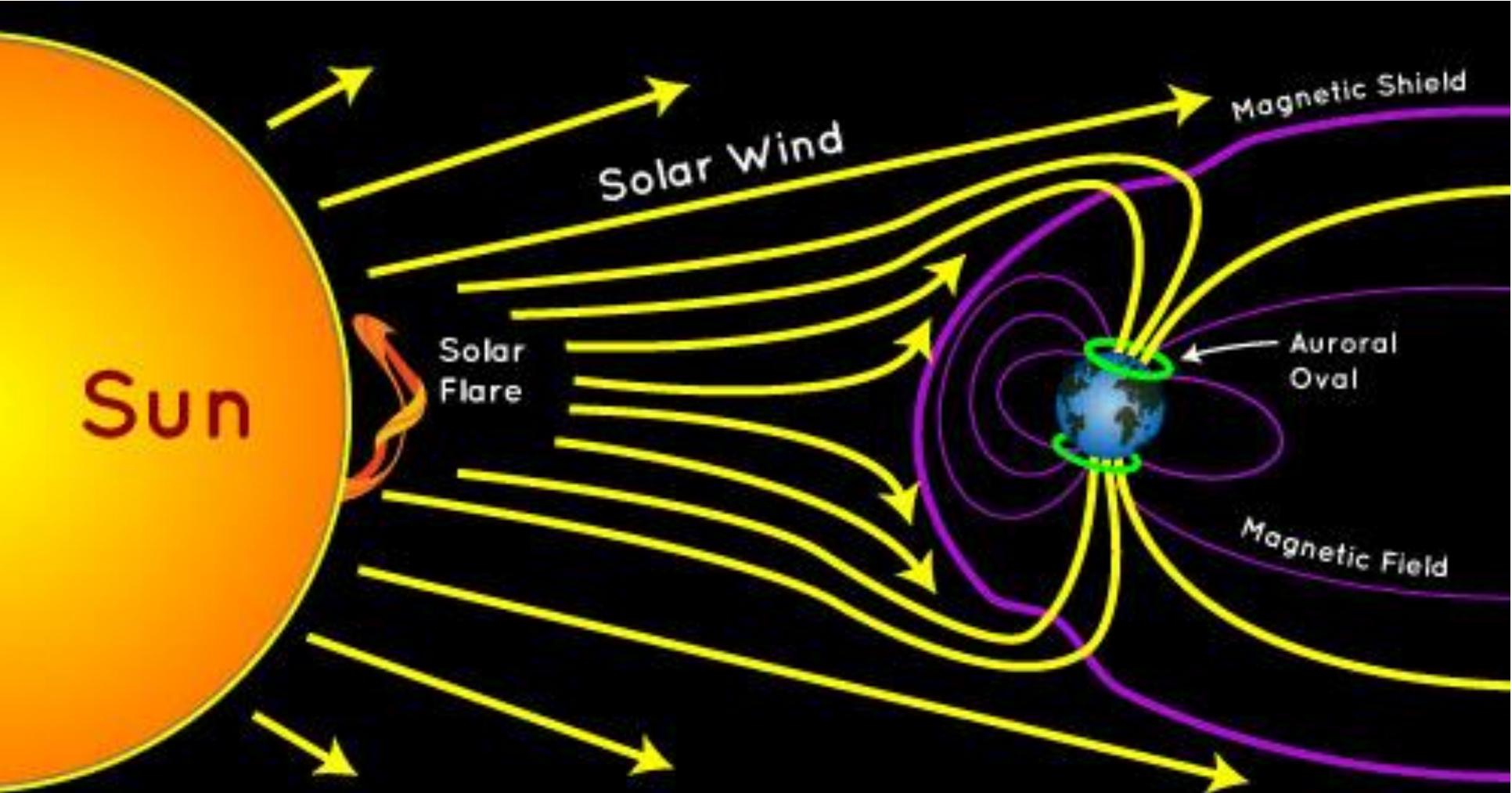
Bu bölgede karmaşık uçlak ve eşlek akıntıları, delikler ve ilmikler vardır. Sıcaklık birkaç milyon dereceye kadar ulaşabilir. Düşük yoğunluk yüzünden kara cisim gibi davranamaz ve optik olarak çok sönük olduğundan ancak tam tutulma sırasında görülebilir.



Katmandaki yüksek sıcaklık parçacıkların yüksek hızından ve enerjisinden kaynaklanır. Buradaki atomlar yüksek dereceden iyonlaşmıştır.

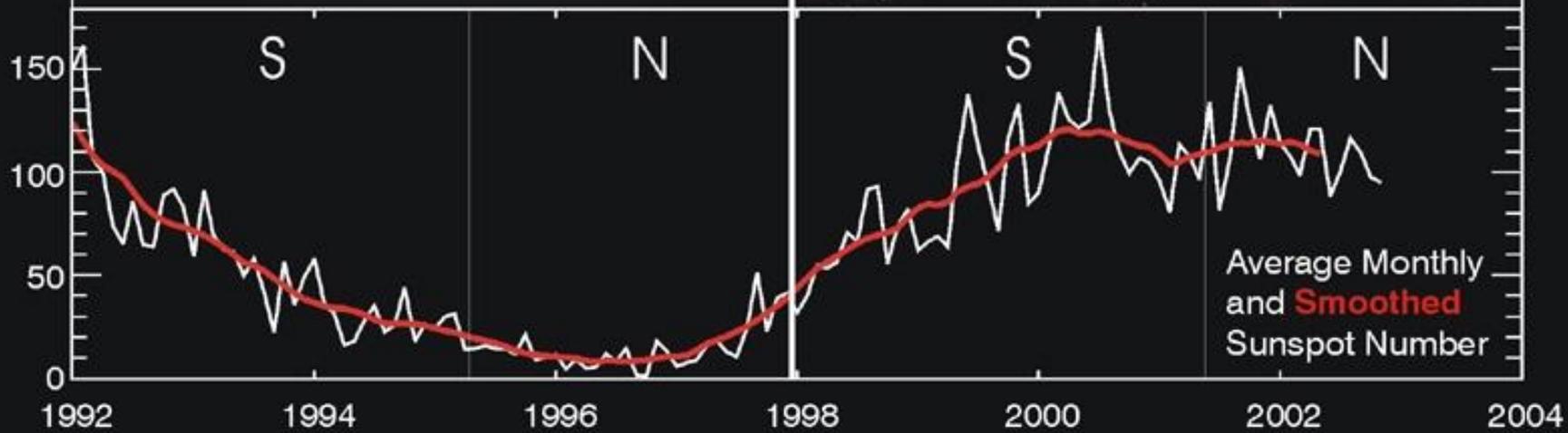
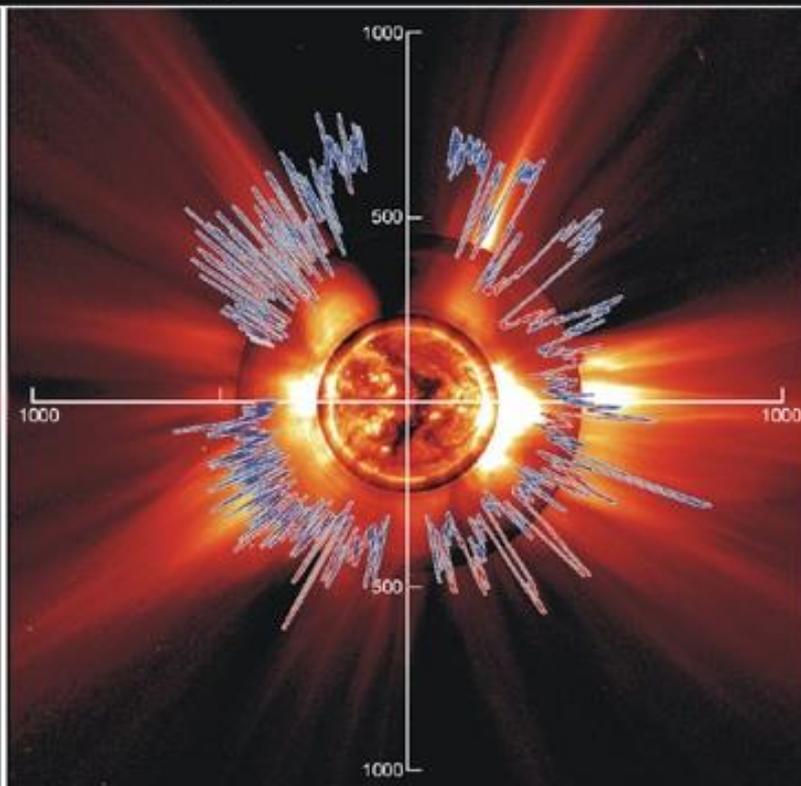
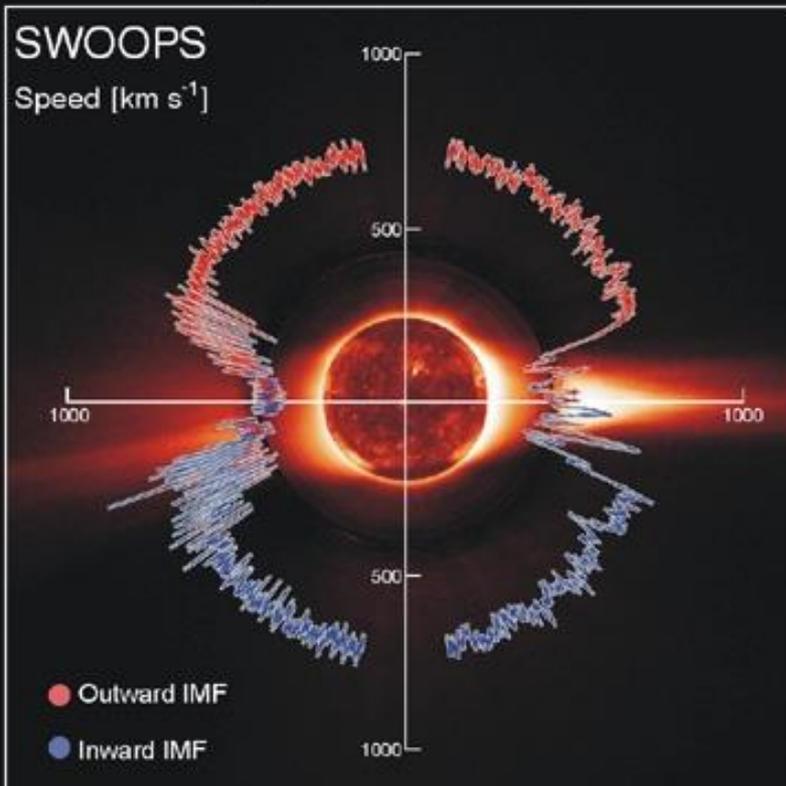


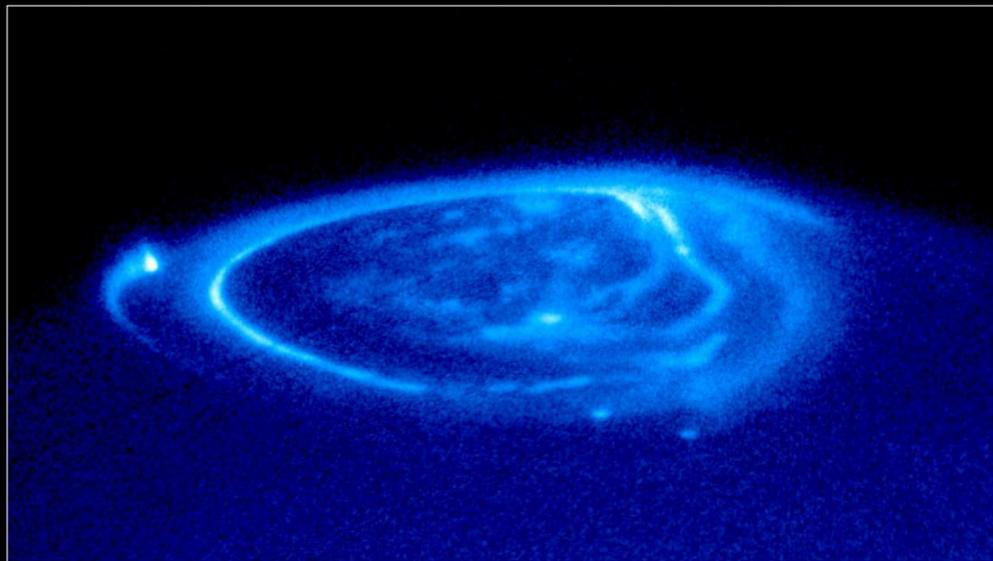
Enerjik korona, güneş rüzgarının kaynağıdır. Yüksek hızlı parçacık akıntısı Yer'den ve diğer gezegenler arasından geçerken auroraları oluşturur.



Ulysses First Orbit

Ulysses Second Orbit





Jupiter Aurora
Hubble Space Telescope • STIS

NASA and J. Clarke (University of Michigan) • STScI-PRC00-38

