$M_{bol,\star} - M_{bol,\odot} = -2.5\log(L_\star/L_\odot)$ ……..8

which makes by inversion:

$L_\star/L_\odot = 10^{0.4(M_{bol,\odot} - M_{bol,\star})}$……9

Where:

$L_\odot$ is the Sun's luminosity (bolometric luminosity)

$L_\star$ is the star's luminosity (bolometric luminosity)

$M_{bol,\odot}$ is the bolometric magnitude of the Sun

$M_{bol,\star}$ is the bolometric magnitude of the star.

Luminosity is the total amount of energy emitted by a star, galaxy, or other astronomical object per unit time. It is related to the brightness, which is the luminosity of an object in a given spectral region. A star's luminosity can be determined from two stellar characteristics: size and effective temperature.

السطوع هو إجمالي كمية الطاقة المنبعثة من نجم أو مجرة أو أي جسم فلكي آخر لكل وحدة زمنية. وهو مرتبط بالسطوع، وهو سطوع الجسم في منطقة طيفية معينة. يمكن تحديد سطوع النجم من خلال خاصيتين نجميتين: الحجم ودرجة الحرارة الفعالة.

The Stefan–Boltzmann equation applied to a black body gives the value for luminosity for a black body

$L=\sigma AT^4$,

where A is the surface area $A=4\pi r^2$, T is the temperature (in kelvins) and σ is the Stefan–Boltzmann constant, with a value of 5.67×10^{-8} $W\cdot m^{-2}\cdot K^{-4}$.

For stars on the main sequence, luminosity is also related to mass approximately as below:

$L/L_\odot \approx (M/M_\odot)^{3.5}$.

Color index:

The color of a star is measured as the log of the ratio of color magnitudes at different wavelengths (or through different filters). The standard filters are ultraviolet (320 nm-390 nm), blue (390 nm-480 nm) and visual (510 nm-590 nm), denoted U, B, and V respectively.

يتم قياس لون النجم كالوغاريتم لنسبة الاقدار اللونية عند أطوال موجية مختلفة (أو من خلال مرشحات مختلفة). المرشحات القياسية هي الأشعة فوق البنفسجية (320 نانومتر - 390 نانومتر)، والأزرق (390 نانومتر - 480 نانومتر)، والبصرية (510 نانومتر - 590 نانومتر)، والتي يشار إليها بـ U وB وV على التوالي.

The U-B color, for instance, is

$$B - U = -2.5\log\left(\frac{F_B}{F_U}\right)$$ ……10

The star Vega is defined as an A0 star, and is the standard for

$B - V \equiv 0$, $B - U \equiv 0$.

The Classification of Stellar Spectra

By observing spectra, astronomers realized that large numbers of stars exhibit a small number of distinct patterns in their spectral lines. Classification by spectral features quickly proved to be a powerful tool for understanding stars.

The scheme is based on lines which are mainly sensitive to stellar surface temperatures rather than actual compositional differences, gravity, or luminosity. Important lines are the hydrogen Ballmer lines, lines of neutral and singly ionized helium, iron lines, the H and K doublet of ionized calcium at 396.8 and 393.3 nm, the G band due to the CH molecule, the 422.7 nm neutral calcium line, several metal lines around 431 nm, and the lines of titanium oxide.

من خلال مراقبة الأطياف، أدرك علماء الفلك أن أعدادًا كبيرة من النجوم تُظهر عددًا صغيرًا من الأنماط المميزة في خطوطها الطيفية. وسرعان ما أثبت التصنيف حسب السمات الطيفية أنه أداة قوية لفهم النجوم.
يعتمد المخطط على خطوط حساسة بشكل أساسي لدرجات حرارة سطح النجوم بدلاً من الاختلافات التركيبية الفعلية أو الجاذبية أو السطوع. ومن الخطوط المهمة خطوط بالمر الهيدروجينية، وخطوط الهيليوم المحايد والمتأين أحاديًا، وخطوط الحديد، وثنائي الهيدروجين والبوتاسيوم للكالسيوم المتأين عند 396.8 و393.3 نانومتر، والنطاق G بسبب جزيء CH، وخط الكالسيوم المحايد عند 422.7 نانومتر، والعديد من خطوط المعادن حول 431 نانومتر، وخطوط أكسيد التيتانيوم.

- **Standard Stellar Types:**

While the differences in spectra might seem to indicate different chemical compositions, in almost all instances, it actually reflects different surface temperatures. Material on the surface of stars is "primitive": there is no significant chemical or nuclear processing of the gaseous outer envelope of a star once it has formed. Fusion at the core of the star results in fundamental compositional changes, but material does not generally mix between the visible surface of the star and its core. Ordered from highest temperature to lowest, the seven main stellar types are O, B, A, F, G, K, and M. Astronomers use one of several mnemonics to remember the order of the classification scheme. O, B, and A type stars are often referred to as early spectral types, while cool stars (G, K, and M) are known as late type stars.

The Harvard system is a one-dimensional classification scheme and it specifies only the surface temperature and some spectral features of the star.

في حين أن الاختلافات في الأطياف قد تبدو وكأنها تشير إلى تركيبات كيميائية مختلفة، إلا أنها في جميع الحالات تقريبًا تعكس في الواقع درجات حرارة أسطح مختلفة. المادة الموجودة على أسطح النجوم "بدائية": لا توجد معالجة كيميائية أو نووية كبيرة للغلاف الخارجي الغازي للنجم بمجرد تشكله. يؤدي الاندماج في قلب النجم إلى تغييرات تركيبية أساسية، لكن المادة لا تختلط عمومًا بين السطح المرئي للنجم ونواته. مرتبة من أعلى درجة حرارة إلى أدنى درجة حرارة، الأنواع النجمية السبعة الرئيسية هي O وB وA وF وG وK وM. يستخدم علماء الفلك أحد العديد من الاختصارات لتذكر ترتيب مخطط التصنيف. غالبًا ما يشار إلى النجوم من النوع O وB وA على أنها أنواع طيفية مبكرة، بينما تُعرف النجوم الباردة (G وK وM) بالنجوم من النوع المتأخر.
نظام هارفارد هو مخطط تصنيف أحادي البعد ويحدد فقط درجة حرارة السطح وبعض السمات الطيفية للنجم.

Class	Effective temperature	color	Main-sequence mass (solar masses)	Main-sequence radius (solar radii)	Main-sequence luminosity (bolometric)	Hydrogen lines	Main Characteristics	Examples
O	≥ 30,000 K	Blue	≥ 16 $M_\odot$	≥ 6.6 $R_\odot$	≥ 30,000 $L_\odot$	Weak	Singly ionized helium lines either in emission or absorption. Strong ultraviolet continuum.	10 Lacertra
B	10,000–30,000 K	blue white	2.1–16 $M_\odot$	1.8–6.6 $R_\odot$	25–30,000 $L_\odot$	Medium	Neutral helium lines in absorption.	Rigel Spica
A	7,500–10,000 K	White	1.4–2.1 $M_\odot$	1.4–1.8 $R_\odot$	5–25 $L_\odot$	Strong	Hydrogen lines at maximum strength for A0 stars, decreasing thereafter	Sirius Vega
F	6,000–7,500 K	yellow white	1.04–1.4 $M_\odot$	1.15–1.4 $R_\odot$	1.5–5 $L_\odot$	Medium	Metallic lines become noticeable.	Canopus Procyon
G	5,200–6,000 K	Yellow	0.8–1.04 $M_\odot$	0.96–1.15 $R_\odot$	0.6–1.5 $L_\odot$	Weak	Solar-type spectra. Absorption lines of neutral metallic atoms and ions (e.g. once-ionized calcium) grow in strength.	Sun Capella
K	3,700–5,200 K	Orange	0.45–0.8 $M_\odot$	0.7–0.96 $R_\odot$	0.08–0.6 $L_\odot$	Very weak	Metallic lines dominate. Weak blue continuum.	Arcturus Aldebaran
M	2,400–3,700 K	Red	0.08–0.45 $M_\odot$	≤ 0.7 $R_\odot$	≤ 0.08 $L_\odot$	Very weak	Molecular bands of titanium oxide noticeable.	Betelgeuse Antares

- **Subtypes**

Within each of these seven broad categories, Canon assigned subclasses numbered 0 to 9. A star midway through the range between F0 and G0 would be an F5 type star. The Sun is a G2 type star.

في كل من هذه الفئات السبع العريضة، خصص التصنيف فئات فرعية مرقمة من 0 إلى 9. النجم الذي يقع في منتصف النطاق بين F0 وG0 سيكون نجمًا من النوع F5. والشمس نجم من النوع G2.

- **Luminosity classes**

A more precise classification would also include the luminosity of the star. The standard scheme used for this is called the Yerkes classification also called the MMK system. This two-dimensional (temperature and luminosity) classification scheme is based on spectral lines sensitive to stellar temperature and surface gravity, which is related to luminosity. This scheme measures the shape and nature of certain spectral lines to measure surface gravities of stars. The gravitational acceleration on the surface of a giant star is much lower than for a dwarf star (since $g = G M / R^2$ and the radius of a giant star is much larger than a dwarf). Given the lower gravity, gas pressures and densities are much lower in giant stars than in dwarfs. These differences manifest themselves in different spectral line shapes which can be measured.

يتضمن التصنيف الأكثر دقة أيضًا لمعان النجم. يُطلق على المخطط القياسي المستخدم لهذا التصنيف تصنيف يركس أو نظام MMK. يعتمد مخطط التصنيف ثنائي الأبعاد (درجة الحرارة والسطوع) هذا على خطوط طيفية حساسة لدرجة حرارة النجم وجاذبية السطح، والتي ترتبط باللمعانية. يقيس هذا المخطط شكل وطبيعة خطوط طيفية معينة لقياس الجاذبية السطحية للنجوم. يكون تسارع الجاذبية على سطح النجم العملاق أقل بكثير من النجم القزم (نظرًا لأن $g = G M / R2$ ونصف قطر النجم العملاق أكبر بكثير من النجم القزم). ونظرًا لانخفاض الجاذبية، تكون ضغوط الغاز وكثافته أقل بكثير في النجوم العملاقة منها في النجوم القزمة. تتجلى هذه الاختلافات في أشكال خطوط طيفية مختلفة يمكن قياسها.

- **0** or **Ia**$^+$ (hypergiants or extremely luminous supergiants). Example: Cygnus OB2#1(B3-4Ia+).
- **Ia** (luminous supergiants). Example: Eta Canis Majoris (B5Ia)
- **Iab** (intermediate luminous supergiants). Example: Gamma Cygni (F8Iab)
- **Ib** (less luminous supergiants). Example: Zeta Persei (B1Ib)
- **II** bright giants. Example: Beta Leporis (G0II)
- **III** normal giants. Example: Arcturus (K0III)
- **IV** subgiants. Example: Gamma Cassiopeiae (B0.5IVpe)
- **V** main-sequence stars (dwarfs). Example: Achernar (B6Vep)
- **sd** (prefix) subdwarfs. Example: HD 149382 (sdB5)
- **D** (prefix) white dwarfs. Example: van Maanen 2 (DZ8)

Marginal cases are allowed; for example, a star may be either a supergiant or a bright giant, or may be in between the subgiant and main-sequence classifications. In these cases, two special symbols are used: a slash (/) means that a star is either one class or the other, and a dash (-) means that the star is in between the two classes. For example, a star classified as A3-4III/IV would be in between spectral types A3 and A4, while being either a giant star or a subgiant. Sub-dwarf classes have also been used: VI for sub-dwarfs, stars slightly less luminous than the main sequence; VII and sometimes higher numerals for white dwarf or "hot sub-dwarf" classes. Thus, the Sun would be more fully specified as a G2V type star.