المحاضرة الرابعة عشر

الفصل الرابع
الخواص الفيزيائية للنجوم

١ـ **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 ر بما تبدو أكثر لمعانا من البعيدة عنا. وعلى العكس فالنجوم البعيدة يضعف لمعانها لكبر 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 ٢٣ 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 ٢.٥ مرة. فنجوم القدر الأول تزيد ١٠٠ مرة في اللمعان عن نجوم القدر السادس أي أنه كلما قل القدر زاد اللمعان. وبنفس هذا المقياس نجد أن قدر الشمس كنجم هو (- ٢٦.٧) 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 بعد النجوم عنا فقد تخيلوا أن النجوم جميعا مصطفة على مسافة واحدة هي ١٠ بارسك (البارسك وحدة فلكية = **٣.٢٦** 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 ٣٦٠٠ مرة و لكنه يبدو نجما عاديا في السماء. والسبب في ذلك يرجع إلى أن النجم إبط الجوزاء يبعد عنا ٣٠٠ سنة ضوئية على حين أن الشمس تبعد عنا ٨ دقائق ضوئية فقط.

وقد قسمت أقدار النجوم الى:

أ: الأقدار الظاهرية:

وضع في القرن التاسع عشر نظام من قبل الفلكي فخنر ١٨٥٩ يسمى بقانون فخنر وهو:

$$m = c - 2.5 \log b \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

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 ١ نحصل على:

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

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 ١ هو اللمعان الظاهري لأنه يمثل كمية الضوء الواصلى 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

مثال (١):

ثلاثة نجوم A, B, C يبلغ القدر الظاهري للنجم A +١٢ قدراً والنجم B ألمع من النجم A بمقدار ١٠٠٠٠ مره ، أما النجم C فهو اقل خفوتاً من النجم A بمقدار ١٠٠٠٠ مره . فما أقدار النجمين B, C ؟

مثال (١):

ثلاثة نجوم A, B, C يبلغ القدر الظاهري للنجم A +١٢ قدراً والنجم B ألمع من النجم A بمقدار ١٠٠٠٠ مره ، أما النجم C فهو اقل خفوتاً من النجم A بمقدار ١٠٠٠٠ مره . فما أقدار النجمين B, C ؟

$$m_A - m_C = 2.5 \log \frac{b_C}{b_A}$$

$$+12 - m_C = 2.5 \text{Log} (1/10000)$$

$$m_C = +22^m$$

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 طاقة على بعد واحد من الارض نظرياً في حالة حساب هذه الطاقة على ان تكون هذه المسافة ١٠ فرسخاً فلكياً. لهذا تكون

الصيغة المستخدمة للقدر المطلق على انه القدر الظاهري للنجم عندما يكون على بعد ١٠ فرسخاً فلكياً (أي ٣.٢٦ سنة ضوئية) لأن الفرسخ الفلكي = ٣.٢٦ سنة ضوئية.
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 مقسياً بالفرسح الفلكي. وعند مقارنة هذا النجم مع نجم آخر قياسي على بعد ١٠ ف.ف وان شدة لمعانه b_{10} ، فيمكن وضع قانون التربيع العكسي كما يلي:

$$\frac{b_r}{b_{10}} = \frac{10^2}{r^2} \quad \text{.....(4)}$$

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

ومن معادلة (١)

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

ومن معادلة ٥، ٦، ٧ نحصل على

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

وبصورة عامة تصبح علاقة الاقدار المطلقة والظاهرية بالمسافة كما يلي :

$$M_* = m_* + 5 - 5\log r_* \quad \text{.....(9)}$$

حيث M_* = القدر المطلق للنجم
m_* = القدر الظاهري للنجم
r_* = بعد النجم عن الراصد مقاسا بالفرسخ الفلكي (ف.ف)

ويمكن وضع العلاقة (٩) بدلالة زاوية اختلاف المنظر (لأن $r_* = 1/p$)

$$M_* = m_* + 5 + 5\log p'' \quad \text{.....(10)}$$

ففي الارصاد الفلكية الدقيقة للنجوم بالخص الخافتة منها 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 ٩ و ١٠ كالاتي:
اذا فرض ان الامتصاص الكلي = A مقيسا 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) $M_* = m_* + 5 - 5\log r_*$

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

$r_* = 10^2$ Parsec , $p'' = 1/ r_* = 10^{-2}$ ثانية قوسية

ان اقدار النجوم تعتمد كليا على الوانها وعلى النظام المستخدم بالنسبة للاطوال الموجية ففي الدراسات الفوتومترية يقيس المرء عادة اللمعان النسبي للنجوم بالنسبة الى بعض النجوم القياسية والتي لها لمعان ظاهري معروف ، وهذا يعطي اللمعان الظاهري للنجوم عن طريق مقياس عام للاقدار وتسييتخدم عادة المرشحات وبعض اجهزة التضخيم لغرض الحصول على القياسات في مناطق معينة من الاطوال الموجية. فمن هذه الانظمة مثلآ نظام (UBV) والذي يعطي اقدارا في المنطقة فوق البنفسجية U ومنطقة اللون الازرق B والمنطقة المرئية او الصفراء V من الاطوال الموجية، ويرمز للاقدار المطلقة في هذه الحالة M_V, M_B, M_U على التوالي. ويمكن استخدام الفرق في هذه الاقدار لدراس توزيع الاطوال الموجي للضوء القادم من النجوم لأن الفرق بين قدرين يشكل مقياس للون النجم يدعى معامل اللون Colour index وقيمته تساوي $M_B - M_V$ بالنسبة للطول الموجي الازرق Blue والمرئي او الاصفر Visble أو $M_U - M_B$ بالنسبة للطول الموجي فوق البنفسجي Ultraviolet والطول الموجي الازرق.

فمثلا النجم الازرق يبدو اكثر لمعانا من خلال المرشحات الزرقاء مما هو عليه خلال المرشحات الصفراء فلهذا تكون قيمة معامل اللون $M_B - M_V$ لهذا النجم سالبة اما اذا كان النجم احمر فان القيمة الجبرية لمعامل اللون تكون موجبة . لذلك فان نعامل اللون هو مقياس او دليل للون النجم، ومن ثم يمكن معرفة درجة الحرارة السطحية للنجم بعد معرفة اللون.

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 (M_{bol}) البولومترية والتي تمثل الاقدار المطلقة المقيسة 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. ولبكن 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.