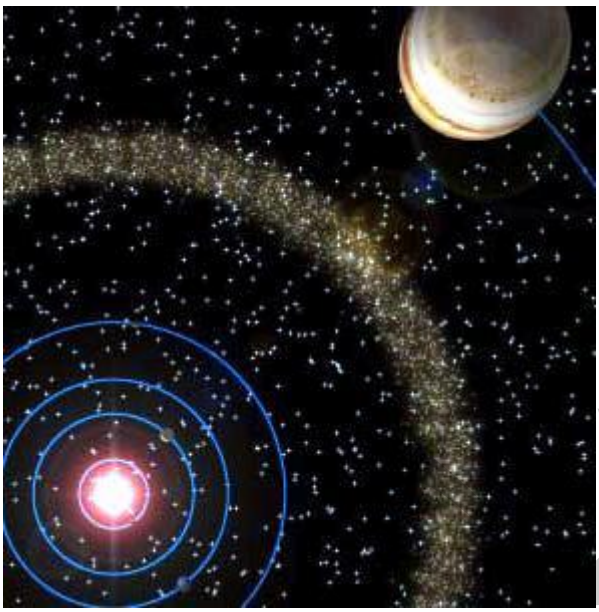
للغلاف الجوي الأرضي دورا كبيرا في حمايتنا من النيازك حيث يحولها لشهب محترقة. وقلما يصل نيزك إلى سطح الأرض. والنيازك التي وصلت سطح الأرض وجد أنها تتركب من نفس العناصر الكيميائية لباقي أجرام المجموعة الشمسية بما فيها كوكب الأرض.



المحاضرة السادسة عشر

الفصل الرابع

الخواص الفيزيائية للنجوم

1- أقدار النجوم: أقدار النجوم ( Star Magnitudes ) تتفاوت درجة لمعان النجوم في السماء للناظر إليها من الأرض ولان عامل البعد عن كوكب الأرض يؤثر في درجة هذا اللمعان فالنجوم القريبة منا ربما تبدو أكثر لمعانا من البعيدة عنا. وعلى العكس فالنجوم البعيدة يضعف لمعانها لبعد المسافة بيننا وبينها. أن المصطلح المستخدم في تقدير بريق النجوم أو شدة لمعانها يسمى قدر النجوم وقد اتفق علماء الفلك على تقسيم النجوم (التي يمكن رؤيتها سواء بالعين المجردة أو بالتلسكوب) إلى (23) قدرا ونحن لا نستطيع أن نرى بالعين المجردة إلا النجوم التي تنتمي إلى القدر السادس فقط. فأقل النجوم خفوتا (والتي يمكن رؤيتها بالعين المجردة ) تعتبر من القدر

السادس أما التي من القدر الخامس فيزيد لمعانها عنها مرتين ونصف تقريبا والتي من القدر الرابع اشد لمعانا من سابقتها في القدر مرتين ونصف أيضا، وهكذا...

تقسيم أقدار النجوم

وبذلك امكن تقسيم أقدار النجوم على النحو التالي:

| قدر النجم | نسبة اللمعان |
|---|---|
| القدر الأول | 100.00 |
| القدر الثاني | 39.8 |
| القدر الثالث | 15.85 |
| القدر الرابع | 6.31 |
| القدر الخامس | 2.51 |
| القدر السادس | 1.00 |

ويتضح من هذا الجدول أن النجوم التي من قدر معين تزيد لمعانا عن نجوم القدر التالي بحوالي 2.5 مرة. فنجوم القدر الأول تزيد 100 مرة في اللمعان عن نجوم القدر السادس أي أنه كلما قل القدر زاد اللمعان. وبنفس هذا المقياس نجد أن قدر الشمس كنجم هو ( 26.7- ) ونجوم الأقدار السالبة أكثر لمعانا من نجوم الأقدار الموجبة كما أن نجوم القدر (صفر) أشد لمعانا من نجوم القدر الأول. ولكي يلغي علماء الفلك عامل بُعد النجوم عنا فقد تخيلوا أن النجوم جميعا مصطفة على مسافة واحدة هي 10 بارسك (البارسك وحدة فلكية = 3.26 سنة ضوئية) وقارنوا في هذا الوضع التخيلي بين درجات تألقها. ويطلق على درجة اللمعان عند المسافة المذكورة اسم القدر المطلق Absolute Magnitude ولا تحدد الأقدار المطلقة للنجوم وفقا للمعانها المرئي لنا من سطح الأرض فقد يبدو النجم للعين خافتا وهو في حقيقة الأمر شديد اللمعان و لكنه يبعد عنا بعدا شاسعا. لذلك يجب أن نفرق بين أقدار النجوم وبين التماعها أي بريقها بالنسبة للراصد من سطح الأرض فنجم الشمس أكثر الأجرام الفضائية التماعا لنا ومع ذلك فالنجم فوق العملاق إبط الجوزاء يزيد لمعانه عن لمعان الشمس 3600 مرة و لكنه يبدو نجما عاديا في السماء. والسبب في ذلك يرجع إلى أن النجم إبط الجوزاء يبعد عنا 300 سنة ضوئية على حين أن الشمس تبعد عنا 8 دقائق ضوئية فقط.

وقد قسمت أقدار النجوم الى:

أ- الأقدار الظاهرية:

وضع في القرن التاسع عشر نظام من قبل الفلكي فخنر يسمى بقانون فخنر وهو:

$$m = c - 2.5 \text{ Log } b \quad \ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث

m: تمثل تسلسل القدر الظاهري للنجم و b تمثل لمعان النجم الظاهري (المجموع الكلي للطاقة الضوئية الواصلة من النجم)

c: تمثل المقياس الصفري لهذه الاقدار، لذلك نلاحظ ان تأثير الضوء على عين الانسان يتفق مع لوغاريتم اللمعان وليس مع اللمعان نفسه.

فاذا فرض ان الاقدار الظاهرية لنجمين $m_1$ و $m_2$ ولمعانهما الظاهرية $b_1$ و $b_2$ فعند استخدام المعادلة (1) نحصل على:

$$m_2 - m_1 = 2.5\log\frac{b_1}{b_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

ان الاقدار الظاهرية لاتعطي نتيجة صحيحة عن اللمعان الحقيقي للنجوم وذلك لأن بعد النجوم عن الارض يكون عاملاً رئيسياً الى جانب عوامل أخرى. فالنجم الهائل يكون لمعانه ضعيفاً اذا كان بعيد جداً عن الارض في حين ان النجم الصغير يكون أكثر لمعاناً من الاول فيما اذا كان قريباً من الارض. بالاضافة الى ذلك فأن b في معادلة (1) هو اللمعان الظاهري لأنه يمثل كمية الضوء الواصل للأرض. فاذا أردنا دراسة الخصائص الذاتية للنجوم ( المطلقة ) فلا بد في هذه الحالة من تحويل شدة اللمعان الظاهرية الى مطلقة والتي هي الطاقة المنبعثة من النجم خلال وحدة الزمن ومن أجل ذلك يجب معرفة بعد النجم أولاً

ب- الاقدار المطلقة:

لمعرفة اللمعان الحقيقي للنجم أي مقدار الطاقة المنبعثة من النجم خلال وحدة الزمن لابد لنا من التخلص من عامل المسافة فلهذا اتفق العلماء على اعتبار النجوم تقع على بعد واحد من الارض.
والمعروف ان اللمعان يعتمد على بعد النجم عن الراصد حسب قانون التربيع العكسي ( أي ان مقدار الطاقة الخارجة من النجم في وحدة الزمن من وحدة المساحة تتناسب عكسياً مع مربع ذلك البعد) فاذا فرضنا ان اللمعان الظاهري لنجم معين ($b_r$) حيث r: هو البعد بين النجم والراصد مقاسا بالفرسخ الفلكي. وعند مقارنة هذا النجم مع نجم آخر قياسي على بعد (10) ف.ف وان شدة لمعانه ($b_{10}$)، فيمكن وضع قانون التربيع العكسي كما يلي:

$$\frac{b_r}{b_{10}} = \frac{10^2}{r^2} \ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

$$\log\frac{b_r}{b_{10}} = 2 - 2\log r \ldots\ldots\ldots\ldots(5)$$

ومن معادلة (1)

$$m_r = c - 2.5\log (b)_r \ldots\ldots\ldots(6)$$
$$M_{10} = c - 2.5\log (b)_{10} \ldots\ldots\ldots(7)$$

ومن معادلة 5, 6, 7 نحصل على

$$M_{10} = m_r + 5 - 5\log r \ldots\ldots\ldots(8)$$

وبصورة عامة تصبح علاقة الاقدار المطلقة والظاهرية بالمسافة كما يلي :

$M_* = m_* + 5 - 5\log r_*$ .....(9)

حيث $M_*$ = القدر المطلق للنجم

$m_*$ = القدر الظاهري للنجم

$r_*$ = بعد النجم عن الراصد مقاسا بالفرسخ الفلكي ( ف.ف )

ويمكن وضع العلاقة (9) بدلالة زاوية اختلاف المنظر ( لأن $r_* = 1/ p''$ )

$M_* = m_* + 5 + 5\log p''$ .....(10)

في الارصاد الفلكية الدقيقة للنجوم الخافتة يؤخذ بنظر الاعتبار عادة تأثير عملية الامتصاص الحاصل من قبل السحب والعوالق الترابية في فضاء ما بين النجوم اضافة الى الامتصاص الحاصل بواسطة الغلاف الجوي الارضي. لذلك يجري الفلكيون تصحيحات على المعادلتين 9 و 10 كالاتي:

اذا فرض ان الامتصاص الكلي A مقاسا بالاقدار المطلقة تصبح المعادلتين اعلاه كالاتي:

$M_* = m_* + 5 - 5\log r_* - A$

$M_* = m_* + 5 + 5\log p'' - A$

مثال:

أوجد بعد النجوم التالية وزاوية اختلاف منظرها مستعيناً بالجدول التالي الذي يحتوي على كل من اقدارها الظاهرية والمطلقة ؟ ( اهمل تأثير الامتصاص الجوي ).

a) $m_* = 10$ $M_* = 5$

b) $m_* = 5$ $M_* = 15$

الحل :

(a) $M_* = m_* + 5 - 5\log r_*$

$5 = 10 + 5 - 5 \log r_*$

$r_* = 10^2$ (ف.ف) , $p'' = 1/ r_* = 10^{-2}$ ثانية قوسية

ج- الاقدار البولمترية أو المضرمية أو الاشعاعية:

ان الاقدار الظاهرية او المطلقة تمثل اقدار النجوم في اطوال موجية معينة، أي لا تشمل كافة الطاقات الكهرومغناطيسية المنبعثة من النجوم لهذا فمن الضروري استخدام أقدار تشمل الطاقة الاشعاعية الحرارية الكلية المنبعثة من النجوم. وهذه الاقدار تدعى الاقدار المضرمية او البولومترية والتي تمثل الاقدار المطلقة المقاسة بواسطة أجهزة حساسة لجميع الاطوال الموجية تدعى بالمضارم او البولومترات bolometers والبولومتر جهاز خاص حساس جدا لقياس كافة الاشعة الكهرومغناطيسية القادمة من الجرم السماوي ( أي مقياس الطاقة الاشعاعية الحرارية )

ان حساب الاقدار المضرمية بصورة مباشرة صعب نوعا ما والسبب هو ان بعض الاطوال الموجية للاشعة الكهرومغناطيسية المنبعثة من النجوم لا تخترق الغلاف الجوي الارضي وذلك لأن قسما منها يتشتت او يمتص من قبل المادة في فضاء ما بين النجوم ما عدا الشمس والنجوم المماثلة لها فان أغلبية أشعتها تصل الارض، لهذا يمكن حساب القدر البولمتري ( القدر المضرمي ) لها بصورة تقريبية. ولكن لا يمكن قياسه بالنسبة للنجوم الاكثر حرارة من الشمس والتي تقع اشعاعها ضمن الاطوال الموجية فوق البنفسجية. وكذلك الاجرام الابرد من الشمس التي تقع اشعاعها ضمن الاطوال الموجية تحت الحمراء. فلهذا تستخدم في هذه الحالة بعض الحسابات النظرية أو استعمال الصواريخ أو التوابع الاصطناعية او بوضع مراقب فلكية في مركبات فضائية تدور حول الارض فوق الغلاف الجوي.

## المحاضرة السابعة عشر

الوان النجوم ودرجة حرارتها

هناك العديد من انواع وأصناف النجوم، منها التي تحول الهيدروجين بشكل نشط بواسطة الاندماج النووي إلى الهيليوم في مركزها، وتدعى هذه النجوم بنجوم التسلسل الرئيسي (التسلسل الرئيسي هو المرحلة الأولى بعد الولادة).

نجوم التسلسل الرئيسي لها تركيب كيميائي مشابه لتركيب الشمس، النجم الأعلى كتلة في التسلسل الرئيسي هو الأكبر قطرا، والاكثر حرارة يكون ذو لون أزرق.

سبب اختلاف ألوان النجوم يعود لاختلاف درجة حرارة النجوم، فالنجوم الزرقاء تعتبر أكثر النجوم حرارة وأقلها عمراً، ومع استمرار النجم في التوهج يستهلك النجم طاقته من الهيدروجين والهيليوم ويبدأ بإنتاج العناصر الأثقل بسبب عملية الاندماج النووي في قلب النجم، ومع انخفاض الهيدروجين مع تقدم عمر النجم تقل تفاعلات الاندماج النووي فتنخفض درجة حرارة النجم ويتغير لونه نحو الأصفر ثم الأحمر. الأطياف الضوئية الأقرب للبنفسجي مثل الأزرق تكون أعلى طاقة من تلك الأقرب للأحمر، ولذلك تطلق النجوم الفتية والتي تكون درجة حرارتها عالية الطيف الأزرق بنسبة أعلى من باقي الأطياف الضوئية فتظهر هذه النجوم باللون الأزرق، وكذلك بالنسبة للنجوم الصفراء الأقل حرارة حيث يكون الطيف الأصفر هو الأعلى بين باقي الأطياف في مجموع طيف النجم.

الطيف الضوئي الواصل من النجوم لا يكون فقط بلون واحد، بل يطلق النجم الضوء بكل أطيافه لكن تكون نسبة لون معين أكثر من باقي الألوان. معظم النجوم بيضاء والسبب هو إطلاقها لجميع أطياف