الخواص الفيزيائية للنجوم

النجم هو كتلة ملتهبة من الغاز يصدر الإشعاع منه بخلاف الكواكب التي لا يكون إشعاعها ذاتياً، وتتكون طاقته من التفاعلات النووية الاندماجية في باطنه، وأحجام النجوم متفاوتة، فبعضها أكبر من شمسنا بملايين المرات وبعضها قريب من حجم الكرة الأرضية. وتُشكل تجامع هائلة من النجوم ما يسمى بالمجرة Galaxy، فمثلاً تحوي مجرتنا درب التبانة لوحدها ما يُقدّر بمائة مليار نجم (10^{11})، وهي واحدة من مليارات المجرات في الكون الواسع.

مكتبة مريم
فوق النادي الطلابي

أقدار النجوم Stellar Magnitudes

أ- الأقدار الظاهرية Apparent Magnitudes

من المعروف أن النجوم تختلف في لمعانها الظاهري كما يراها الراصد. وقد قُسم اللمعان Brightness إلى درجات سُميت أقداراً Magnitudes، وهي مقاييس لوغارتمية للمعان بحيث تكون النجوم الأكثر لمعاناً أقل قدراً، ولا تستطيع العين المجردة رؤية النجوم التي يفوق قدرها الرقم (+6).

وقد وُضع قانون يسمى قانون فختنر يمثل العلاقة بين القدر الظاهري واللمعان كما يلي:

$$m = c - 2.5 \log_{10} b \qquad \text{.....(4-1)}$$

حيث m: تسلسل القدر الظاهري للنجم.

b: لمعان النجم (المجموع الكلي للطاقة الضوئية الواصلة من النجم).

c: كمية ثابتة تمثل المقياس الصفري لهذه الأقدار.

لذلك نلاحظ أن تأثير الضوء على عين الإنسان يتفق مع لوغاريتم اللمعان وليس مع اللمعان نفسه. وإذا كان الفرق بين القدر الظاهري لنجمين يعادل قدراً واحداً فإن نسبة لمعان النجمين هي 2.512 (وهذا الرقم ذو لوغاريتم يعادل 0.4).

وإذا فُرض أن القدرين الظاهرين لنجمين هما (m_1, m_2) ولمعانيهما الظاهريين هما (b_1, b_2) فعند استخدام المعادلة (4-1) نحصل على:

$$m_2 - m_1 = 2.5 \log_{10} \frac{b_1}{b_2} \qquad \text{.....(4-2)}$$

40

مكتبة مريم
فوق النادي الطلابي

$$\log_{10}\frac{b_1}{b_2} = 0.4(m_2 - m_1) \quad \text{.....(4-3)}$$

$$\frac{b_1}{b_2} = 2.512^{(m_2 - m_1)} \quad \text{.....(4-4)}$$

وبتطبيق المعادلة (4-4) يمكن ملاحظة العلاقة بين $(m_2 - m_1)$ والنسبة b_1 / b_2:

$m_2 - m_1$	1	2.5	5	10	20
b_1 / b_2	2.512	10	100	10000	10^8

إن الأقدار الظاهرية لا تعطي نتيجة صحيحة عن اللمعان الحقيقي للنجوم لأن بعد النجوم عن الأرض يكون عاملاً رئيساً إلى جانب عوامل أخرى، فالنجم الخامل يكون لمعانه ضعيفاً إذا كان بعيداً جداً عن الأرض، بينما يكون النجم الصغير أكثر لمعاناً إذا كان قريباً من الأرض.

مثال (1):

ثلاثة نجوم C,B,A... بلغ القدر الظاهري للنجم A : 12+ قدراً، والنجم B ألمع من النجم A بعشرة آلاف مرة. أما النجم C فهو أقل خفوتاً من النجم A بـ 10000 مرة، فكم يبلغ قدرا النجمين: C,B ؟

الحل:

أ- استخراج القدر الظاهري للنجم B:

$\log 10 = 1$

$\log 10^x = x \log 10 = x$

10^x هو $\log x$

if $\log x = y \Rightarrow x = 10^y$

$$\frac{b_B}{b_A} = 10000$$

$$m_A - m_B = 2.5 \log \frac{b_B}{b_A}$$

وعند استخدام المعادلة (4-2):

$$+12 - m_B = 2.5 \log 10000 = 2.5 \log 10^4 = 2.5 \times 4 \log 10 = 2.5 \times 4 \times 1 = 10$$

$$\therefore m_B = +2^m$$ (أي من القدر الثاني)

ب- استخراج القدر الظاهري النجم C:

$$\frac{b_C}{b_A} = 1/10000$$

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

$$+12 - m_C = 2.5 \log (1/10000) = 2.5 \times \log 10^{-4} = 2.5 \times (-4) \log 10 = -10 \times 1 = -10$$

$$+12 + 10 = m_C$$

$$\therefore m_C = +22^m$$

ب- الأقدار المطلقة Absolute Magnitudes:

لمعرفة اللمعان الحقيقي للنجم (الطاقة المنبعثة من النجم خلال وحدة الزمن) لابدّ من التخلص من عامل المسافة. فلهذا اتفق علماء الفلك على اعتبار النجوم واقعة على بعد واحد من الأرض نظرياً في حالة حساب هذه الطاقة، وهذا البعد المفترض هو عشرة فراسخ فلكية. لهذا تكون الصيغة المستخدمة للقدر المطلق على أنه القدر الظاهري للنجم عندما يكون على بعد عشرة فراسخ فلكية، والفرسخ الفلكي يعادل 3.26 سنة ضوئية.

والمعروف أن اللمعان يعتمد على بعد النجم عن الراصد حسب قانون التربيع العكسي (أي إن مقدار الطاقة الواصلة من النجم في وحدة الزمن من وحدة المساحة تتناسب عكسياً مع مربع ذلك البعد). وعليه فلنفرض أن اللمعان الظاهري لنجم معين هو b_r حيث r هو البعد بين النجم والراصد مقيساً بالفرسخ الفلكي. وعند مقارنة هذا النجم مع نجم آخر قياسي على بعد 10 ف.ف وشدة لمعانه b_{10} يمكن وضع قانون التربيع العكسي كما يلي:

$$\frac{b_r}{b_{10}} = \frac{10^2}{r^2} \qquad .....(4-5)$$

$$\log\frac{b_r}{b_{10}} = 2-2\log r \qquad .....(4-6)$$

ومن المعادلة (1-4):

$$m_r = c - 2.5\log b_r \qquad .....(4-7)$$

$$M_{10} = c - 2.5\log b_{10} \qquad .....(4-8)$$

ومن المعادلات (4-6) و (4-7) و (4-8) نحصل على:

$$M_{10} = m_r + 5 - 5\log r \qquad .....(4-9)$$

وبصورة عامة تصبح علاقة الأقدار المطلقة والظاهرية بالمسافة كما يلي:

$$M = m + 5 - 5\log r \qquad .....(4-10)$$

حيث M : القدر المطلق للنجم.

m : القدر الظاهري للنجم.

r : بعد النجم عن الراصد مقيساً بالفرسخ الفلكي (ف.ف).

ويمكن وضع العلاقة (4-10) بدلالة زاوية اختلاف المنظر (لأن $r = 1/p''$) حيث p" هي الثواني القوسية

$$M = m + 5 + 5\log p'' \qquad .....(4-11)$$

ويجري الفلكيون تصحيحات على المعادلتين السابقتين بسبب تأثير عملية الامتصاص الحاصل من قبل السحب والعوالق الترابية في فضاء ما بين النجوم إضافة إلى الامتصاص الحاصل بواسطة الغلاف الجوي الأرضي، وكما يلي:

$$M = m + 5 - 5\log r - A$$

$$M = m + 5 + 5\log p'' - A$$

حيث (A): الامتصاص الكلي مقاساً بالأقدار المطلقة

مثال (٢):

جد بعد النجمة التالية وزاوية اختلاف منظرها إذا علمت بأن قدرها الظاهري m=10 وقدرها المطلق M=5. (أهمل تأثير الامتصاص الجوي).

الحل:

$$M = m + 5 - 5 \log r$$

$$5 = 10 + 5 - 5 \log r \rightarrow 5 \log r = 10 \rightarrow \log r = 2 \rightarrow r = 100 \text{ Parsec}$$

وبالثواني القوسية: $p'' = 1/r = 0.01''$

ج- الأقدار المضرمة أو الإشعاعية Bolometric Magnitudes:

إن الأقدار الظاهرية والمطلقة تمثل أقدار النجوم في أطوال موجية معينة ولا تشمل جميع الطاقات الكهرومغناطيسية المنبعثة من النجوم. لهذا فمن الضروري استخدام أقدار تشمل الطاقة الإشعاعية الحرارية الكلية المنبعثة من النجوم، وهذه الأقدار تدعى بالأقدار المضرمية، والتي تقاس بأجهزة تتحسس جميع الأطوال الموجية القادمة من الأجرام السماوية.

ألوان النجوم ودرجات حرارتها

بما أن لون الضوء في الطبيعة يعتمد على طول موجة أو تردد الإشعاع الذي يصل حاسة البصر، فإن الأجرام السماوية ذات الدرجات الحرارية المختلفة يتناسب اللون الظاهر منها مع درجة الحرارة السطحية للنجم طبقاً لقانون بلانك في الإشعاع. فمثلاً يبعث النجم الأزرق معظم إشعاعه ضمن الأطوال الموجية التي تتراوح بين (4300–5000)Å°. أي إن توزيع طاقة النجم في أطوال موجية تعتمد على درجة حرارته السطحية. لذلك فمن معرفة لون النجم يمكن تقدير طول الموجة التي تلازمه. وبدلالة طول الموجة الضوئية يمكن تشخيص حرارته السطحية بالاستعانة بمنحنى بلانك (وهي نفس الطريقة التي تستخدم في تعيين درجة الحرارة السطحية للشمس). ففي الشكل (٤ - أ) نلاحظ توزيع طاقة الإشعاع المنبعث من النجوم في درجات حرارة مختلفة. (ولقياس طاقة الإشعاع يستخدم الأطياف المسجل Spectrograph لكل طول موجي، أو استخدام عدد من المرشحات ذات الأطوال الموجية المختلفة).

وكذلك يمكن استخراج درجة الحرارة السطحية للنجوم باستخدام قانون فين Wien Law الذي ينص على إن λ_{max} تتناسب عكسياً مع درجات الحرارة المطلقة للجسم الأسود، أي ان: $[\lambda_{max} = a / T]$

حيث a: ثابت = 0.28969 cm.k° Å

λ_{max}: الطول الموجي بوحدة السنتيمتر الذي يبعث عنده المشع المثالي أعظم كمية من الطاقة.