أقدار النجوم Stars magnitude

- قُسمت النجوم في البداية من حيث اللمعان إلى أقدار بحيث تكون النجوم اللامعة من القدر الأول (+1) والأقل لمعانا من القدر الثاني (+2) وهكذا، حتى القدرالسادس وهى أقصى حدود الرصد بالعين البشرية.
- استخدم العرب النجوم في اختبار القدرة البصرية فمن يستطيع أن يرى نجوم القدر السادس فبصره 6\6.
- اتسع مقياس القدر بعد اختراع التلسكوب، ليصل للقدر 30 من خلال التلسكوبٍ هبل. كما تم اعتبار أقدار بالسالب لتعبر عن أجرام أشد لمعاناً (كلما زاد اللمعان كان القدر ذا رقم أصغر بالسالب.)

القدرالظاهري Apparent magnitude

- مؤشر للمعان النجم brightness، والعلاقة عكسية بين القدر الظاهري واللمعان

$$m \alpha \frac{1}{b}$$

- أقدار النجوم تقل بتزايد لمعانها والعكس صحيح
- القدر الظاهري من الخواص الملازمة للنجوم، وتغيره يعني أن النجم غير مستقر وأنه من النجوم المتغيرة أو الموجودة في نظام ثنائي.

- قد يكون القدر الظاهري لنجم ما صغير (لامع) لقربه منا، بينما هو كبير (خافت) لنجم بسبب بعده عنا.

- وُضع مقياس رياضي لأقدار النجوم بحيث إن نسبة اللمعان بين نجمين تساوى **2.5** مرفوعة لأس مساو للفرق بين قدريهما:

$$\frac{b_x}{b_y} = (2.5)^{m_y - m_x}$$

- ويمكن إعادة صياغتها على الوجه التالي:

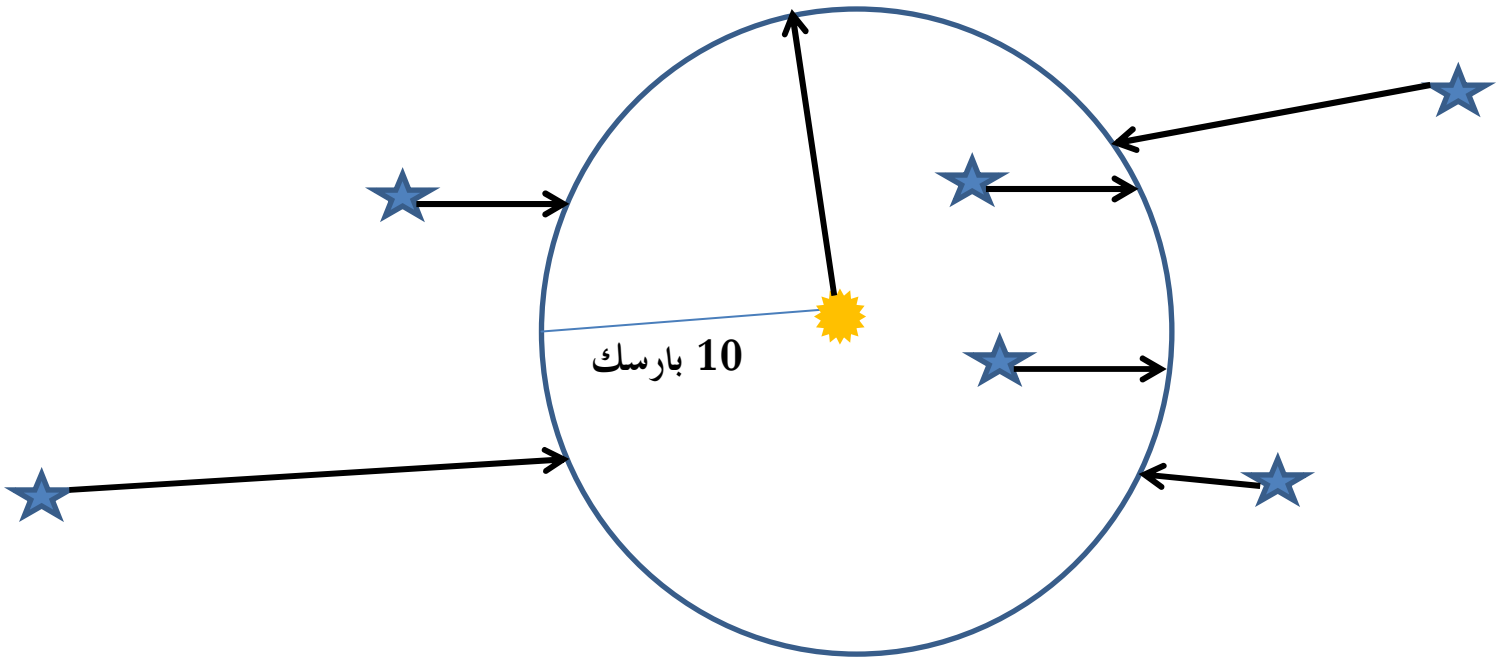
$$\frac{b_x}{b_y} = 10^{0.4(m_y - m_x)}$$

❖ تغيرات صغيرة في القدر الظاهري يقابلها تزايد بشكل كبير في اللمعان.

مثال: نجمان فرق قدرهما الظاهري **10** يقابله نسبة مقدارها **10000** في اللمعان

القدر المطلق Absolute magnitude

- تعارف الفلكيون على قدر آخر أسموه القدر المطلق وفكرته هو البحث عن وسيلة نلغي بها تأثير المسافات على لمعان النجوم.
- يمثل قدر النجم لو كان على بعد 10 بارسك.



- وهو مؤشر لضياء النجم **Luminosity** (لمعانه الحقيقي)، ويتناسب عكسيا معه:

$$M \alpha \frac{1}{L}$$

- يمكن كتابة نسبة الضياء بين نجمين كالآتي:

$$\frac{L_1}{L_2} = 10^{0.4(M_y - M_x)}$$

مقارنة بين القدرين الظاهري والمطلق لبعض الأجرم

الجسم	القدر الظاهري	القدر المطلق
الشمس	-26	**5**
القمر	-13	**32**
الزهرة	-4	**28**
الشعرى اليمانية	-1.5	25
سوبر نوفا	5 (مثلا)	-19

- **مثال:** من الجدول السابق، كم يزيد لمعان الشمس عن لمعان القمر، وكم يزيد ضياؤها عن ضيائه؟

$$\frac{b_{sun}}{b_{moon}} 10^{0.4(-13+26)} = 160\,000$$

لا حظ الفرق ؟؟

$$\frac{L_{sun}}{L_{moon}} = 10^{0.4(32-5)} = 6x10^{10}$$

- **مثال:** القدر الظاهري لنجم سوبرنوفا قبل انفجاره **20**، أصبح قدره بعد الانفجار **5** كم نسبة الزيادة في اللمعان؟

$$\frac{b_2}{b_1} = 10^{0.4(20-5)} = 10^6$$

اللمعان البولومتري bolometric brightness

- إذا تم قياس لمعان النجم في جميع الأطوال الموجية التي يبثها، فإن القدر المصاحب له يسمى اللمعان البولومتري.

- اللمعان البولومتري أكبر من اللمعان المرئي؛ أي أن القدر البولومتري أقل من القدر المرئي:

$$b_{bol} \rangle b_v$$

$$m_{bol} \langle m_v$$

الدليل اللوني color index

- الفرق بين القدرين في نطاقين مختلفين المرئي والأزرق ورمزه b-v:

$$b - v = m_b - m_v$$

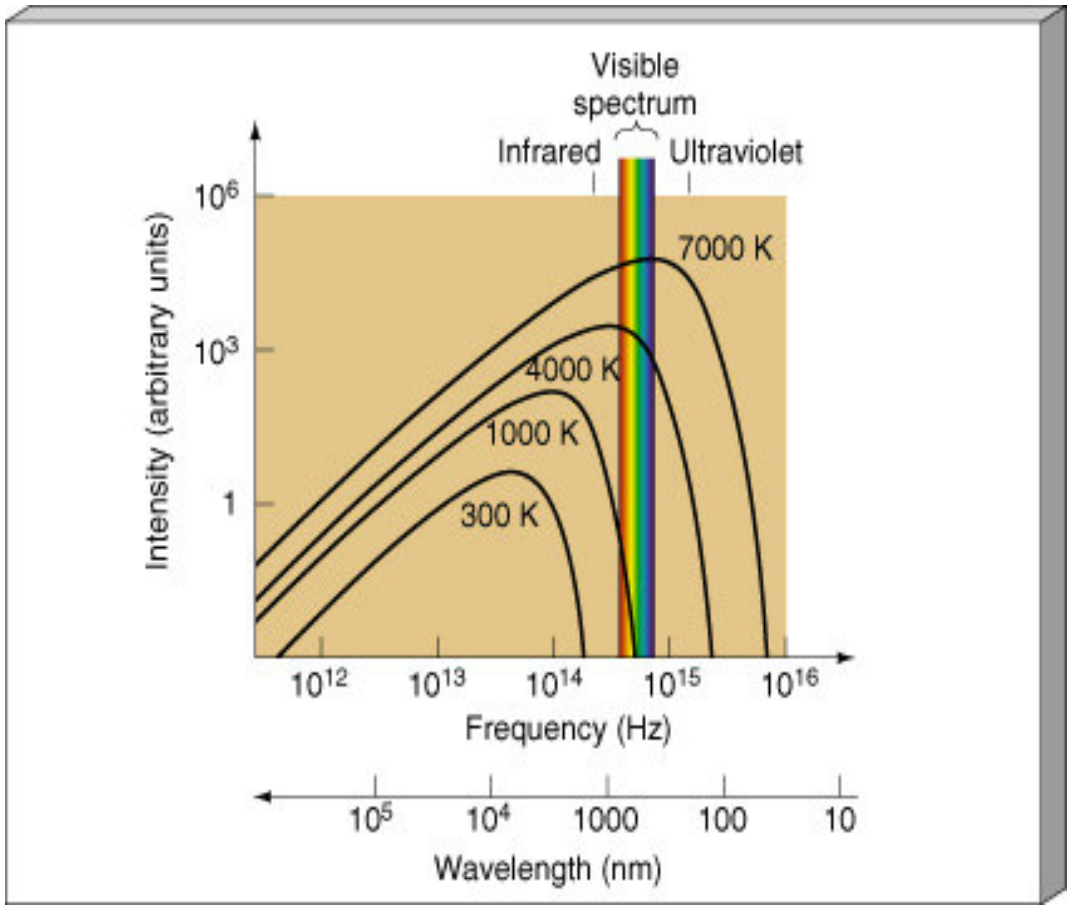
- وهو مؤشر للون النجم و نوعه الطيفي و كذا حرارته:

$$b - v \langle 0 \Rightarrow \text{bluish color}$$

$$b - v \rangle o \Rightarrow \text{reddish color}$$

قانون بلانك Planck's law

يصف هذا القانون شدة اشعاع نجم ما من خلال معرفتنا لدرجة حرارة سطحه بالعلاقة التالية:



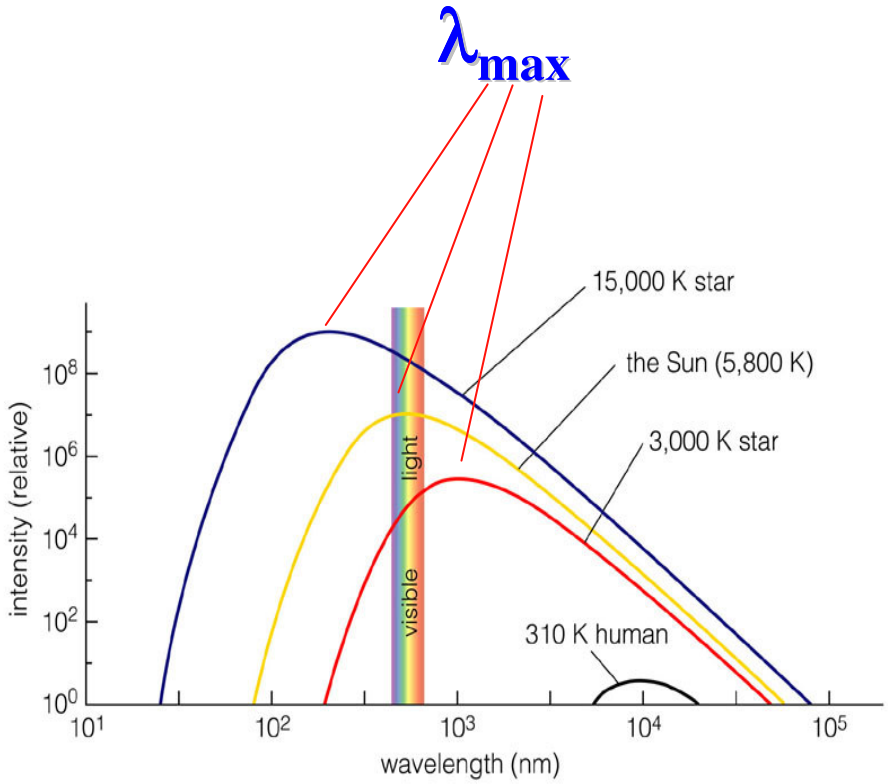
منحنيات بلانك لإشعاع النجوم

$$I = \frac{2hc^2\lambda^{-5}}{e^{hc/\lambda kT} - 1}$$

- حيث λ الطول الموجي للأشعة التي يبثها النجم و T درجة حرارة سطح النجم و h ثابت بلانك و k ثابت بولتزمان و c سرعة الضوء.

Planck's law قانون بلانك

✓ كلما ارتفعت درجة حرارة سطح النجم كلما كانت قمة منحنى الإشعاع عند أطوال موجية أقصر وهذا ما يظهره قانون فين للإزاحة والذي ينص على وجود علاقة عكسية بين درجات الحرارة والطول الموجي لأقصى إشعاعية.

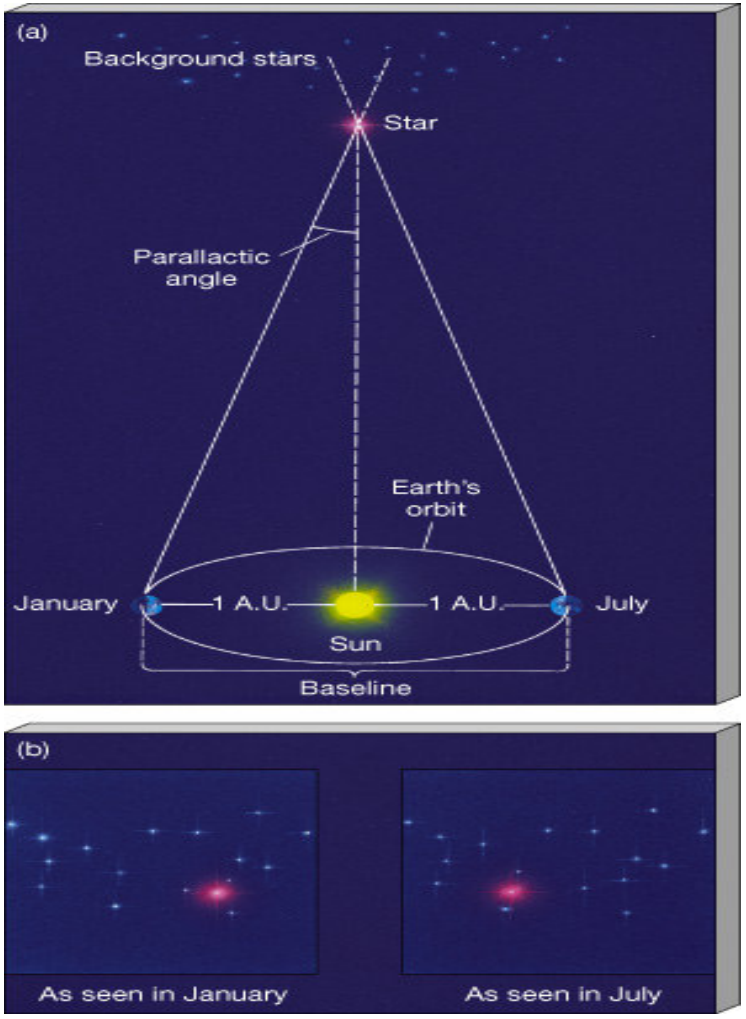


Wien Law

$$\lambda_{max} = \frac{3x10^6}{T}$$

λ_{max} in nm
T in ^oK

Stars distances أبعاد النجم



- **أولاً**: قياس البعد باستخدام زاوية اختلاف المنظر

$$d = \frac{1}{p}$$

- يقاس البعد بين النجم والشمس **d** بالبارسك.
والزاوية **p** (parallactic angle) بالثواني القوسية.

- **ثانياً**: قياس البعد بمعرفة القدرين الظاهري والمطلق:

Distance-Magnitude Relation:

$$M = m + 5 - 5\log(d)$$

- أو بصيغة أخرى:

$$d = 10^{0.2(m-M+5)}$$

- يقاس البعد **d** بالبارسك

- **مثال:** إذا كان بعد القمر **380 000** كم، فكم قدره المطلق؟ علما بأن قدره الظاهري **13-**.

- $d=380\ 000/(3.26x10^{13}) = 1.17x10^{-8}$ parsec
- $M=m+5-5\log(d)=32$
-

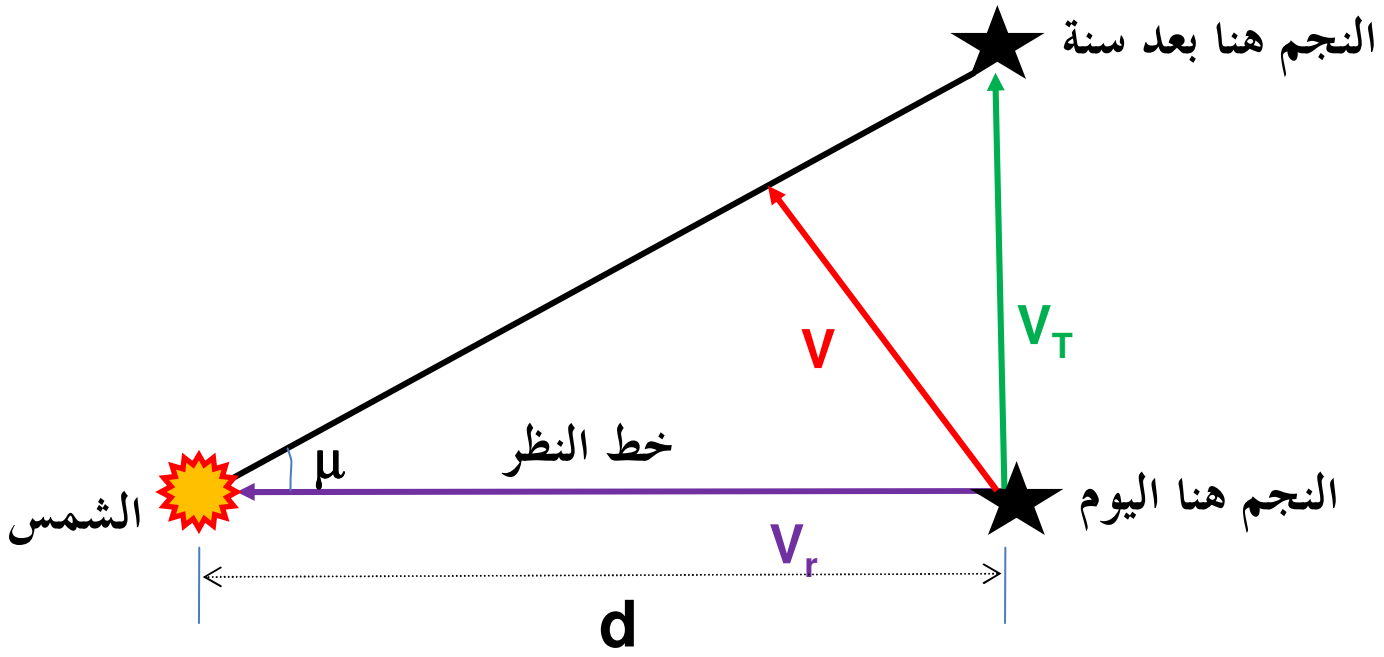
- **مثال:** نجم زاوية اختلاف منظره **"0.01** احسب بعده بالسنوات الضوئية.

- $d=1/p = 1/0.01 = 100$ parsec $= 326$ l.y

سرعات النجوم Stars velocities

يرصد الفلكيون سرعات مختلفة للنجوم منها ما نسميه الحركة الذاتيـــة proper motion ويرمز لها بالرمز μ وهي تقاس من مقارنة صور عديدة لنفس النجم رصدت في أوقات مختلفة لا تقل عن عشرات السنين. وهي من أصعب الخصائص في دراستها لاعتمادها على الوقت الطويل. كما يمكن للفلكيين من خلال تتبع الإزاحة الطيفية حساب ســـرعات النجـــوم الخطية radial velocity ويرمز لها بالرمز vr وهي أسهل السرعات في رصدها حيث أنها تعتمد على قياس الإزاحة الطيفية والتي يمكن تتبعهـــا مهما كان النجم أو المجرة بعيدة. كما يمكن حساب السرعة العمودية vT من خلال العلاقة التالية :

Stars velocities سرعات النجوم



- الزاوية μ صغيرة وتقاس بالثواني القوسية وتسمى الحركة الذاتية وهي الحركة الظاهرية الزاوية لنجم خلال سنة. وتغيرها ضئيل جدا، فهي تقاس بالثواني القوسية لكل سنة. من الشكل:

$$\mu'' = \left(\frac{v_T}{d}\right)(206256)$$

- حيث V_t السرعة العمودية، وهي ناتجة عن حركة النجم العمودية على خط النظر.

- وإذا قسنا المسافة **d** بالبارسك، والسرعة بوحدات كم\ث فإن العلاقة السابقة تصبح:

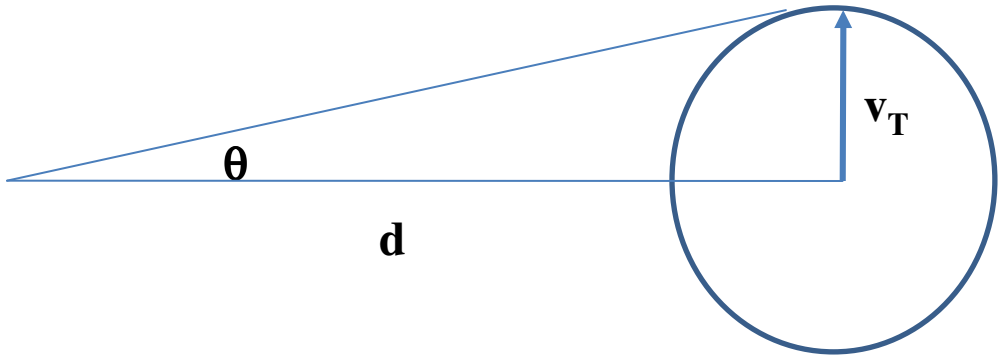
$$\mu'' = \frac{v_T}{(d)(4.74)}$$

- السرعة الخطية (V_r): ناتجة عن حركة النجم على خط النظر وهو الخط بين النجم والشمس (أو الراصد).

- **السرعة الفضائية أو الكلية (V_s): سرعة النجم بالنسبة للشمس. ومن الشكل:**

$$V_s = \sqrt{v_r^2 + v_T^2}$$

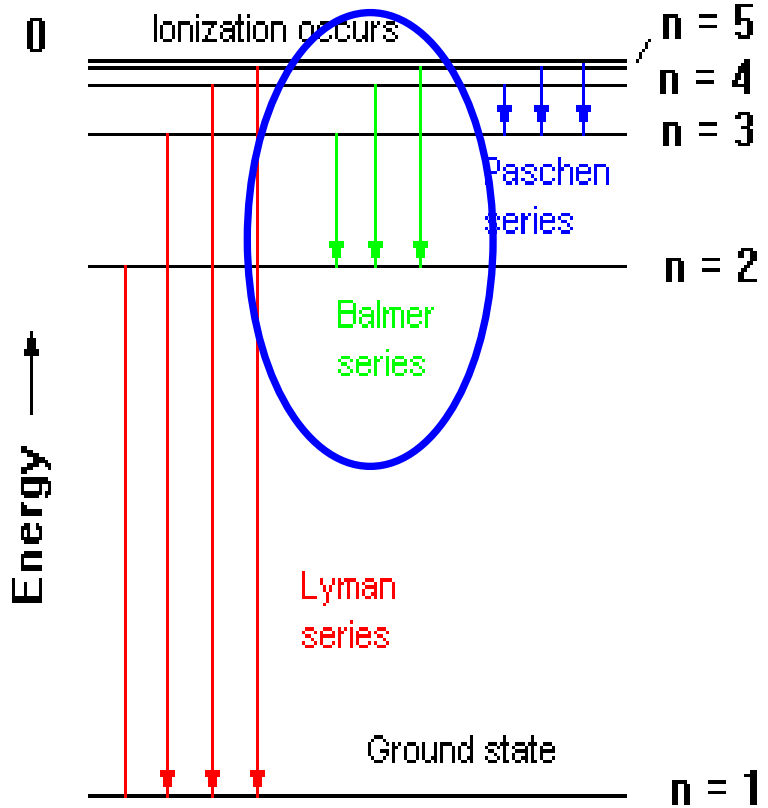
- تنطلق المواد من نجم نوفا بسرعة 100km/sec فإذا شغلت تلك المواد دائرة نصف قطرها "60 خلال 50 سنة، ما هو بعد هذا النجم؟



- θ=60" , t = 50 year
- μ=θ/t = 1.2 "/year

$$d = \frac{v_T}{(\mu)(4.74)} = \frac{100}{(1.2)(4.74)} = 17.6\ \text{par sec}$$

Stellar spectrum أطياف النجوم



- تظهر متسلسلة بالمر في المجال المرئي. ورصد النجوم كان يتم سابقا في الضوئي المرئي، وهذا يؤكد أهمية متسلسلة بالمر في تحديد أطياف النجوم.
- قسمت النجوم إلى الأطياف التالية

O B A F G K M

- قُسم كل طيف منها إلى عشرة أقسام فرعية من 0 إلى 9

- **قانون ستيفان Stefan's law**
- الطاقة التي يبعثها النجم من 1سم مربع في الثانية ودرجة حرارته هي:

$$E = \sigma T^4$$

- **قانون فين للإزاحة Wien's displacement law**
- تتغير ألوان النجوم حسب درجة حرارتها، النجوم الساخنة من النوع **O** زرقاء أو بنفسجية (طول موجي قصير)، أما النجوم **M** الباردة فهي حمراء (طول موجي كبير).

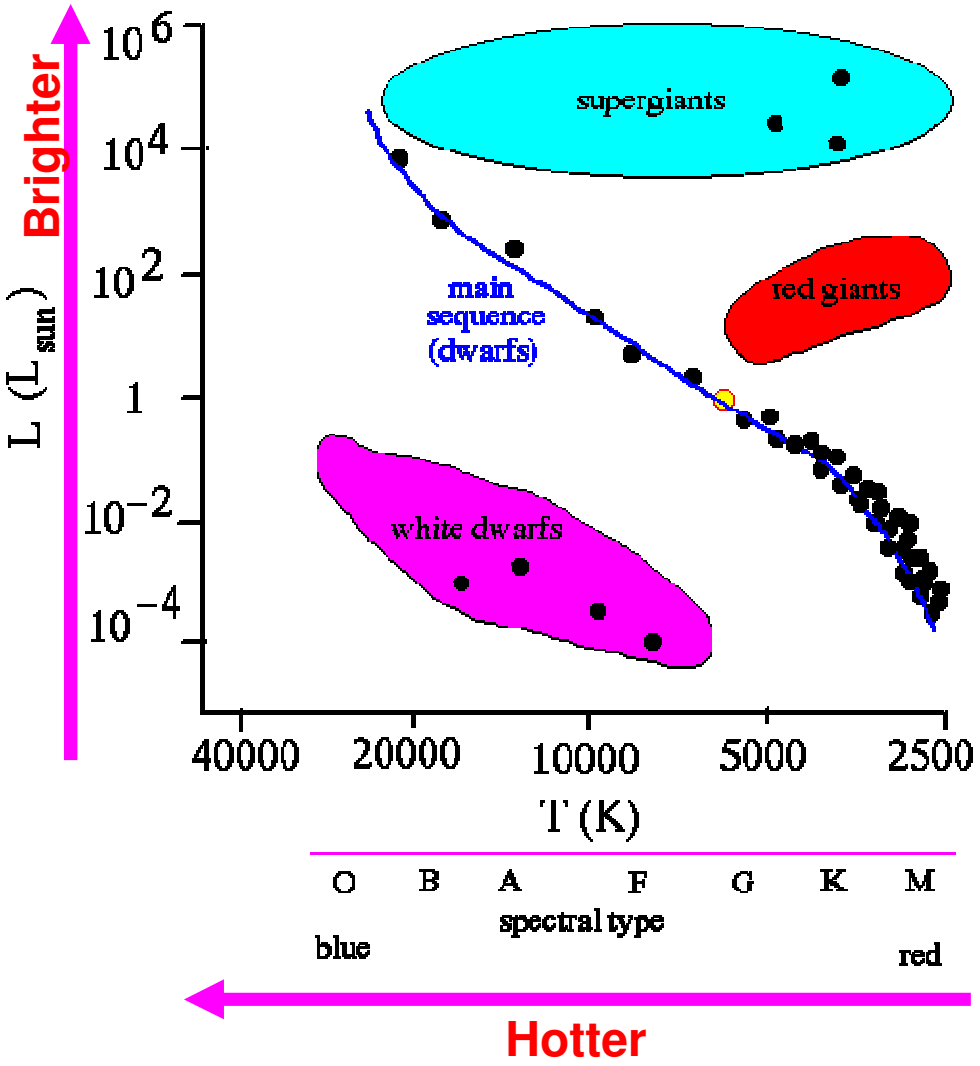
$$\lambda_{max} = \frac{0.3}{T} \quad cm$$

بناء على ماسبق:

- نجوم الطيف O: يتميز طيفها بخطوط هليوم متأين (نجوم ساخنة).
- نجوم الطيف B: خطوط هليوم غير متأين.
- نجوم الطيف A: خطوط هيدروجين.
- نجوم الطيف F: خطوط هيدروجين ومعادن متأينة (Ca, Fe, Cr).
- نجوم الطيف G: خطوط معادن متأينة.
- نجوم الطيف K: خطوط معادن غير متأينة.
- نجوم الطيف M: خطوط معادن غير متأينة وجزيئات TiO (نجوم باردة).

شكل H-R

Hertzprung-Russel diagram: 4main star types



- يمثل العلاقة البيانية بين نوع الطيف (درجة الحرارة أو الدليل اللوني) والقدر المطلق (الضياء).
- هو من أهم الوسائل المساعدة في معرفة الكثيرمن المعلومات عن خصائص النجوم.
- الضياء يزداد إلى أعلى، ودرجة الحرارة تزداد إلى اليمين باتجاه الطيف O.

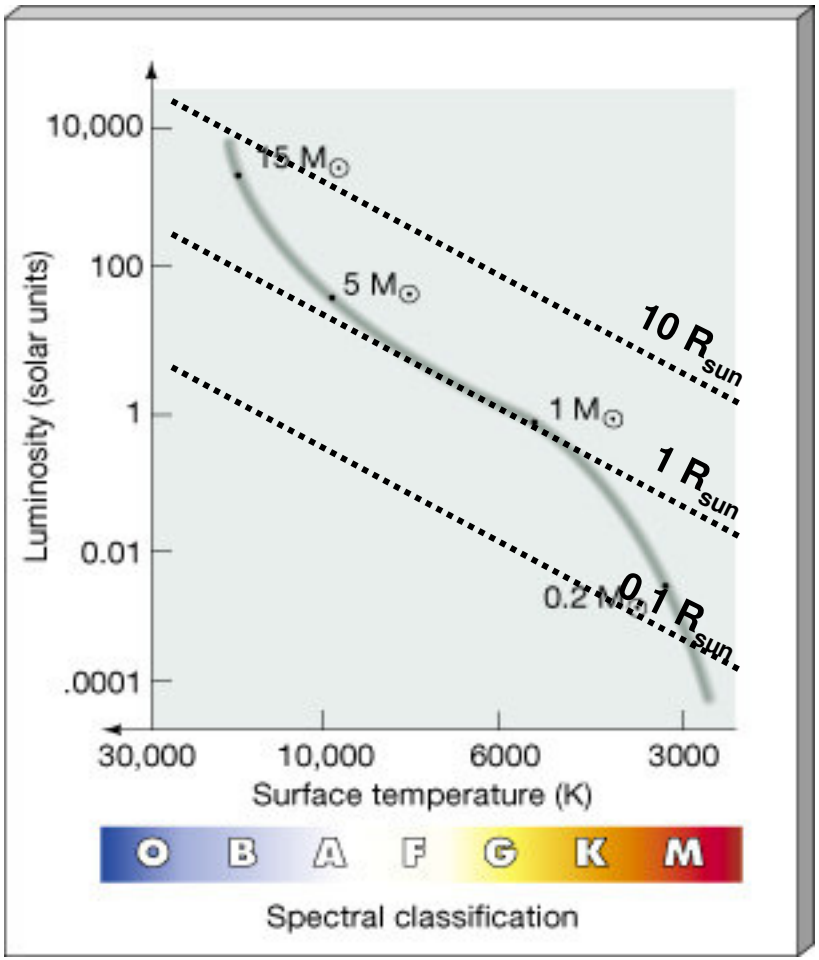
مقارنة بين ثلاثة نجوم مختلفة اللمعان

الخاصية	نجم لامع	الشمس	نجم خافت
الطيف	O	G	M
اللون	أزرق	أبيض مصفر	أحمر
درجة الحرارة (كالفن)	40–60 ألف	6000	3000
القدر المطلق	5–	5+	10+
نصف القطر (بالنسبة للشمس)	20	1	0.1
الكتلة (بالنسبة للشمس)	100	1	0.05

Types of Stars-Classification

Class	Temperature	Color
O	20,000- 60,000 K	Blue
B	10,000 – 30,000 K	Blue-white
A	7,500 – 10,000 K	White
F	6,000 – 7,500 K	Yellow-white
G	5,000 – 6,000 K	Yellow
K	3,500 – 5,000 K	Orange
M	2,000 – 3,500 K	Red

نجوم التسلسل الرئيس



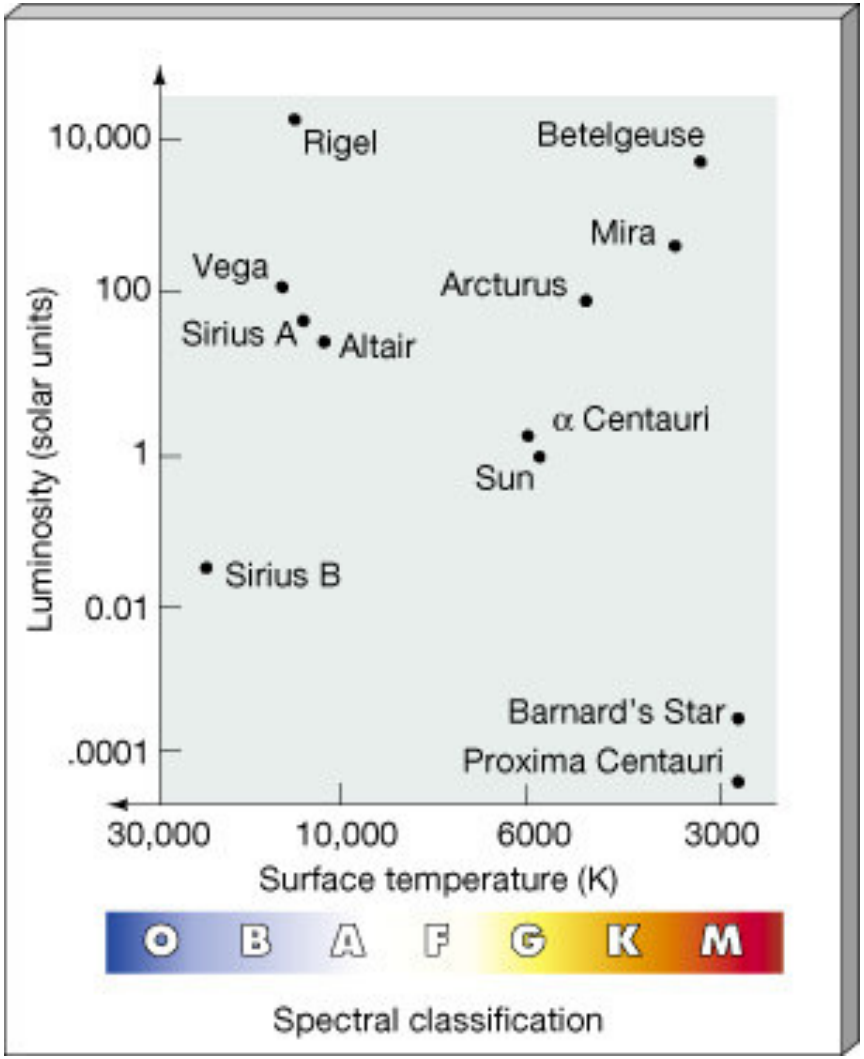
- تتفاوت نجوم التسلسل الرئيس كتلة وحجما.
- النجوم العملاقة الزرقاء ذات الطيف O تقع أعلاه:

$$M=15\ M_{sun}\ ,\ R=15\ R_{sun}$$

- النجوم الأقزام الحمراء ذات الطيف M تقع أسفله:

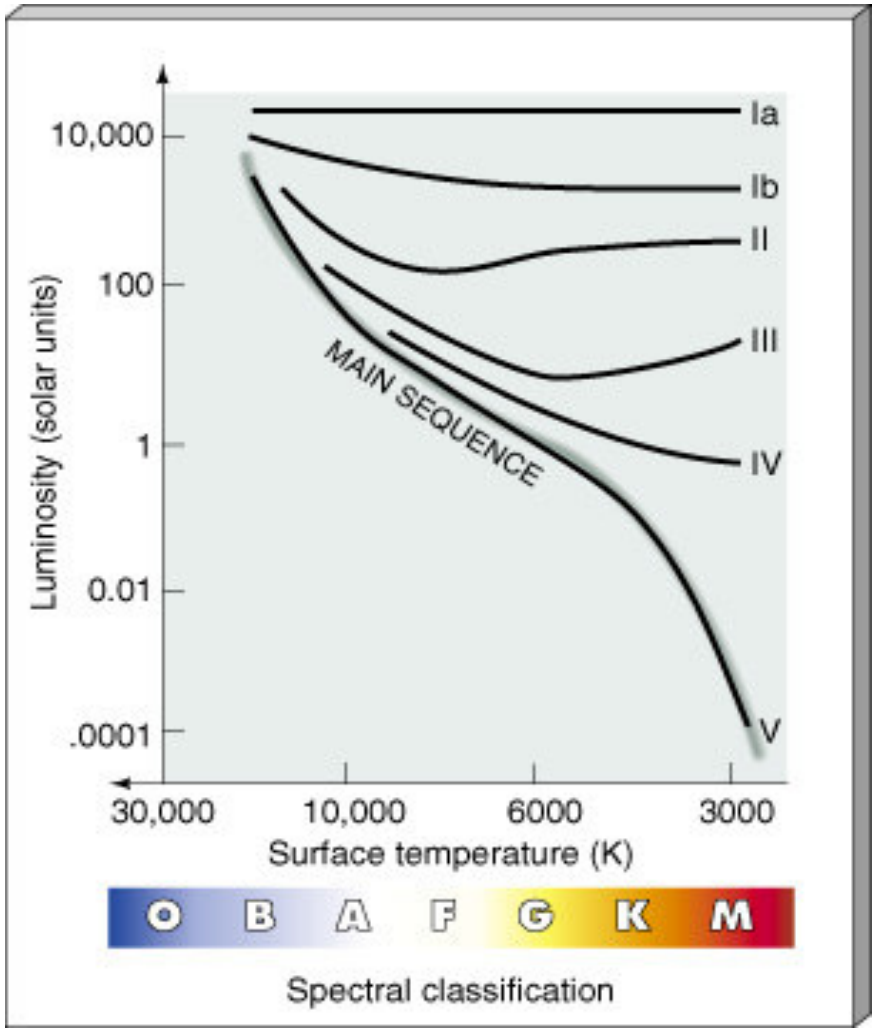
$$M=0.2\ M_{sun}\ ,\ R=0.1\ R_{sun}$$

مواقع بعض مشاهير النجوم على شكل H-R



- التسلسل الرئيس: النسر الواقع Vega. الشعر اليمانية Sirius، الطاير Altair، ألفا قنطورس α Centauri، الشمس، نجم برنارد، بروكسيما قنطورس.
- النجوم العملاقة: منكب الجوزاء Betelgeuse، الرِجِل Rigel ، ميرا، السماك الرامح Arcturus،.
- الأقزام البيضاء: رفيقي الشعرى اليمانية والشامية.

Luminosity classes أقسام الضياء



- نجوم فائقة العملقة لامعة Ia
- نجوم فائقة العملقة Ib
- نجوم عملاقة لامعة II
- نجوم عملاقة حمراء III
- نجوم أقل عملقة VI
- نجوم التتابع الرئيس V
- الشمس: G2V star

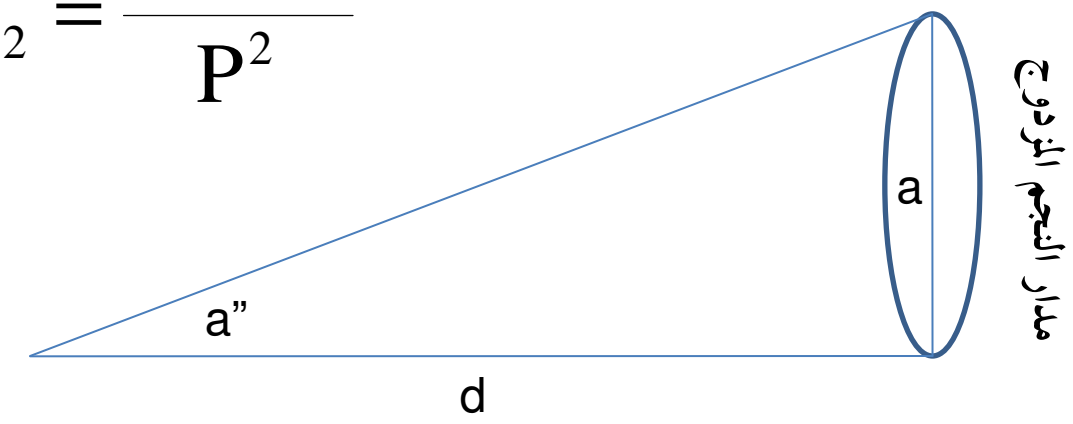
تحديد كتل النجوم Stellar masses

- لا توجد طريقة سهل ومباشرة لحسا ب كتل النجوم.
- أفضل وسيلة هي من خلال النجوم المزدوجة.
- نفترض أن نجمين في نظام مزدوج على بعد **d** صنعا مدارا محوره الكبير **a** ويمكن رصده كزاوية قوسية **a”**، إذا:

- **a** (in a.u.) = **d** (in parsec) **a”**

- من قانون كبلر المعدل:

$$m_1 + m_2 = \frac{(d\ a'')^3}{P^2}$$



- العلاقة بين الكتلة والضياء علاقة خطية تعطى بالعلاقة:

من خلال استخدام النجوم المزدوجة تمكن الفلكيون من حساب الكتلة لعدد كبير من النجوم. ومن خلال رسم علاقة بين الكتلة والضياء للنجوم وجد أنها علاقة خطية بسيطة. الضياء يزداد بزيادة الكتلة. ولاحقا من خلال الدراسات العملية والنظرية وضعت علاقة خطية بسيطة بين الكتلة والضياء كما يلي:

$$L \alpha M^{x}$$

حيث $x = 2$ في النجوم الباردة من النوعين الطيفيين **K,M** . وتساوي 3 في النجوم الطيفية الأخري أما الأرصاد الفلكية فتشير إلى أن **x** في حدود 3.5. ومن خلال حساب كتل النجوم سنلاحظ أنها تتراوح ما بين **100 – 0,05** كتلة شمسية.

حساب حجم النجم Stellar volume

- الطريقة المثلى لقياس حجم النجم هي باستخدام قانون الاشعاع، ضياء النجم يمثل طاقة النجم الكلية في الثانية:

$$L=(\text{surface area})\,(E) = (4\pi R^2)\,(\sigma T^4)$$

- حيث T الحرارة و R نصف قطر النجم و σ ثابت ستيفان– بولتزمان
- بمقارنة هذه العلاقة مع ضياء الشمس نحصل على:

$$\frac{R_{star}}{R_{sun}} = \left(\frac{L_{sun}}{L_{star}}\right)^{1/2}\left(\frac{T_{star}}{T_{sun}}\right)^{2}$$

مثال : نجم له $L = 400\ L_{sun}$ و $T=3000K$. احسب نصف قطر النجم

$$R* = \sqrt{400}\ \left(\frac{6000}{3000}\right)^{2} = 80\ R_{sun}$$

هذا النجم أبرد من الشمس، ولكنه أكبر منها في الحجم مما يؤكد أنه نجم في مرحلة العملاق الأحمر

Variable stars النجوم المتغيرة

- تمثل مرحلة من المراحل التي يعيشها النجم، بحيث يحدث تغير في اللمعان يصاحبه تمدد وانكماش في غلاف النجم (عدم اتزان هيدروستاتيكي).
- من أنواعها النجوم النابضة Pulsating stars، والجدول المجاور يعطي أهم أمثلة لهذه النجوم

نوع التجم	نوع الطيف	مدة اللمعان (يوم)	القدر المطلق
قيفاوي I	F-G فائقة التعملق	3-50	-5 to -1.5
قيفاوي II	F-G	5-30	-3.5 to 0
RR Lyrae	F-A عملاق أزرق	أقل من يوم	0 to 1

❖ النجوم القيفاوية Cepheid variables تتراوح فترات النبض لها من ثلاثة أيام إلى حدود شهرين ونجوم السلياق RR Lyrae variables تنبض في دورة تستغرق عدة ساعات فقط مما يعنى أنها قصيرة الدورة

قياس أبعاد الحشود والمجرات باستخدام النجوم النابضة

تستخدم في قياس أبعاد المجرات والحشود النجمية التى تكون موجودة بها. فحيث إن خواص هذه النجوم مدروسة بشكل جيد فيمكن التعرف على أي منها وذلك لأن هذه النجوم معلومة القدر المطلق، ويمكن التعرف عليها من دورة تغيرها، فإذا رصدت في حشد، فمن قياس القدر الظاهري لها وبمعرفتنا السابقة لقدرها المطلق يمكن حساب بعدها وبالتالى بعد الحشد الذي توجد داخله

- يمكن متابعة مدة تغير اللمعان للنجم القيفاوي، ورسم العلاقة بينها وبين القدر الظاهري، وهو ما يعرف بمنحنى الضوء.
- القدر المطلق للنجوم النابضة يعتمد على مدة تغير لمعانه:
- للنجوم القيفاوية I $M_v = -1.67 - 2.54 \log(\text{period})$
- للنجوم القيفاوية II $M_v = -0.27 - 2.54 \log(\text{period})$
- لنجوم RR Lyrae $M_v = 0.5$

بعض النقط المهمة

- تزداد نسبة اللمعان لنجمين بزيادة فارق الأقدار بينهما.
- الأنواع الطيفية للنجوم هي O, B, A, F, G, K, M.
- القدر الظاهرى هو القدر الذي نرصده للنجوم.
- القدرة المطلقة هو القدر الذي يأخذه النجم إذا كان على بعد 10 بارسك.
- القدر المطلق للنجوم يعبر عن حقيقة اللمعان الحقيقي للنجوم.
- يمكن استخدام الشكل H–R في التعرف على خصائص النجوم.
- تنتظم أغلب النجوم في خواصها على شريط التتابع الرئيس وتظل عليه أغلب حياتها.
- النجوم الساخنة تكون على شريط التتابع الرئيس من أعلى.
- النجوم الباردة تكون على شريط التتابع الرئيس من أسفل.
- ا لشمس من نجوم التتابع الرئيس وهي من النوع الطيفى G2 V.
- النجوم العمالقة الحمراء تكون فوق التتابع الرئيس، أما الأقزام البيضاء فتكون تحت التتابع الرئيس.
- يمكن حساب بعد النجم بمعلومية القدرين الظاهرى والمطلق.
- توجد الكثير من النجوم في نظام مزدوج بحيث يدور النجمان حول مركز جاذبيتهما.
- للنجوم المزدوجة أهمية كبيرة في حساب كتل النجوم والتعرف على بعض خواصها.
- النجوم المتغيرة هي نجوم غير ثابتة في مقدار لمعانها وحجمها، وهى تمثل حالة من الاضطراب تحدث للنجم في بعض مراحل حياته. فإذا دخل النجم في مرحلة اضطراب فإنه يتمدد أو ينكمش بشكل دورى فيظهر كنجم نابض أو منفجر.
- تعتبر النجوم المتغيرة وسيلة هامة في التعرف على أبعاد حشود النجوم والمجرات.