# تجربة رقم (١٢)

- **الغرض**

حساب قيمة كمية فيزيائية y لنجم المقابلة لنوعة الطيفى وذلك باستخدام طريقة لاجرانج للأستكما ل

من الداخل من بين قيم جدولية تربط الكمية الفزيائية مع الأنواع الطيفية للنجوم

- **أساسيات**

أسحق نيوتن ( 1727-1642) اول من اشار الى ان ضوء الشمس يتكون من الوان مختلفة بدءاً من اللون الأحمر وانتهاءاً الى اللون البنفسجى ، وذلك بامرارة ضوء الشمس فى منشور، ومشاهدة الضوء الخارج من المنشور

ويليام وولاستون (1822-1766) اول من قام ببناء جهاز الطيف ،وتمكن من مشاهدة اربع خطوط طيف ماصة تتخلل طيف الشمس

چوزيف فرونهوفر (1826-1787) قام برصد طيف الشمس وتمكن من تحديد 574 خطاً اسوداً يتخلل طيفها المستمر الامع وقد استبعد فرونهوفر فكرة ان هذة الخطوط الطيفية تنتج عن جو الأرض حيث ان طيف النجوم يختلف عن طيف الشمس وقد لاحظ فرونهوفر توافقاً بين خطوط طيف الشمس وخطوط بعض العناصر فى المعامل الأرضية ،غير انة لم يستنبط اى شئ من تلك الملاحظة

كيرشوف (1887-1824) وبنزن (1899-1811) اجريا العديد من التجارب عن طيف المواد فى حالاتها المختلفة من درجات الحرارة والكثافة ومن خلالها توصل كيرشوف الى قوانينة الثلاثة المشهورة:

١- طيف الأجسام الصلبة او السوائل او الغازات ذات الكثافة العالية حينما نرفع درجة حرارتها ، يتكون من طيف مستمر لامع

٢- طيف الغازات المخلخلة حينما نرفع درجة حرارتها ، يتكون من خطوط طيفية لامعة

٣- إذا جئنا بغاز مخلخل ووضعناة امام مادة صلبة او سائلة او غازية ذات كثافة عالية وكانت درجة حرارة الغاز اقل من دراجة حرارة تلك المادة ،فان الطيف الناتج يتكون من الطيف اللامع الناتج من تلك المادة بالاضافة الى خطوط طيفية ماصة والتى تناظر تماماً خطوط طيف الغاز المخلخل اللامعة التى تظهر لو وضعنا الغاز فقط امام جهاز الطيف

من قوانين كيرشوف امكن تفسير ظهور الخطوط الطيفية السوداء التى تظهر على الطيف اللامع المستمر للشمس. فقد فسرت هذة الخطوط الى انها نتيجة لقانون كيرشوف الثالث اى انها تنتج من خروج ضوء من داخل سطح الشمس ، ومرورة فى طبقات من الغازات كثافتها ودرجة حرارتها اقل

هيجنز (1864) ،ولوكير (1868)، اهتما بظاهرة تشابة الخطوط الطيفية فى طيف الشمس والنجوم بالخطوط التى تشاهد فى المعامل الأرضية وقد توصلا الى النتيجة المعروفة ، ان خطوط طيف الشمس والنجوم تنتتج من نفس العناصر الموجودة فى الأرض ، اى ان المادة فى جميع انحاء الكون تتكون من نفس العناصر

هذا ولقد كان يعتقد ، فى اواخر القرن الماضى ان السدم المشعة ،خاصة فى سديم الجبار ،انها تتكون من نجوم قريبة جداً من بعضها البعض. وقد ثيت خطأ هذا الاعتقاد ، حين اخذ طيف تلك السدم وتبين انها تختلف تماما عن طيف النجوم ، وانها تتكون من خطوط طيفية لامعة، ومن قانون كيرشوف الثانى استنبط ان سديم الجبار لابد وان يتكون من غازات مخلخلة متوهجة. ولم يتمكن الفلكيون ان يعرفو كنة المواد التى تتكون منها الغازات الا بعد مضى ما ينيف عن الربع القرن ، حينما تبين لهم ان هذة الغازات ماهى الأ غاز الأكسچين المتأين $O^{++}$، وكان الفلكيون ، قبل هذا الأكتشاف ، يطلقون عليها اسم مادة عنصر السديم

وبعد وجود العديد من النجوم التى اخُذت اطيافها ، ابتدء الاهتمام بتقسيم اطياف النجوم ، وقد كان العالم سيش الايطالى ، اول من قام بمحاولة جدية فى هذا الصدد حيث قسم النجوم من حيث شكل طيفها الى

اربع انواع مختلفة ، اطلق عليها الانواع I, II , III ,VI ولقد وجد ان هذا التقسيم لايخرج عن كونة تقسيماً طبقاً للون النجم، حيث ان كل مجموعة تتميز بلون معين

واثار تقسيم سيش اهتمام العالم الفلكى ، الذى احس يضرورة الحصول على اطياف نجوم اكثر عدداً من التى كانت متاحة فى ذلك الوقت٠ ولقد اقترحوا ان يضعو جهاز المنشور امام فتحة المنظار ، وبذلك يحصلو على طيف مئات النجوم مرة واحدة ، وهذة الاطياف تكون مصورة على اللوحة الوتوغرافية ، مما يمكنهم من دراسة اطياف هذة النجوم مرة واحدة وفى اوقات مناسبة لهم بدلا من الطريقة التى كانو يستخدمونها قبل ذلك والتى كانو يضعون فيها جهاز المطياف امام عينية المنظار ويشاهدون الطيف بالعين المجردة

وابتدأ برنامج قياس طيف النجوم ، بغرض دراسة انواع اطيافها المختلفة ،ابتدأ هذا البرنامج فى مرصد جامعة هارفارد ، تحت اشراف العالم الفلكى بيكرنج ،فى هذا البرنامج الضخم والذى يطلق علية برنامج تقسيم هارفارد لأطياف النجوم ، اخذت أطياف مئات الألاف من النجوم وبعد دراستها قسمت الى الأنواع الطيفية التالية:O,B,A,F,G,K,M,R,N,S

يوجد انواع طيفية اضافية لاتنتمى لهذة المتتابعة نظراً للتباين الكبير فى تركيبها الكيمائى وهذة الأنواع هى:R,N,S

ولقد تبين من خلال هذا التقسيم ان الدليل اللونى يتغير من القيم السالبة (تقسيم O) الى القيم الموجبة (تقسيم M)،او من اللون البنفسجى الى اللون الأحمر٠ كما وجد ان الطيف يناظر تغير فى درجة الحرارة ، بحيث تقل درجة الحرارة كلما اتجهنا من النوع الطيفى O الى النوع الطيفى M

ولقد قسمت اطياف النجوم ،التى تقع بين كل تقسيمين متتالين ،الى اقسام اصغر ، مستخدمين التقسيم العشرى فى الحالات التى تقع بين الأنواع الطيفية، فمثلاً ، عندما نتكلم عن نجم نوعة الطيفى يناظر A5، اى النجم الذى تقسيمة الطيفى وسطاً بين B,A والنجم الذى تصنيفة الطيفى F2، طيفة اقرب الى النوع

F، منة الى النوع G، وهكذا يمكنا ان نتكلم عنالنجوم التى تصنيفة الطيفى $K0, A9, G5, M0$ وهكذا

التصنيف الطيفى o: يميز طيفة وجود خطوط الهليوم المتأين

التصنيف الطيفى B: يميز طيفة أساسا وجود خطوط الهليوم المتعادل

التصنيف الطيفى A: يميز طيفة أساسا وجود خطوط الهيدروچين القوية

التصنيف الطيفى $\begin{cases} F \\ G \end{cases}$: يميزهما وجود خطوط الهيدروچين الضعيفة وخطوط المعادن

وخطوط قوية للكلسيوم المتأين

التصنيف الطيفى K: خطوط الهيدروچين فية ضعغفية جدا وخطوط المعادنتنموأقوى

التصنيف الطيفى M:ليس بة خطوط هيدروچين وبة خطوط أكسيد التيتانيوم (Tio)و

خطوط الأكسجين اكثر من خطوط الكربون

التصنيف الطيفى R: يتوفر فى نجومة الكربون بصورة اقوى

التصنيف الطيفى N: من خطوط الكربون بة أقوى من خطوط الأكسجين

التصنيف الطيفى S: يوجد بة خطوط أكسيد الزركانيوم(Zro)

يوجد العديدمن العلاقات التى تربط الأنواع الطيفية للنجوم مع خواصها الفيزيائية وتكون

عادة هذة العلاقات جدولية . على سبيل المثال يبين جدول S6.1 علاقة اللون ودرجة

الحرارة بالنوع الطيفى

تتطلب كثيراً من مسائل الفلك حساب قيمة كمية فيزيائية معينة y (مثلاً) لنجم نوعة الطيفى معلوم x

(مثلاً) فإذا كان النوع الطيفى x لهذا النجم ضمن الجداول التى تربط الكمية الفيزيائية

واالأنواع الطيفية ،ففى هذة الحالة يمكنا بسهولة قرءاة قيمة الكمية الفيزيائية المقابلة للنوع الطيفى من هذة الجداول مباشراً.اما إذا كان النوع الطيفى للنجم ليس ضمن هذة الجداول فيتطلب الأمر فى هذة الحالة استخدام الأستكمال بين البيانات الجدولية لحساب $y$ عند قيمة $x$

جدول S6.1: علاقة اللون والدليل اللونى ودرجات الحرارة مع التصنيف الطيفى للنجوم

| التصتيف الطيفى | اللون | درجة الحرارة |
|---|---|---|
| O | بنفسيجى | أكبر من $25000^{o}$ |
| B | أزرق | $11000\text{-}25000^{o}$ |
| A | أزرق مبيض | 7500-11000 |
| F | أصفر مبيض | 6000-7500 |
| G | أصفر | 5000-6000 |
| K | برتقالى | 3500-6000 |
| M | أحمر | أقل من 3500 |

باستخدام N( مثلاً) من القيم المتاحة $y_i$ للكمية الفيزيائية المقابلة للأنواع الطيفية $x_i$ حيث $i = 1,2,\cdots,N$. ولكن عند استخدام طريقة من طرق الأستكمال بين بيانات جدولية $(x_i, y_i)$ يستلزم أن تكون $x_i$ وايضا $x$ اعداداً حقيقية وليست رموزاً كما فى حالة التعامل مع الأنواع الطيفية (على سبيل المثال $O5, B0, G2$ وهكذا)كمتغير مستقل.وللتغلب على هذة الصعوبة يجب اولاً أن نتزكر أن الأنواع الطيفية (كما اشرنا سابقاً) متتابعة متصلة وعلية فيمكنا تمثيل

هذة الأنواع بمتسلسة رقيمية متصلة تبدأ بالرقم ١ للنوع الطيفى O5 وتنتهى بالرقم 65.5 للنوع M9.5 كما فى جدول S6.2

جدول S6.2 : الأرقام الكودية للأنواع الطيفية للنجوم

| النوع | الكود | النوع | الكود | النوع | الكود |
|---|---|---|---|---|---|
| O5 | 1 | B6 | 12 | A8 | 24 |
| O6 | 2 | B7 | 13 | A9 | 25 |
| O7 | 3 | B8 | 14 | F0 | 26 |
| O8 | 4 | B9 | 15 | F1 | 27 |
| O9 | 5 | B9.5 | 15.5 | F2 | 28 |
| O9.5 | 5. 5 | A0 | 16 | F3 | 29 |

| النوع | الكود |
|---|---|
| G1 | 37 |
| G2 (الشمس) | 38 |
| G3 | 39 |
| G4 | 40 |
| G5 | 41 |
| G6 | 42 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| G7<br>٤٣ | 30 F4 | 17 A1 | 6 B0 |
| G7.5<br>43.5 | 31 F5 | 18 A2 | 6.5 B0.5 |
| G8<br>44 | 32 F6 | 19 A3 | 7 B1 |
| G9<br>45 | 33 F7 | A4<br>20 | 8 B2 |
| K0<br>46 | 34 F8 | 21 A5 | 9 B3 |
| K1<br>47 | 35 F9 | 22 A6 | 10 B4 |

جدول7.2S (تابع)

| | | | |
|---|---|---|---|
| M4<br>60 | M0<br>56 | K6<br>52 | K2<br>48 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| M5 61 | 57 M1 | K7 53 | K3 49 |
| 62 M6 | 58 M2 | K8 54 | K4 50 |
| 63 M7 | 59 M3 | 55 K9 | K5 51 |
| M8 64 | | | |
| M9 65 | | | |
| M9.5 65.5 | | | |

وعلى سبيل الأمثلة عند إيجاد y للنوع الطيفى O9.5 نعتبر قيمة $x = 5.5$ وللنوع G5 نعتبر $x = 41$ وللنوع K0.5 نعتبر قيمة $x = 45.5$ وهكذا.

يختص النظام الحالى لحساب قيمة كمية فيزيائية y لنجم نوعة الطيفى x باستخدام طريقة لاجرانج للأستكمال من الداخل من بين N من القيم الجدولية $(x_i, y_i)$ التى تربط قيم الكمية

الفيزيائية مع الأنواع الطيفية. ويجب أن يلحظ أن عدد البيانات المستخدمة تحدد وفقاً للدقة المطلوبة وفى هذا الصدد فإن كثيرة حدود لجرانج من الرتبة الرابعة او الخامسة $(N = 6, N = 5)$ هى تقربيا كافيا لايجاد $y$ لمعظم الحالات.

**●المدخلات**

١- $M$ من الأنواع الطيفية

٢-$M$ من قيم الكمية الفيزيائية $y_j; j = 1,2,\cdots,M$ المقابلة للأنواع الطيفية

٣-النوع الطيفى $x$ التى عندها المطلوب حساب قيمة الكمية الفيزيائية $y$

**● المخرجات**

$y$

**● مصادر حسابية و(أو) بيانية**

١- النظام الحسابى المساعد A7

٢-جدول للقيم الفيزيائية المقابلة للأنواع الطيفية المختلفة

**● الخطوات الحسابية**

١- خصص لكل نوع من الأنواع الطيفية المعطاة الرقم الكودى المناسب وفقاً لجدول S6.2 للحصول على $\breve{x}_j; j = 1,2,\cdots,M$

٢- خصص للنوع الطيفى x الرقم الكودى المناسب وفقاً لجدول S6.2

٣- إذا كانت قيمة النوع الطيفى x أحدى القيم $\breve{x}_j; j = 1,2,\cdots,M$ اذهب للخطوة ٧

٤-احصر قيمة النوع الطيفى x بين N من لـــ M قيم $\breve{x}_j; j = 1,2,\cdots,M$ حيث $N \prec M$ ولتكن هذة القيم

$x_i; i = 1,2,\cdots,N$

٥-ستدعى النظام الحسابى المساعد A7 باستخدام قيم $N, x, (x_i, y_i); i = 1,2,\cdots,N$ لحسلب قيمة الكمية الفيزيائية y

٦- اذهب للخطوة ٨

٧- تأخذ قيمة y المقابلة للنوع الطيفى مباشراً من البيانات المعطاة

٨- انتهت الخطوات الحسابية

**●أمثلة**

اعتبر جدول S6.3 الذى يمثل العلاقة بين النوع الطيفى عم القدر المطلق المرئى $M_V$ لبعض نجوم

التتابع الريئسى ذات الأستضاءة من الطراز V ، اوجد:

١- قيمة $M_V$ للنوع الطيفى A5

٢- قيمة $M_V$ للنوع الطيفى B0

٣- قيمة $M_V$ للنوع الطيفى F3

٤- قيمة $M_V$ للنوع الطيفى G0

**● الحل**

M=15,العمود الثانى من الجدول S6.3 يعطى الرقم الكودى للأنواع الطيفية المعطاة وفقاً لجدول S6.2

جدولS6.3: العلاقة بين النوع الطيفى والقدر المطلق المرئى $M_V$ لبعض نجوم التتابع الريئسى ذات الأستضاءة من الطراز V

| الطيف | $\bar{x}$ | $M_V$ | الطيف | $\bar{x}$ | $M_V$ | الطيف | $\bar{x}$ | $M_V$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O9 | 5 | -3.6 | A5 | 21 | 2.2 | F7 | 33 | 4.3 |
| O9.5 | 5.5 | -3.5 | A7 | 23 | 2.4 | F8 | 34 | 4.4 |
| B0.5 | 6.5 | -2.8 | F0 | 26 | 3.0 | G1 | 37 | 4.9 |
| B1 | 7 | -2.3 | F2 | 28 | 3.3 | G2 | 38 | 5.0 |
| B2 | 8 | -1.9 | F5 | 31 | 3.7 | G5 | 41 | 5.2 |

١-♦ A5 لها الرقم الكودى 21

♦ بما أن x=21 احدى القيم $\bar{x}_j; j = 1,2,\cdots,15$ فعلية تأ خذ قيمة $M_V$ المقابلة لقيمة $\bar{x} = 21$ مباشراً فنجد $M_V = 2.2$

٢-♦ B0 لها الرقم الكودى 6

♦ بما أن $x = 6$ ليست احدى القيم احدى القيم $\breve{x}_j ; j = 1,2,\cdots,15$ فعلية ننفذ الأتى:

♦ اعتبر N=5 ، احصر x بين $x_i ; i = 1,2,3,4,5$ حيث

$$x_5 = 8,\ x_4 = 7,\ x_3 = 6.5\ , x_2 = 5.5\ , x_1 = 5$$

♦ ستدعى النظام الحسابى المساعد A7 باستخدام قيم $N, x, (x_i, y_i) ; i = 1,2,\cdots, N$ فنجد أن :

$$L_1 = -0.111\ ;\ L_2 = 0.533\ ; L_3 = 0.889\ ; L_4 = -0.333\ ; L_5 = 0.022$$

♦ وعلية فإن قيمة $M_V\ (= y)$ المقابلة اللنوع الطيفى B0 هى :

$$M_V = y = L_1 \times (-3.6) + L_2 \times (-3.5) + L_3 \times (-2.8) + L_4 \times (-2.3) + L_5 \times (-1.9) = -3.23$$

٣-♦ F3 لها الرقم الكودى 29

♦ بما أن $x = 29$ ليست احدى القيم احدى القيم $\breve{x}_j ; j = 1,2,\cdots,15$ فعلية ننفذ الأتى:

♦ اعتبر N=5 ، احصر x بين $x_i ; i = 1,2,3,4,5$ حيث

$$x_5 = 31,\ x_4 = 28,\ x_3 = 26\ , x_2 = 23\ , x_1 = 21$$

♦ ستدعى النظام الحسابى المساعد A7 باستخدام قيم $N, x, (x_i, y_i) ; i = 1,2,\cdots, N$ فنجد أن :

$$L_1 = -0.051\ ;\ L_2 = 0.2\ ; L_3 = -0.64\ ; L_4 = 1.371\ ; L_5 = 0.12$$

♦ وعلية فإن قيمة $M_V\ (= y)$ المقابلة اللنوع الطيفى F3 هى :

$$M_V = y = L_1 \times (2.2) + L_2 \times (2.4) + L_3 \times (3.0) + L_4 \times (3.3) + L_5 \times (3.7) = 3.416$$

٤-♦ G0 لها الرقم الكودى 36

♦ بما أن $x = 36$ ليست احدى القيم احدى القيم $\breve{x}_j ; j = 1,2,\cdots,15$ فعلية ننفذ الأتى:

♦ اعتبر N=5 ، احصر x بين $x_i ; i = 1,2,3,4,5$ حيث

$$x_5 = 41,\ x_4 = 38,\ x_3 = 37\ , x_2 = 34\ , x_1 = 33$$

♦ ستدعى النظام الحسابى المساعد A7 باستخدام قيم $N, x, (x_i, y_i) ; i = 1,2,\cdots, N$ فنجد أن :

$$L_1 = -0.125\ ;\ L_2 = 0.357\ ; L_3 = 1.25\ ; L_4 = -0.5 ; L_5 = 0.018$$

♦ وعلية فإن قيمة $M_V\ (= y)$ المقابلة اللنوع الطيفى G0 هى :

$$M_V = y = L_1 \times (4.3) + L_2 \times (4.4) + L_3 \times (4.9) + L_4 \times (5.0) + L_5 \times (5.2) = 4.75$$

**●تمارين**

١-اعتبر جدول S6.4 الذى يمثل العلاقة بين النوع الطيفى ودرجة الحرارة الفعالة $T_{eff}$ لبعض النجوم العملاقة ذات الأستضاعة من الطراز III. أوجد $T_{eff}$ للأنواع الطيفية M2, K5 ,K0

٢- أوجد كثير الحدود الأحادية من الدرجة الثالثة التى تمثل علاقة الأنواع الطيفية من K1 الى K4

ودرجة الحرارة الفعالة $T_{eff}$ ثم استنتج قيمة $T_{eff}$ للأنواع الطيفية K1.5 ,K3.5

جدول S6.4 : العلاقة بين النوع الطيفى ودرجة الحرارة الفعالة($K^o$) $T_{eff}$ لبعض النجوم العملاقة ذات الأستضاعة من الطراز III

| الطيف | $T_{eff}$ | الطيف | $T_{eff}$ | الطيف | $T_{eff}$ | الطيف | $T_{eff}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| G5 | 5010 | K2 | 4460 | M0 | 3660 | M4 | 3100 |
| G8 | 4870 | K3 | 4210 | M1 | 3600 | M5 | 2950 |
| K1 | 4580 | K4 | 4010 | M3 | 3300 | M6 | 2800 |