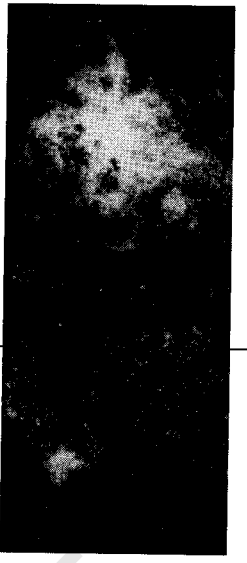
2

الضوء والمقاريب



حبُّ الاستطلاع من الصفات الحتمية الباقية التي تميَّز العقل الفاعل.

The Rambler صموئيل جونسون (1709 ـ 1784)

الأهداف:

- وصف الطبيعة الموجيّة للضوء، وكيف يتولَّد وكيف ينتقل.
- تعرُّف أهم مناطق الطيف الكهرطيسي من أقصر طولٍ موجيٍّ إلى أطول طولٍ موجيّ.
- بيان علاقة الطول الموجيّ بالتردُّد.
- بيان العلاقة بين لون نجمٍ ودرجة حرارته.
- ذكر النوافذ (المناطق الطيفية) الثلاث في الغلاف الجوي الأرضي بحسب أهميتها في علم الفلك الرصدي.
- شرح طريقة عمل المقاريب الكاسرة والمقاريب العاكسة.

obeikandl.com

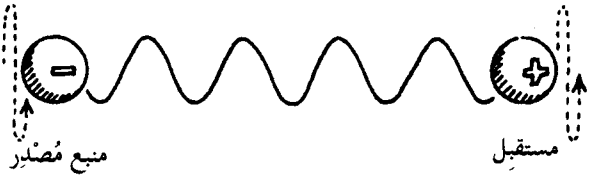
- تعريف مقدرة التجميع الضوئي، ومقدرة الفصل (المَيْز)، والتكبير في المقاريب.
- إيراد أهم عاملَيْن في أداء المقراب.
- الغرض من راسم الطيف.
- شرح طريقة عمل المقاريب الراديوية، وذكر بعض المنابع الراديوية الهامة.
- لماذا تقام المقاريب تحت الحمراء في مواقع جافةٍ وعاليةٍ جداً؟ وما هي الأجرام التي ترصدها؟
- لماذا يتعيَّن عمل المقاريب فوق البنفسجية والمقاريب السينية ومقاريب أشعة غاما بالضرورة فوق الغلاف الجوّي للأرض؟ وما هي الأجرام التي تدرسها؟

1.2 ما هو الضوء؟

إن معرفتنا بالكون مستمدةٌ في معظمها من تحليل ضوء النجوم. ولتفسير آلية انتقال ضوء النجوم تريليونات الكيلومترات في الفضاء ليصل إلى المقاريب الراصدة، يمثِّل علماءُ الفلك الضوءَ شكلاً من أشكال الحركة الموجيّة.

والموجة wave اضطرابٌ صاعدٌ وهابط ينقل الطاقةَ من منبعٍ مُصْدر إلى جهةٍ مستقبِلة دون انتقال فعليٍّ للمادة. ويمكن ملاحظة حركة الأمواج بوضوحٍ في البحر المحيط، حيث تُظهِر الأمواجُ البحرية المتلاطمة في الجوِّ العاصفِ ما تحمله من طاقة إظهاراً ناطقاً.

وموجة الضوء light wave اضطرابٌ كهرطيسيٌّ مؤلَّف من ظواهر كهربائية ومغنطيسية سريعة التغيُّر، تنتقل الطاقةُ بفعلها من شحناتٍ كهربائية متسارعة في النجوم (المنبع) إلى شحناتٍ كهربائية في شبكية عينك



الشكل 1.2 رسم تمثيلي لموجة ضوء.

(المستقبِل) (الشكل 1.2). وسرعان ما تدرك تلك الطاقة بالنظر إلى ضوء النجوم.

ما هي الموجة؟ .....

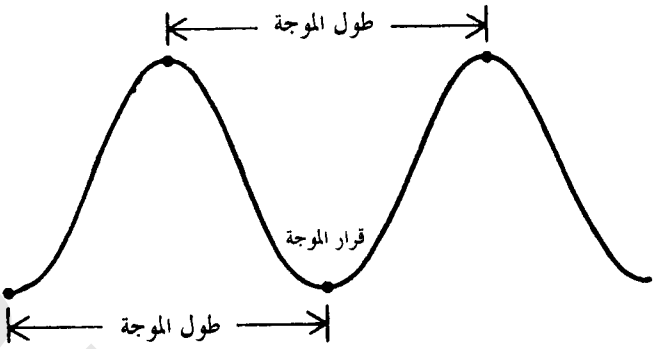
.....

الجواب: الموجةُ اضطرابٌ صاعدٌ وهابط ينقل الطاقةَ من منبَعٍ مُصْدر إلى مستقبِل دون انتقالٍ فعليٍّ للمادة.

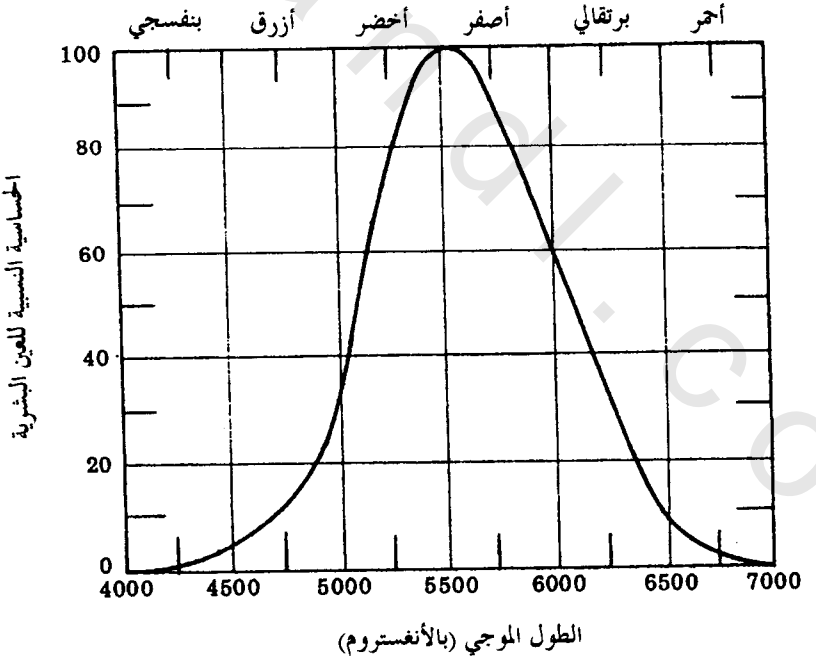
2.2 طول الموجة

تتميَّز الأمواجُ الضوئية بأطوالها؛ ويسمى البُعد بين أيّ نقطةٍ على موجةٍ ما ونظيرتها على الموجة التالية، كالبُعد بين ذروتَيْ موجتين مثلاً، طول الموجة wavelength (الشكل 2.2).

تستجيب العين البشرية للأمواج ذات الأطوال الموجية القصيرة جداً. يُطلَق على هذه الأمواج التي تولِّد الرؤية اسم الضوء المرئي light visible (الشكل 3.2). ويقيس الفيزيائيون هذه الأمواج بواحدة النانومتر (nm) nanometer، ويستعمل علماءُ الفلك عموماً واحدة الأنغستروم (Å) angstrom unit نسبةً إلى الفيزيائي السويدي آندرز أنغستروم Anders J. Angstrom (1814-1874) الذي كان أول من قاس الأطوال الموجيّة لضوء الشمس بواحدات



الشكل 2.2 طول الموجة، مقيساً بين ذروتين أو بين قرارَين.



الشكل 3.2 الحساسية النسبية للعين البشرية لمختلف ألوان الضوء المرئي وأطواله الموجية.

obeikandl.com

النانومتر، علماً بأن 1 نانومتر = 10^{-9} من المتر، و 1 أنغستروم = 0,10 نانومتر. ولتمثيل ذلك حسبك أن تعلم أن قطر شعرةٍ واحدة من رأسك يعادل 500،000 أنغستروم!

وللضوء المرئي أطوالٌ موجيَّة تقع بين 4000 و7000 أنغستروم. ويُدرَك تبايُنُ الأطوال الموجيّة للضوء المرئي على صورة ألوان colors مختلفة. يُسمّى ترتيب الألوان وفقاً للطول الموجيّ الطَّيفَ المرئي visible spectrum.

استعن بالشكل 3.2 في تحديد: (أ) لون الضوء الأقصر موجةً .....؛ (ب) لون الضوء الأطول موجةً .....؛ (ج) الطول الموجيّ (اللون) عندما تكون حساسية العين أعظمية .....

الجواب: (أ) البنفسجي؛ (ب) الأحمر؛ (ج) 5550 أنغستروم (بين الأصفر والأخضر).

3.2 الطيف الكهرطيسي

ليس الضوءُ المرئي إلا جزءاً صغيراً من كامل الإشعاع الكهرطيسي في الفضاء؛ فالطاقة تنتقل أيضاً على شكل أشعة غاما وأشعة سينية وإشعاعٍ فوق بنفسجي وإشعاعٍ تحت أحمر وأمواج راديوية.

تبدو أشكالُ الإشعاع هذه مختلفةً بعضها عن بعض بسبب تنوُّع مجالات الاستفادة منها: فالأطباء يستعملون أشعةَ غاما في معالجة الأمراض السرطانية، والأشعةَ السينية لأغراض التشخيص الطبي. وتضفي الأشعةُ فوق البنفسجية على بشرتك لونَ سُفْعَة الشمس، على حين تمنحك الأشعةُ تحت الحمراء الدفءَ والحرارة. أما الأمواج الراديوية فتُستعمل في الاتصالات.

إن كلَّ أشكال الإشعاع هذه هي في واقع الأمر من نوع الطاقة الأساسي ذاته المتمثل بالضوء المرئي. وهي تختلف في خصائصها بسبب اختلاف

الإشعاع الكهرطيسي اسم المنطقة	طول الموجة (سم)	التردد (عدد الدورات في الثانية)
أشعة غاما	قصير 10^{-9}	تردُّد عالٍ 10^{21}
أشعة سينية	10^{-6}	10^{16}
أشعة فوق بنفسجية	3×10^{-5}	10^{15}
مرئي		
أشعة تحت حمراء	10^{-4} 10^{-1}	10^{14} 10^{11}
أمواج ميكروية	1	10^{10}
مَرْكَبات فضائية	10^{2}	10^{8}
تلفزة و FM	10^{3}	10^{7}
أمواج قصيرة	10^{4}	10^{6}
موجات راديوية AM	10^{5} 1 km طويل	10^{5} 300 kHz تردد منخفض

بنفسجي
أزرق
أخضر
أصفر
برتقالي
أحمر

موجات راديوية

الشكل 4.2 يستغرق الطيفُ الكهرطيسي الإشعاعَ الكهرطيسي كلَّه، من الأقصر موجةً والأعلى ترددُاً (أشعة غاما) إلى الأطول موجةً والأدنى ترددُاً (الأمواج الراديوية).

obeikandl.com

أطوالها الموجيّة؛ فأقصرُ الأمواج تَحمل أكبرَ طاقة، وأطولُها أصغرها طاقة. نسمّي طيفاً كهرطيسياً electromagnetic spectrum جملةَ الأمواج الكهرطيسية مرتَّبةً بحسب أطوالها الموجيّة.

والأمواج الكهرطيسية من الأطوال الموجيّة كافة هي ذاتُ أهميةٍ لعلماء الفلك لأن كلاً منها يوفّر دليلاً مفتاحاً لمصدره.

بالرجوع إلى الشكل 4.2 اذكر ستة أشكال للإشعاع الكهرطيسي اعتباراً من أقصر الأمواج (الطاقة العليا) إلى أطول الأمواج (الطاقة الدنيا) .....

.....

الجواب: أشعة غاما، الأشعة السينية، الأشعة فوق البنفسجية، الضوء المرئي، الإشعاع تحت الأحمر، الأمواج الراديوية.

4.2 مجال الأطوال الموجيّة

ما هو مجال الأطوال الموجيّة التي يستغرقها الطيف الكهرطيسي كله؟ .

.....

.....

الجواب: تتفاوت الأطوال الموجيّة من قياسٍ لا يتجاوز جزءاً واحداً من تريليون (10^{-12}) من المتر في حالة أقصر أشعة غاما إلى قياسٍ يزيد على الكيلومتر (10^{3} متر) في حالة أطول الأمواج الراديوية.

5.2 سرعة الضوء

تنتقل أنواعُ الأمواج الكهرطيسية كافةً عبر الخواء بسرعةٍ واحدة هي سرعة الضوء. وتقدَّر سرعة الضوء في الخواء ـ التي يُرمز لها عادةً بالحرف C ـ بـ 300،000 كم/ ثانية (186،000 ميل/ ثانية).

سُمِّيت سرعةُ الضوء في الخواء «حدّ سرعة الكون» speed limit of the universe، وذلك لعدم وجود جِرمٍ معروف يمكن أن يتحرك بسرعة تفوق سرعة الضوء. إن الرقم الدالَّ علىً سرعة الضوء هو بالفعل من أهم الأرقام وأكثرها دقَّةً في علم الفلك (الملحق 2).

والسنة الضوئية light year (أو 1y اختصاراً) هي المسافة التي يقطعها الضوء عبر الخواء في عامٍ واحد، [وبها تقدَّر المسافات الفلكية].

كم كيلومتراً (ميلاً) تمثِّل السنةُ الضوئية الواحدة؟ استفد مما يأتي:

(1) المسافة = السرعة x الزمن

(2) عام واحد = 3,156 × 10^7 ثانية

الجواب: قرابة 9,5 تريليونات كيلومتر (أو 6 تريليون ميل).

طريقة الحل: 300،000 كم/ ثا × 3,156 × 10^7 ثانية/ سنة

(187،000 ميل/ ثا × 3,156 × 10^7 ثانية/ سنة)

6.2 التردُّد الموجيّ

يمكن وصف الحركة الموجيّة من حيث التردُّد وطول الموجة؛ فتردُّد frequency حركةٍ موجيَّة يُعرَّف بعدد الأمواج المارّة بنقطةٍ ثابتة في زمنٍ معيَّن، وتقاس بـ عدد الدورات في الثانية cycles per second (cps).

تستجيب عين الإنسان للأمواج الضوئية المختلفة الألوان ذات التردُّدات العالية جداً. ويتفاوت تردُّد موجات الضوء المرئي من $4,3 \times 10^{14}$ دورة/ ثانية للأمواج الحمراء اللون إلى 7.5×10^{14} دورة/ ثانية للأمواج البنفسجية، وتقع الألوان الأخرى بينهما.

وفي حالة الأمواج الراديوية، نسمي دورةً واحدة في الثانية بواحدة

الهرتز hertz (Hz)، نسبةً إلى الفيزيائي الألماني هاينريش هرتز (1857 ـ 1894) الذي كان أول من تمكّن من توليد أمواجٍ راديويةٍ مخبرياً. وتَستقبل منظومةُ تضمينٍ مطالي AM radio أمواجاً راديويةً ذات ترددات تقع ما بين 550 و1650 كيلوهرتز KHz (kilohertz)؛ علماً بأن: 1000cps = 1KHz. هذا في حين يقع نطاقُ تضمينٍ تردّدي FM band بين 88 و 108 ميغا هرتز MHz (megahertz)؛ علماً بأن: 1000,000cps = 1MHz.

عُدْ إلى الطيف الكهرطيسي المبيَّن في الشكل 4.2. أيُّ الأمواج:

(أ) أعلى تردُّداً من أمواج الضوء المرئي؟ .....

(ب) أدنى تردُّداً من أمواج الضوء المرئي؟ .....

الجواب: (أ) أشعة غاما، الأشعة السينية، الإشعاع فوق البنفسجي.

(ب) الإشعاع تحت الأحمر، الأمواج الراديوية.

7.2 الطول الموجيّ والتردُّد

هل بإمكانك استنباط علاقةٍ عامة تربط طول هذه الأمواج الكهرطيسية بتردُّدها؟ .....

.....

الجواب: إن طول الموجة متناسبٌ عكساً مع التردُّد؛ فالأمواج القصيرة تكون أعلى تردُّداً، في حين تكون الأمواج الطويلة أدنى تردُّداً (نسبيّاً).

8.2 انتشار الموجات (الحركة الموجية)

إن العلاقة التي وجدتَها آنفاً هي مثالٌ لصيغةٍ تصحّ لجميع أنواع الحركة الموجيّة:

obeikandl.com

سرعة الموجة = التردُّد x طول الموجة

يمكن استعمال هذه الصيغة لحساب تردُّد أي نوعٍ من الأمواج الكهرطيسية في الخواء إذا عُرِف الطول الموجيّ (أو حساب الطول الموجيّ إذا عُرِف التردُّد). لماذا؟ (راجع الفقرة 5.2) .....

.....

.....

الجواب: لأن لكل الأمواج الكهرطيسية السرعة نفسها في الخواء - وهي سرعة الضوء، أو زهاء 300،000 كم/ ثا (186،000 ميل/ ثا).

9.2 المعادلة الموجيّة

تَحَقَّقْ من إدراكك للعلاقة بين السرعة (c) والتردُّد (f) وطول الموجة (λ) في الأمواج الكهرطيسية. والصيغة هي: $c = F\lambda$؟

احسب الطولَ الموجيَّ لموجةٍ راديوية تردُّدُها 100 KHz (أي: 100،000 cps)

الجواب: 3 كم (1,86 ميل).

طريقة الحل: السرعة = التردُّد x طول الموجة

ومن ثم:

$$\text{طول الموجة} = \frac{\text{السرعة}}{\text{التردد}} = \frac{\text{300,000 كم/ ثا}}{\text{100,000 دورة/ ثا}}$$

$$= \frac{\text{186,000 ميل/ ثا}}{\text{100,000 دورة/ ثا}}$$

obeikandl.com

10.2 قوانين الإشعاع

تطلق النجومُ ـ شأنَ سائر الأجرام الحارّة ـ طاقةً كهرطيسية من مختلف الأطوال الموجيّة جميعها. وكلما ازدادت حرارة النجم ازدادت الطاقة الإشعاعية التي يطلقها، مع الإشارة إلى أن درجة حرارة النجم هي التي تحدِّد أسطع الأطوال الموجيّة.

الجدول 1.2 أربعة نجوم حارة وباردة

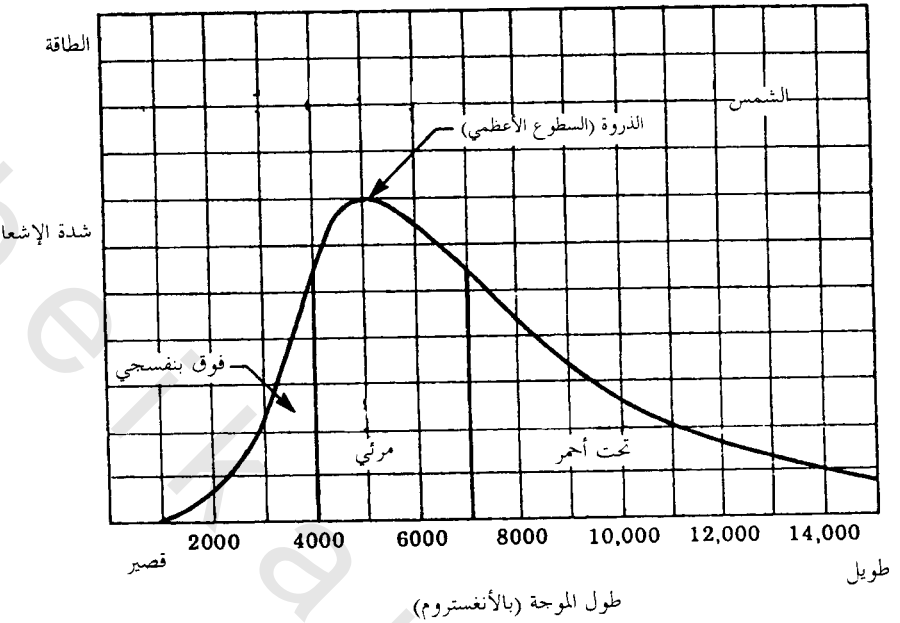
الفصل	النجم	الكوكبة	اللون	الحرارة السطحية (كلڤن)
الصيف	النسر الواقع	الشلياق	أزرق ـ أبيض	10،000
الصيف	قلب العقرب	العقرب	أحمر	3،000
الشتاء	الشِّعرى اليمانية	الكلب الأكبر	أزرق ـ أبيض	10،000
الشتاء	منكب الجوزاء	الجبّار	أحمر	3،400

تطلِقُ النجومُ طاقةً تقارب ما يطلقه جسمٌ أسود blackbody، الذي هو بمنْزلة مشعاعٍ افتراضيٍّ مثالي. وينصّ قانون فين في الإشعاع Wien's law of radiation على أن الطولَ الموجيَّ λ_{max} الذي يُصْدِر عنده جسمٌ أسود إشعاعاً أعظمياً يتناسب عكساً مع درجة حرارة الجسم (T). والصيغة هي:

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

وفيها تقاس λ_{max} بالسنتيمترات وT بالكلفن (K). ومن ثمَّ فكلما ازدادت حرارة نجمٍ قَصُرَ الطولُ الموجيُّ الذي يُطلِق عنده إشعاعه الأعظمي.

وإذا علمنا أن بعض النجوم أشدُّ حرارةً من بعضها الآخر بآلاف الدرجات، أدركنا أن بالإمكان الحكم على درجة حرارة نجم من لونه (طول موجته). فالنجوم التي هي أشدّ حرارةً تبدو بيضاء مائلة إلى الزرقة (طول



الشكل 5.2 منحنى إشعاع الشمس.

موجي قصير)، وأبرد النجوم تبدو حمراء (طول موجي طويل). أما النجوم الحارّة جداً (ذوات الأطوال الموجيّة القصيرة جداً) والنجوم الباردة جداً (ذوات الأطوال الموجيّة الطويلة جداً) فهي غير مرئية.

ابحث في السماء عن الأمثلة الواردة في الجدول 2.1.

وينص قانون ستيفان وبولتزمان في الإشعاع Stefan-Boltzmann radiation law على أن الطاقة الكلية (E) التي يطلقها جسمٌ أسود يتناسب مع القوة الرابعة لدرجة حرارته المطلقة (T). إذن فإن جسماً تبلغ درجة حرارته ضعفَيْ درجة حرارة الشمس يطلق طاقةً تفوق طاقة الشمس 2^4 (أو 16) مرة.

ويبيِّن منحنى الإشعاع radiation curve كميةَ الطاقة التي يطلقها جسمٌ عند أطوالٍ موجيّة مختلفة، وأيَّ هذه الأطوال الموجيّة هو الأشدّ، وكذلك

كميةَ الطاقة الكلّية التي يطلقها عند الأطوال الموجيّة كافة (تشير إليها المنطقة الواقعة تحت المنحنى).

ادرس الشكل 5.2. (أ) يكون إشعاع الشمس أعظمياً في الأطوال الموجيّة ..... (ب) إن كمية الطاقة الكلية التي تطلقها الشمس كضوءٍ مرئي (أكبر، أقل) ..... من الكمية التي تطلقها خارج المنطقة المرئية.

الجواب: (أ) المرئية؛ (ب) أقل.

11.2 الأرصاد الفلكية

يمتلك الفلكيون اليوم أدواتٍ هي عدَّتهم لرصد كلِّ أشكال الإشعاع الكهرطيسي من الفضاء وتحليلها. وبقطع النظر عن نوع الإشعاع المرصود، فإن الوظيفة الأساسية للمقراب هي جمع مقدارٍ كافٍ من الإشعاع لأغراض التحليل العلمي.

يَصدّ غلافُ الأرض الجوي معظمَ إشعاع الفضاء، فلا يسمح إلا لأطوالٍ موجيَّة معيَّنة بالدخول لتُرصد بالمقاريب الأرضية. ويستطيع الفلكيون على الأرض أن يرصدوا الكون عبر نوافذ windows أو مجالاتٍ طيفية ثلاثة يكون غلافنا الجوّي فيها شفافاً للإشعاع إلى حدٍّ بعيد؛ تلك هي النوافذ البصرية (الضوء المرئي) optical، والراديوية radio، وتحت الحمراء infrared.

والمرصد الفلكي astronomical observatory موقعٌ مجهَّز لرصد الأجرام السماوية. ويتحرّى الفلكيون لأرصادهم الأرضية التمركز عند الأطوال الموجيّة المرئية مواقعَ تغلب عليها سماء صافية الأديم على قمم الجبال، بعيداً عن أضواء المدن والتلوُّث (الشكل 6.2).

الشكل 6.2 موقع كِيتْ بيك، الذي يرتفع 2100 متر (6900 قدم) ويبعد 50 كيلومتراً (30 ميلاً) عن مدينة تَكْسون بولاية أريزونا الأمريكية، وهو مزوَّد بمقاريب لستة مراصد، منها: مرصد كِيتْ بيك الوطني والمرصد الشمسي الوطني، من مجموعة المراصد الفلكية البصرية الوطنية.

بِمَ تنصح فلكيّين يريدون رصد الكون في مجالات أشعة غاما والأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية؟ .....

.....

.....

الجواب: إقامة عدّة رصدهم خارج الغلاف الجوي الأرضي، فتكنولوجيا عصر الفضاء تجعل بالإمكان إجراء أرصادٍ فضائية التمركز ضمن هذه الأطوال الموجيّة من الصواريخ أو المركبات الفضائية أو حتى من محطات الرصد التي تتخذ من القمر مقرّاً لها.

12.2 المقاريب البصرية

يكوِّن المقراب البصري optical telescope صوراً لنجوم خافتة ونائية، وبإمكانه أن يجمع ضوءاً من الفضاء أكثر بكثيرٍ مما تستطيعه عين الإنسان. وقد صُنِعت المقاريب البصرية في تصميمَيْن أساسيَّيْن، فمنها الكاسرة refractors ومنها العاكسة reflectors.

وأهم أجزاء المقراب جسميَّتُه objective، وهي العدسة الرئيسية main lens (في المقاريب الكاسرة) أو المرآة mirror (في المقاريب العاكسة)، ووظيفتها جَمْعُ الضوء من جِرمٍ سماوي، وضبطه بؤرياً لتأليف صورة. تسمّى هذه الإمكانية في المقراب مقدرة تجميع الضوء light-gathering power.

تتناسب مقدرة تجميع الضوء هذه مع مساحة سطح التجميع، أو مع مربَّع الفتحة aperture (قطر العدسة الجسمية، عدسةً رئيسيةً كانت أم مرآة). ويُقصد بـ قياس size المقراب قياسَ فتحته، كقولنا: مقراب قياسه 150 ميليمتراً أو 5 أمتار (6 بوصات أو 200 بوصة).

يمكنك أن ترى الصورةَ مباشرةً من خلال العدسة العينيّة[1] eyepiece التي هي بمنْزلة عدسةٍ مكبِّرة بالدرجة الأولى، أو أن تصوِّرها أو تسجِّلها وتعالجها إلكترونياً. وإذا كان قياس عدسة عينك يقارب 5 مم (0,2 بوصة)، فإن مقراباً بقياس 150 مم (6 بوصات) تكون فتحته أكبر 30 مرة أو يزيد من عدسة عينك، وتبلغ مقدرة تجميع الضوء فيها أكبر 30^2 (أو 900) مرة من قوة عينك. ومن ثم فإن نجماً قد يبدو أسطع 900 مرة باستعمال مقرابٍ بقياس 150 مم (6 بوصات) مما يبدو لعينك المجرَّدة. هذا مع العلم بأن الفلكيين يستعملون مقاريب عملاقة لكشف أجرامٍ كابية الضوء وموغلة البُعد.

(1) العينيّة عدسةٌ توفِّر للعين ـ على مسافةٍ مناسبةٍ للرؤية ـ صورةً ناشئةً عن العدسة الجسميّة. (المعرِّب)

تبدو كل النجوم أكثر سطوعاً بالنظر إليها بمقراب، مما تبدو عليه للعين المجرَّدة، إذ يتركَّز الضوءُ الإضافي الذي جمعه المقرابُ من النجم في نقطة واحدة. وباستعمال التعريض الزمني time exposure يمكن لمقرابٍ عملاق بقياس 10 أمتار (400 بوصة) أن يصوِّر نجوماً غايةً في الخفوت ربما وصلت أقدارها إلى 28، وهذا يساوي السطوع الظاهريَّ لشمعةٍ تُرى من القمر!

كم يزيد السطوعُ الذي يبدو فيه نجمٌ يُرى بمقرابٍ قياسُه 10 أمتار (400 بوصة) على ما يبدو لعينك المجرَّدة؟ وضِّح ذلك .....

.....

.....

الجواب: يبدو أسطع 4 ملايين ضعفٍ وأكثر. فالمقرابِ الذي قياسه 10 أمتار (400 بوصة) هو أكبر 2000 مرة من عدسة عينك، وبذلك فهو يُجمِّع كميةً من الضوء أكبر 2000^2 (أو 4) ملايين مرة.

13.2 المنظار ثنائي العينية

يعدّ المنظارُ أوَّلَ الأدوات العملية للرصد، لسهولة حمله واستعماله. فَوَصْف منظارٍ بأنه 50 × 7 يعني أن قياس فتحته 50 مم، وأن × 7 تعيِّن درجة التكبير.

لماذا تُظهِر لك المناظير والمقاريب أجراماً سماويةً تزيد كثيراً عما يمكنك رؤيته بعينك المجرَّدة؟ .....

.....

الجواب: لأن المناظير والمقاريب تستطيع تجميع كمية ضوءٍ أكبر بكثير مما تستطيع العين تجميعه. (تذكَّرْ أن مقدرة تجميع الضوء متناسبةٌ مع مربع الفتحة).

14.2 المقاريب الكاسرة

للمقراب الكاسر عدسةٌ جسميَّةٌ objective lens رئيسية مثبَّتة على النهاية الأمامية لأسطوانةٍ أنبوبية. يدخل ضوءُ النجم هذه العدسةَ وينكسر refract مؤلِّفاً صورةً قرب مؤخَّر الأنبوب.

يسمى البُعدُ بين هذه العدسة والصورة الطولَ البؤري focal length. ويمكنك النظر إلى الصورة باستعمال عدسةٍ مكبِّرة قابلةٍ للنّزع تسمى العينيّة ocular أو eyepiece. يجدر بالذكر أن الأنبوب مصمَّم ليحجب الغبارَ والرطوبة والضوء المتبعثر.

ومنذ زمن يرقى إلى سنة 1609 وجَّه العالم الفلكي غاليليو غاليليه Galileo Galilei (1564 ـ 1642) مقراباً كاسراً نحو السماء. وكان قياس أكبر مقرابٍ صَنَعَه لا يتجاوز 50 مم (بوصتين).

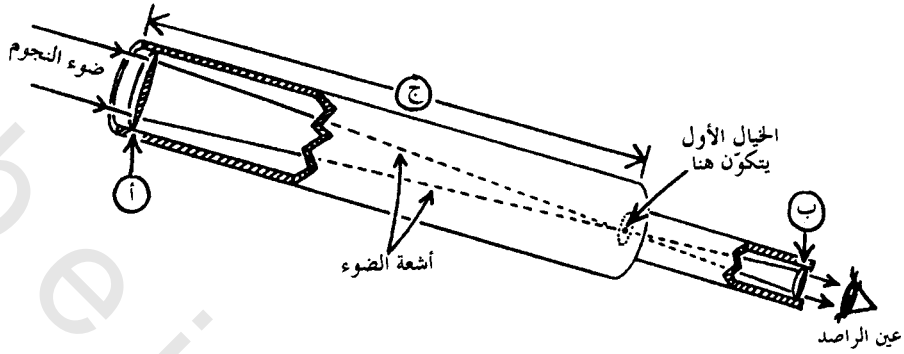
أما اليوم فتقع قياساتُ المقاريب الكاسرة بين 60 مم (2,4 بوصة) للمبتدئين في عالم الفلك، و 1 م (40 بوصة) وهو أكبر مقراب في العالم، يوجد في مرصد ييركيز Yerkes Observatory في ويليامزبي بولاية ويسكونسن الأمريكية الذي تمَّ إنشاؤه سنة 1897.

من الشكل 7.2 عيِّنْ على المقراب الكاسر: (أ) العدسة الجسمية؛ (ب) العدسة العينية؛ (ج) الطول البؤري للجسميَّة. واذكر الغرض من (أ) و (ب).

(أ) .....

(ب) .....

(ج) .....



الشكل 7.2 مقرابٌ كاسر بعدسةٍ جسميةٍ ذات طولٍ بؤريٍّ طويل، وعدسةٍ عينيةٍ ذات طولٍ بؤريٍّ قصير.

الجواب:

(أ) العدسة الجسمية: لتجميع الضوء وتأليف الصورة.

(ب) العدسة العينية: لتكبير الصورة التي كوَّنتها الجسمية.

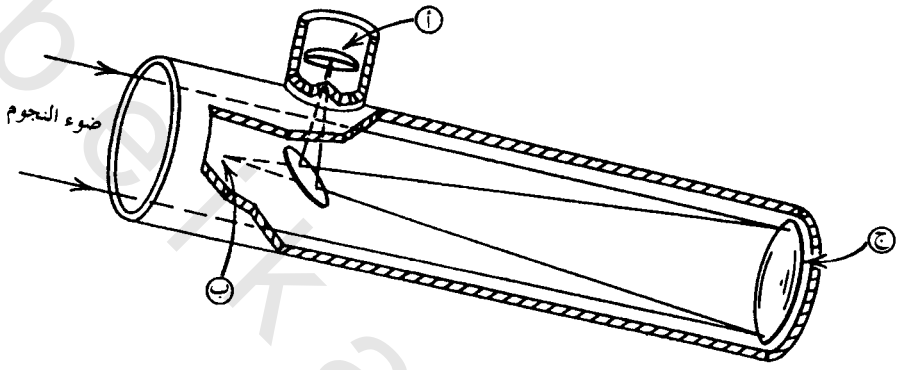
(ج) الطول البؤري للجسمية.

15.2 المقاريب العاكسة

للمقراب العاكس reflecting telescope مرآةٌ مقوَّسةٌ صقيلةٌ جداً هي المرآة الرئيسية primary mirror، مثبّتة في طرف أنبوب مفتوح. فعندما يَرِدُ ضوءُ النجم على هذه المرآة ينعكس نحو أعلى الأنبوب مؤلِّفاً صورةً عند ما يسمى بالبؤرة الأولى prime focus.

يمكنك وضع أفلام فوتوغرافية أو تجهيزات إلكترونية عند البؤرة الأولى لتسجيل الصورة، أو يمكنك استعمال مرايا إضافية لعكس الضوء مرة أخرى إلى موضعٍ آخر تشاهَد منه الصورة. فمقراب نيوتن Newtonian telescope

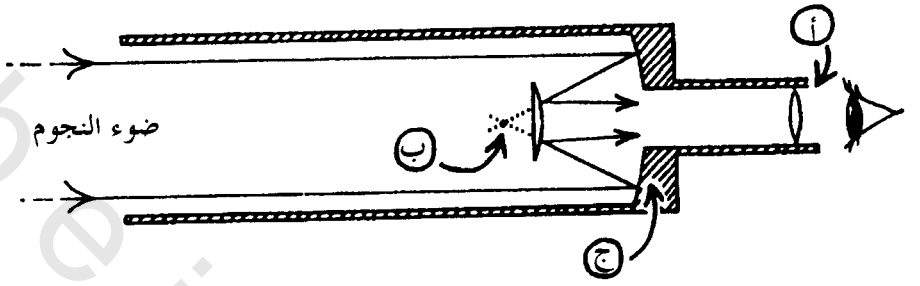
يَستعمل مرآةً صغيرةً مستويةً لعكس الضوء عبر ثقبٍ في جهة المقراب التي تشمل العينيّة (الشكل 8.2).



الشكل 8.2 رسم لمقراب نيوتن العاكس يُظهِر مرآته الرئيسية، ومرآته الثانويةَ الصغيرة المنحرفة، وعدستَه العينية.

ويستعمل مقراب كاسيغرين Cassegrain telescope مرآةً صغيرةً محدَّبة هي المرآة الثانوية secondary mirror لعكس الضوء عبر ثقبٍ في المرآة الرئيسية عند النهاية السفلى للأنبوب (الشكل 9.2). وهذا النوع من المقاريب ململمٌ وأكثر تراصّاً من المقراب الكاسر أو مقراب نيوتن العاكس ذي الفتحة المماثلة. ومن أنواع المقاريب الأخرى مقراب شميدت ـ كاسيغرين Schmidt-Cassegrain telescope الذي يجمع مرآةً رئيسيةً كرويةً متناهيةَ قِصَرِ الطول البؤري عند النهاية الخلفية لأنبوبٍ محكم الختم، إلى عدسةٍ رقيقةٍ في المقدمة.

تتفاوت المقاريب العاكسة من حيث قياساتها، من مقراب نيوتن للمبتدئين بقياس 75 مم (3 بوصات)، إلى أكبر مقرابٍ عاكسٍ في العالم بقياس 10م (400 بوصة) وهو مقراب كيك Keck Telescope على قمة البركان



الشكل 9.2 رسم تمثيلي لمقراب كاسيغرين العاكس، يُظهِر مرآته الرئيسية المقعَّرة، ومرآته الثانوية الصغيرة المحدَّبة، وعدسته العينية.

الهاجع ماونا كيا Mauna Kea بولاية هاواي الأمريكية (الشكل 15.2).

عُدْ إلى الشكلين 8.2 و 9.2 وعيِّن على المقراب العاكس مرآته الرئيسية؛ وعينيَّته؛ وبؤرته الأولى. (أ) .....؛ (ب) .....؛ (ج) .....

الجواب: (أ) العينيَّة؛ (ب) البؤرة الأولى؛ (ج) المرآة الرئيسية.

16.2 المقاريب العاكسة مقابل المقاريب الكاسرة

ما الفرق الأساسي بين المقراب العاكس والمقراب الكاسر؟ فصِّل إجابتك .....

.....

الجواب: الجزء البصري الرئيسي (الجسميّة). ففي حين يَستعمل المقراب العاكس مرآةً، يَستعمل المقراب الكاسر عدسةً لتجميع ضوء النجوم وتركيزه في بؤرة.

obeikandi.com

17.2 العدد البؤري (عدد f)

تُعْرَف المقاريب غالباً بقياس فتحتها وعددها البؤري كليهما. والعدد البؤري f number (أو عدد f) هو نسبة الطول البؤري للعدسة أو المرآة الرئيسية إلى قياس الفتحة. وتتجلى أهمية هذه المواصفات في أن درجة نصوع الصورة التي يولِّدها المقراب، وقياسَها وجلاءها تتوقف كلُّها على قياس الفتحة والطول البؤري للعدسة أو المرآة.

فإذا كان لدينا على سبيل المثال «مقراب عاكس ذو 150 مم (6 بوصات)، f/8"، قَصَدنا بذلك أن قطر مرآته الرئيسية هو 150 مم (6 بوصات) وبطولٍ بؤري قدره 1200 مم (150 × 8) أو 48 بوصة (6 × 8).

ما الطول البؤري لمرآة مقراب ماونت پالومار Mount Palomar بولاية كاليفورنيا الأمريكية إذا كانت مواصفاته: 5 م (200 بوصة)، f/3.3؟ .....

.....

الجواب: 16,5 م (660 بوصة، أو 55 قدماً).

18.2 الأخيلة

تَظهر النجوم كلُّها، ما عدا الشمس، في المقراب نقاطاً من الضوء، وذلك بسبب بُعدها الشاسع. ويبدو القمر والكواكبُ فيه أقراصاً صغيرة. ويكون قياس الخيال image size متناسباً مع الطول البؤري لعدسة المقراب أو مرآته الرئيسية.

على سبيل المثال، تولِّد مرآة طولها البؤري 2,5 مترين (100 بوصة) خيالاً للقمر بقطر يقارب 2,5 سم (بوصة واحدة). وقد تقدَّم لك أن للمرآة ذات 5 م (200 بوصة)، f/3,3 طولاً بؤرياً هو 16,5 م (660 بوصة)، أي أكثر من ستة أضعاف الطول البؤري الأول، ومن ثم فهي تعطي خيالاً للقمر أكبر

قطراً بنحو ست مرات، أي 15 سم (6 بوصات).

تؤلِّف العدساتُ والمرايا أخيلة حقيقية real images مقلوبة. (ينشأ الخيال الحقيقي من التقارب الفعلي لأشعة الضوء). ولما كانت الأخيلة المقلوبة أمراً غير مهم في العمل الفلكي، ولا سيما إذا علمنا أن تقويمها يتطلب مزيداً من عملياتٍ ضوئية ماصَّة للضوء، لم يكن ثمة أي محاولة لتقويم وضع الأخيلة في المقاريب.

بِمَ يتحدَّد قياس الصورة التي يكوِّنها المقراب؟ .....

.....

الجواب: بالطول البؤري للعدسة الرئيسية أو المرآة.

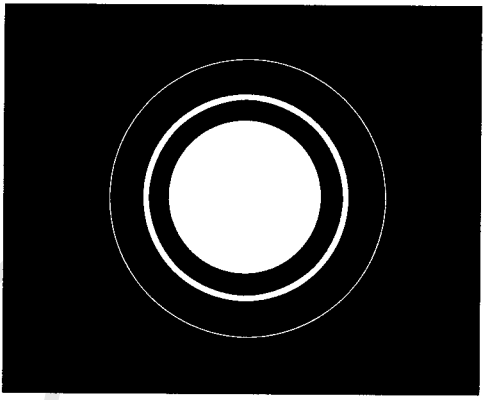
19.2 مقدرة الفصل (المَيْز)

يتعذَّر على أيِّ مقرابٍ توليد صُوَرٍ مثالية التركيز البؤري مهما بلغت جودته من الناحية البصرية، وذلك لأسباب تتعلق بطبيعة الضوء نفسه. ومقدرة الفصل أو المَيْز resolving power تعبير عن مدى قدرة المقراب على توليد صُوَرٍ واضحةٍ ومفصَّلة بشروط رصدٍ مثالية.

تتناسب مقدرة المَيْز طرداً مع قياس الفتحة وعكساً مع الطول الموجيِّ للضوء الوارد. فإذا كان الضوءُ واحداً، كان لمقرابٍ بفتحة 150 مم (6 بوصات) مقدرة ميزٍ تعادل ضعفَيْ مقدِرة آخر بفتحة 75 مم (3 بوصات).

ينتقل ضوءُ النجوم بخطوطٍ مستقيمة عبر الخواء. ولكن عندما تمرُّ موجاتُ ضوء النجوم قريباً من حافَة عدسة أو مرآة فإنها تنتشر في ظاهرة تسمّى الانعراج diffraction، وتتركز في بؤرةٍ عند نقاطٍ مختلفة. وبسببٍ من هذا الانعراج يظهر خيالُ النجم الذي ألَّفَتْه العدسةُ أو المرآةُ تحت التكبير قرصاً صغيراً ضبابياً تحيط به حلقاتٌ باهتة، لا نقطةً ضوئيةً وحيدة. يسمى

هذا القرص نموذجَ الانعراج diffraction pattern (الشكل 10.2). ومن الحقائق أن انعراج الضوء يحدّ من مقدرة المَيْز.



الشكل 10.2 نموذج انعراج (صورة نجم)

فإذا تجاورَ نجمان، فقد يتداخل نموذجا انعراجهما فيبدوان نجماً واحداً. تنطمس كذلك المظاهرُ التضاريسيةُ كفوَّهات القمر ومعالم الكواكب بفعل الانعراج.

تحدِّد مقدرة المَيْز الزاويةَ الصغرى بين نجمَيْن، التي يمكن عنها توليد أخيلةٍ منفصلة مميَّزة. وتبلغ هذه الزاويةُ بالنسبة إلى العين البشرية نحواً من دقيقةٍ قوسية (1')، أي بقياس قرصٍ من الأسبرين يُرى من بُعد 35 متراً (110 أقدام).

بيِّن السبب في أن ما قد يبدو للعين نجماً وحيداً ربما يتكشَّف عن نجمَيْنِ متدانيَيْن في المقراب .....

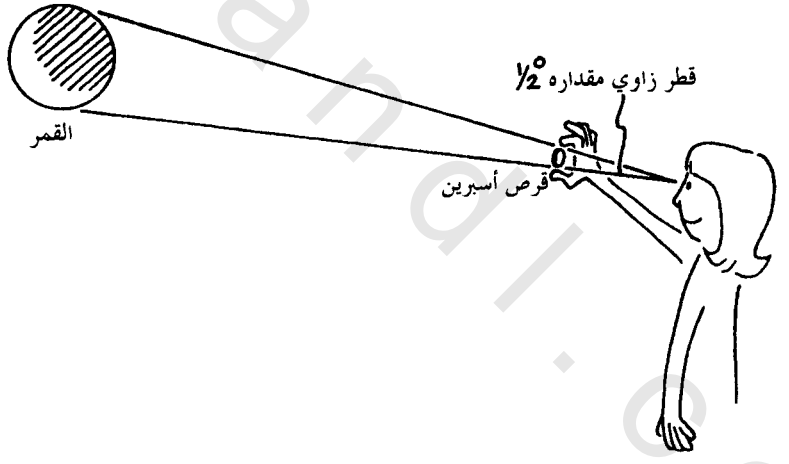
.....

الجواب: تتناسب مقدرةُ الميز مع قياس الفتحة. وواضح أن فتحةَ المقراب أكبرُ بكثير من عين الإنسان.

20.2 قوة التكبير

إن قوة التكبير magnifying power لمقراب هي نسبة الحجم الظاهري لِجرم يُرى بوساطة مقراب، إلى حجمه عند رؤيته بالعين وحدها. والمقاريب تكبِّر القُطرَ الزاويَّ للأجرام، ومن هنا يظهر الخيالُ أقرب من الجِرم.

خذ مثلاً القطرَ الزاويَّ للقمر البدر. يبلغ هذا القطر في عينك $\frac{1}{2}°$، أي بقطر قرصٍ من الأسبرين تحمله وذراعك مبسوطةٌ إلى مداها (الشكل 11.2). فلو ازدادَ الحجمُ الظاهريُّ للقمر 20 ضعفاً بحيث بدا قطرُه الزاويُّ 10° بالنظر إليه باستعمال مقراب، كانت قوةُ التكبير 20، وتُكتب هكذا: 20×.



الشكل 11.2 القُطر الزاويّ.

إن قيمة قوة التكبير في مقراب منوطةٌ بالعدسة العينية المستعملة. وتُحسب هكذا:

$$\text{قوة التكبير} = \frac{\text{الطول البؤري للمقراب}}{\text{الطول البؤري للعينية}}$$

والمقراب مزوَّدٌ عادةً بعدّة عدساتٍ عينية بأطوالٍ بؤريةٍ مختلفة، تسمح لك بتغيير قوة تكبيره تبعاً لتغيُّر الأجرام المرصودة.

(أ) كم تبلغ قوة تكبير مقراب بقياس 150 مم (6 بوصات)، f/8 باستعمال عينيةٍ طولُها البؤري 12,5 مم ($\frac{1}{2}$ بوصة)؟ .....

(ب) كيف يمكنك زيادة قوة تكبير هذا المقراب؟ .....

الجواب: (أ) × 96.

طريقة الحل:

$$\text{قوة التكبير} = \frac{\text{الطول البؤري للمقراب}}{\text{الطول البؤري للعينية}} = \frac{1200\text{مم}}{12{,}5\text{مم}} = \frac{48 \text{ بوصة}}{1/2 \text{ بوصة}}$$

(ب) باستعمال عدسةٍ عينية أقصر طولاً بؤرياً.

21.2 التكبير المجدي الأعظمي

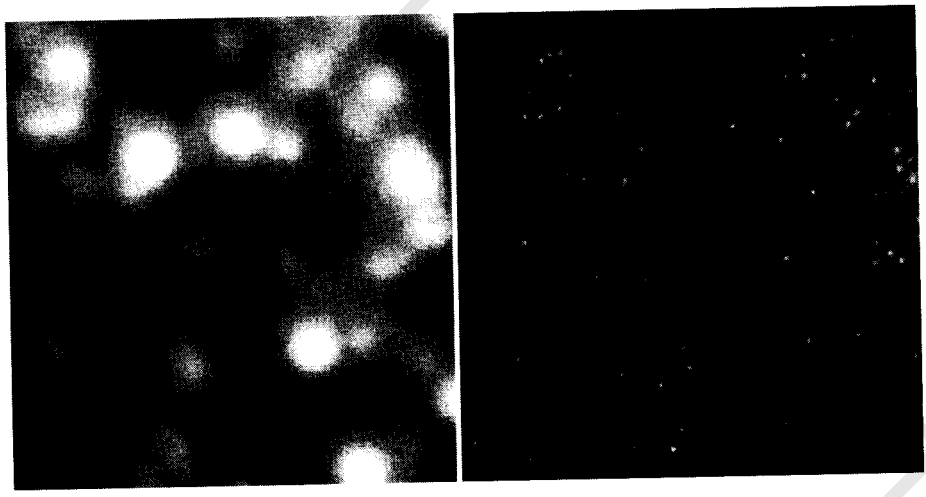
من الخطأ ـ عند اقتنائك مقراباً ـ المبالغة في التأكيد على قوة التكبير؛ إذ لن تستطيع زيادةَ قوة تكبيره المجدية إلى ما لانهاية عن طريق تغيير عدساته العينية.

وبالنظر إلى أنّ ضوءَ النجوم يجب أن يَمرّ عبر جوّ الأرض لكي يصل إلى المقاريب الأرضية، فإنّ الاضطرابات الجويّةَ تتسبَّب في الحصول على صُوَرٍ كليلةٍ غير واضحة. وما نسميه جلاء الصورة (الرؤية) seeing يُقصد به مقدار استقرار الأحوال الجوية التي تؤثر في وضوح الصورة المقرابية؛ فإذا كان الهواء ساكناً كان وضوح الصورة حسناً وضَوْء النجوم مستقراً، وإذا كان الهواء مضطرباً كانت الرؤية رديئةً والنجومُ دائبةَ الوميض.

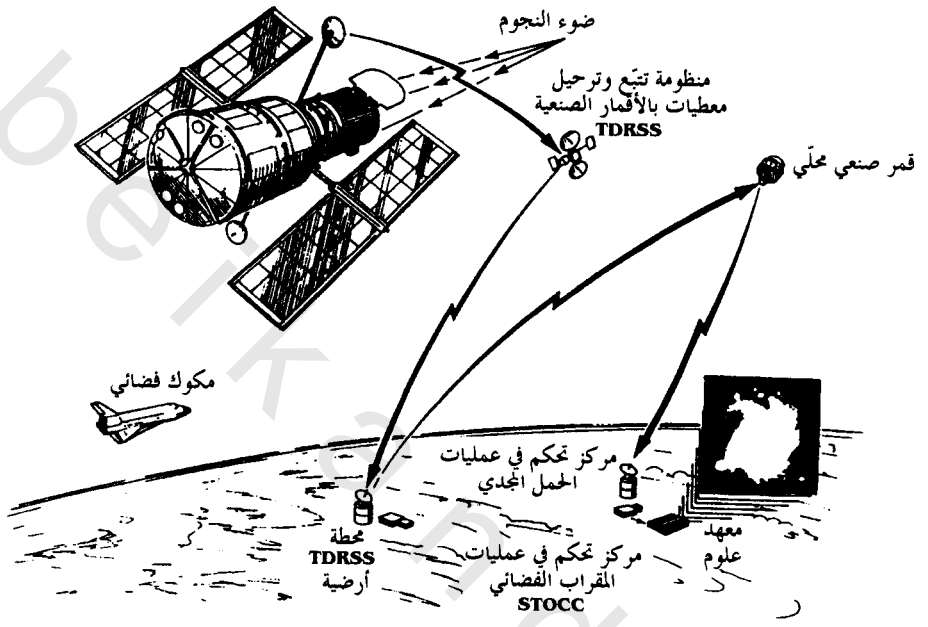
يبلغ الحدُّ العملي للتكبير المجدي practical limit of useful

magnification في أي مقراب زهاء ضعفَيْ فتحته بالميليمترات (أو 50 ضعفاً بالبوصات). وكلُّ ما تقدِّمه القوَّةُ العالية إنما هو تكبير الصورة بما فيها من ضبابيّةٍ ناشئةٍ عن انعراج الضوء أو رداءة الرؤية، لكنها لا تُظهِر التفاصيلَ الدقيقة.

هذا التشويش أو التداخل الناجم عن الغلاف الجوي الأرضي ينأى عنه المقراب الفضائي (المتمركز في الفضاء)؛ فهو يرصد لمدىً أبعد ويعطي صُوَراً أوضح مما تفعله المقاريب الراصدة من الأرض (الشكل 12.2). يجري تشغيل المراصد الفضائية من الأرض بالتحكم من بُعد، على حين يقوم روّاد الفضاء بصيانة المقاريب الفضائية وإصلاحها ورفع مستوى أدائها في مداراتها، ويمكنهم إعادتها إلى الأرض عند اللزوم لأغراض الإصلاح الشامل.



الشكل 12.2 أثر الضبابية الجويّة على المَيْز. الحشد النجمي الكُرَيّي M ـ 14، الذي يبعد 70،000 سنة ضوئية، مرصوداً (أ) بمقراب أرضي بفتحة 4 أمتار من مرصد Cerro Tololo Inter-American Observatory في تشيلي؛ (ب) بمقراب هَبلْ الفضائي. مَيْز الصورة في (أ) هو 1,5 ثانية قوسية، وفي (ب) هو 0,08 ثانية قوسية.



الشكل 13.2 مسار المعطيات التي يبثها مقراب هَبلْ Hubble الفضائي.

وما برح أولُ مرصدٍ عاملٍ وُضِع في مداره حول الأرض سنة 1990 يرسل معطياتٍ وصُوَراً مذهلة. ذلك هو مقراب هَبلْ الفضائي Hubble Space Telescope (HST) الأمريكي/الأوروبي المشتَرك، الذي يبلغ قياس مرآته الرئيسية 2,4 مترين (94 بوصة)، وهو مجهَّز بخمسة أجهزةٍ للرصد بالضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء (الشكل 13.2).

ما هو الحدّ العملي للتكبير المجدي لمقرابٍ بفتحة 150 مم (6 بوصات)؟.....

الجواب: × 300.

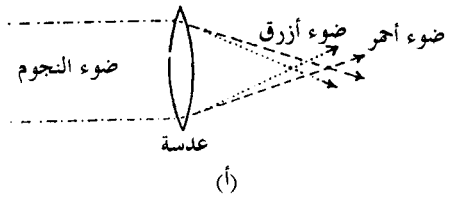
22.2 الزيغ المقرابي

الزيغ aberration عموماً خللٌ في الصورة التي تولِّدها منظومةٌ بصرية.

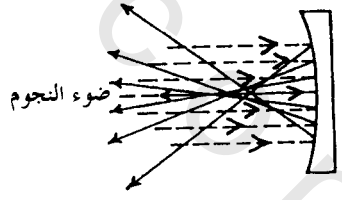
والزيغ اللوني chromatic aberration عيبٌ في بنية العدسة. يتألف ضوء النجوم من كل ألوان الطيف؛ فإذا مرَّ هذا الضوء من خلال عدسة، ركَّزت العدسةُ ألواناً مختلفة (أطوالاً موجيّة) على أبعادٍ متباينة قليلاً. ويؤدي هذا التفاوت البسيط إلى تشويه وضوح صورة النجم بألوانٍ زائفة (الشكل 10.2). يَبطل هذا العيبُ بالعدسة اللالونية achromatic lens، وهي مجموعة عدستَيْن أو أكثر، مصنوعةٍ من ضروبٍ شتى من الزجاج.

تعكس مرآةٌ دقيقةُ الانحناء كلَّ ألوان ضوء النجوم إلى بؤرةٍ عند النقطة ذاتها. ولا تعاني الصورةُ التي يؤلِّفها مقرابٌ عاكس من ألوانٍ زائغة.

أما الزيغ الكروي spherical aberration فهو خللٌ في المرآة من شأنه أن يشوِّه وضوح الصورة النجمية، وناشئ عن عيوب في السطوح الكروية (ومن هنا اسمه). هنا ينعكس الضوءُ النجمي عن أجزاءٍ من المرآة على أبعادٍ متفاوتة من المحور البصري إلى نقاطٍ بؤرية متباينة شيئاً ما (الشكل 14.2).



(أ)



(ب)

الشكل 14.2 (أ) الزيغ اللوني. تحني العدسةُ الأمواجَ الضوئية الزرقاء (التي هي الأقصر) إلى أقصى درجة، وتركِّزها في بؤرةٍ أقرب إلى العدسة من الأمواج الضوئية الحمراء (التي هي الأطول). (ب) الزيغ الكروي. المرآة غير المنتظمة التقوُّس لا تعكس الأمواجَ الضوئية إلى بؤرةٍ واحدة.

والمرآة المكافئية القَطْع parabolic mirror متحرّرةٌ من هذا العيب؛ فشكلُها أقلُّ تقوُّساً عند الأطراف منه عند المركز، ومن ثم فهي تعكس الضوءَ النجميَّ جيداً إلى نقطةٍ بؤرية وحيدة. وثمة المقراب العاكس ـ الكاسر catadioptric telescope المزوَّد بعدسةٍ أو صفيحةٍ مصحِّحة عند النهاية العلوية من الأنبوب، لتصحيح الزيغ في مرآةٍ رئيسيةٍ كروية الشكل.

لِمَ يتعيَّن عليك دوماً توخّي أفضل الأجزاء البصرية نوعيةً لمقرابك؟

.....

الجواب: تجنُّباً للزيغ في الصورة.

23.2 تصميم المقاريب والاختيار منها

قد تتساءل أيّ المقاريب هو الأفضل: الكاسرة أم العاكسة؟ ذلك منوطٌ بطبيعة التطبيق المقصود، إذ إن لكل نوعٍ من المقاريب مزاياه ومثالبه قياساً إلى غيره.

فالمقاريب الصغيرة الخاصة بالهواة يمكن أن تكون إما كاسرةً وإما عاكسة. فالأولى (الكاسرة) متينة الصنع قليلةُ مطلب الصيانة بالنظر إلى أنبوبها المحكم الإغلاق؛ في حين توفِّر الأخرى (العاكسة) فتحةً أكبر مقابل ثمنها، ومن الممكن صنعها في البيت. ومن أنواعها مقراب دوبسون Dobsonian telescope، وهو مقرابٌ نيوتنيٌّ عاكس مركَّب على حاضنٍ بسيط، تعود سعة انتشاره إلى سهولة استعماله ورخص ثمن قياساتٍ معيَّنة منه. ومع أن المقاريب العاكسة ـ الكاسرة أغلى ثمناً تبعاً لكل واحدةٍ قياسية من فتحتها، فإنها (ولا سيما منها مقاريب شميدت ـ كاسيغرين Schmidt-Cassegrain ومكستوف ـ كاسيغرين Maksutov-Cassegrain) أكثر أنواع المقاريب تراصّاً وقابليةً للنقل.

وأيّاً كان اختيارك، فإن ثبات الحاضن mount الحامل لمقرابك الصغير أمرٌ أساسيٌّ جداً، إذ لا شيء يُفسِد عليك اندفاعك ورغبتك في الرصد أكثر

من مقرابٍ رديء النوعية، مهتزّ الحاضن يعطي صوراً غائمةً مضطربة.

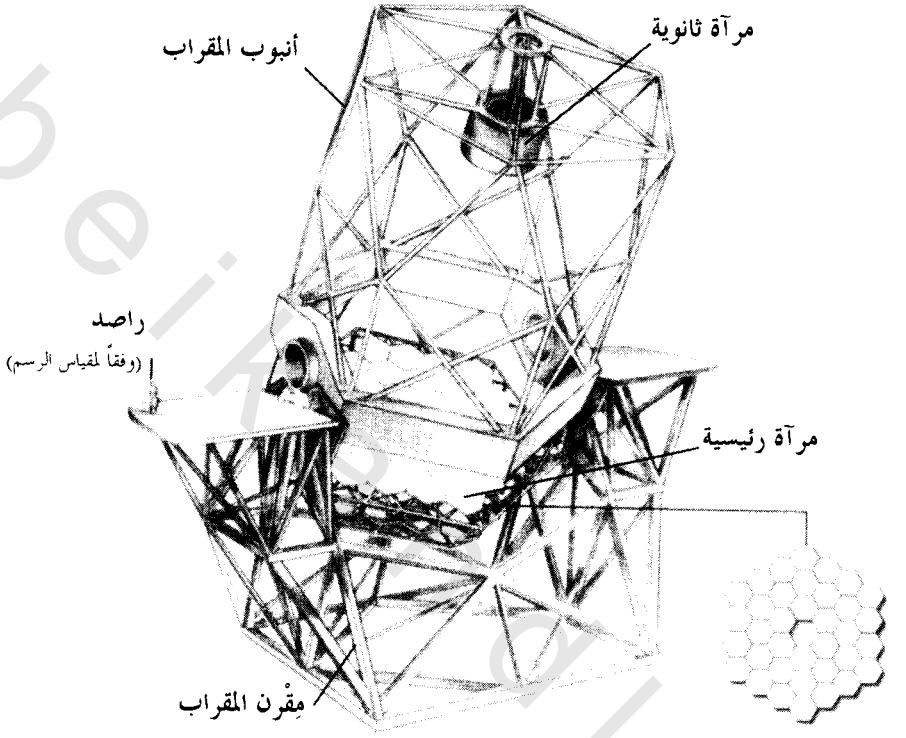
تُستعمل المقاريبُ الكاسرة الكبيرة عندما يكون القصد الأول هو الجودة والميز العالي في الصورة. مثال ذلك رصد تفاصيل سطح القمر والكواكب، أو رصد المنظومات النجمية المزدوجة.

بالمقابل، تستعمل المقاريب العاكسة حيثما تكون الأهمية الأولى معلَّقةً على الفتحة، كما هو الحال عند سبر أخفت الأجرام وأقصاها. هذا إضافةً إلى أنها أسهل صنعاً وأكثر جدوى اقتصادية من المقاريب الكواسر. وتتيح البصريات «المطويّة» folded optics إمكان اختزال الطول الفيزيائي للمقاريب العاكسة الكبيرة، بحيث يصبح بالإمكان إيداعها داخل قبابٍ أصغر مما يلزم المقاريب الكاسرة. تُدعم المرآة الرئيسية برافدةٍ خلفية تحول دون تراخيها وانهدالها بفعل الثقالة، كما يحصل في العدسات الضخمة من تراخٍ مع الزمن.

وعلماء الفلك جادّون في اصطناع مقاريب أكبر من كل ما سبق، تتَّصف بتقنياتِ رصْدٍ جديدة من شأنها زيادة تجميع الضوء ورفع مقدرة الميز (الشكل 15.2).

تتميَّز أحدثُ المقاريب اليوم بمرايا أحاديّة monolithic mirrors أخفّ وزناً، مسبوكةٍ كقطعةٍ واحدة، أو بمرايا مجزَّأة segmented mirrors هي توليفة من مرايا منفصلة (انظر الشكل 15.2) يمكن استعمالها منفردةً أو مجتمعة بفضل منظومة تحكُّم بالكومبيوتر. أما المقاريب المركَّبة multiple telescopes، التي تحوي أكثر من مرآة رئيسية واحدة، فتَنقلُ الضوءَ الذي تجمِّعه كلُّ المرايا الرئيسية إلى نقطةٍ بؤريةٍ مركزية تؤلِّف الصورة كما لو أنها مرآةٌ واحدةٌ ضخمة.

تجدر الإشارة إلى أن أكبر مقرابٍ جرى تمويله حتى الآن هو المقراب العملاق Very Large Telescope (VLT) بفتحة 16 متراً، الذي ينتمي إلى المرصد الأوروبي الجنوبي European Southern Observatory، والذي يشتمل



الشكل 15.2 رسم تخطيطي لمقراب كيك Keck في هاواي بالولايات المتحدة، الذي يَستعمل تصميماً لمرآةٍ مجزَّأة لأغراض البحث البصري وتحت الأحمر. تتراصف - بفضل تحكُّمات بالكومبيوتر - ستٌّ وثلاثون مرآةً مسدَّسة الأضلاع تراصفاً دقيقاً، يبلغ قطر كلٍّ منها قرابة مترين (6 أقدام) بسُمْك 7,5 سنتمترات (ثلاث بوصات)، لتؤلِّف سطحاً واحداً متناغماً يؤدي دور مرآة ضخمة بقطر 10 م (33 قدماً). يمكن أن يعمل مقراب كيك I وصِنْوه كيك II معاً أو كلاً منهما على حدة.

على تصميمٍ لمرآةٍ مركَّبة باستعمال أربعة مقاريب منفصلة بفتحة 8,2 م.

ومن الطريف أن أكبر مقاريب العالم معظمها يضم مراكز استقبالٍ ممتعة للزائرين، وينظِّم برامجَ سياحة ذاتيةٍ شائقة للعموم (الجدول 2.2).

الجدول 2.2 أكبر المقاريب البصرية في العالم

اسم المقراب	قطر الفتحة (بالأمتار)	اسم المرصد ومكانه	الوصف
المقراب العملاق1	16,4	المرصد الأوروبي الجنوبي، سيرو پارانال، تشيلي	أربعة مقاريب منفصلة بفتحة 8,2 م. يعمل منها آنتو وكويين وميليبال.
المقراب المنظاري الكبير	11,8	قمة جبل غراهام، أريزونا	مرآتان بقياس 8,4 م، بمَيْز مرآةٍ واحدة بقياس 23 م.
كيك I وكيك II	10,0	W.W.Keck ماونا كيا، هاواي	مرايا مجزَّأة، بقياس 85 م لكل منها؛ تستعمل كمقياس تداخل بصري.
هوبي - إيبرلي	9,2	مكدونالد، قمة جبل فوكيز، تكساس	مرآة كروية مجزَّأة، بمسقط رأسي ثابت؛ للأغراض الطيفية فقط.
مقراب سوبارو[1]	8,2	مرصد اليابان الفلكي الوطني، ماونا كيا، هاواي	مرآة رئيسية هلالية خفيفة (22,8 طناً) بسُمك 20 سم؛ إسناد الفاعل.
جيميني نورث وجيميني ساوث[1]	8,0	جيميني[2] ماونا كيا، هاواي وسيرو باشون، تشيلي	صنوان متعدّدة الجنسيات؛ استغراق مفتوح للسماء الشمالية والسماء الجنوبية.
المقراب المتعدد المرايا (MMT)[3]	6,5	مرصد سميثسون للفيزياء الفلكية، جبل هوبكينْز، أريزونا.	مرآة رئيسية خفيفة: بصفيحة أمامية مقعّرة، وصفيحة خلفية مستوية، ونموذج نخروبي من عروقٍ زجاجيةٍ بينهما.
ماجلان I[1] وماجلان II[1]	6,5	لاس كامپاناس، تشيلي	

(1) قيد الصنع.

(2) منشآت المراصد الفلكية البصرية الوطنية (NOAO)، التي تتخذ إدارتها من تكسون (أريزونا) مقراً لها.

(3) نموذج محوَّر.

اسم المقراب	قطر الفتحة (بالأمتار)	اسم المرصد ومكانه	الوصف
مقراب السَّمت الكبير	6,1	Malcolm Knapp Research Forest، كولومبيا البريطانية	مرآة زئبقية تشير إلى سمت الرأس، لأعمال المسح؛ غير مرن للتوجيه.
مقراب بولشوي السمتي ـ الارتفاعي	6,0	المرصد الفيزيائي الفلكي الخاص، جبل باستاخوف، زيلينشوكسكايا، روسيا	يركَّب على حاضن سمتي ـ ارتفاعي (يعيِّن السمت والارتفاع).
مقراب جورج إيليري هيل	5,0	پالومار جبل پالومار، كاليفورنيا	جولات سياحية سيراً على الأقدام؛ صالة عرض للزوّار حيث يمكن رؤية مقراب هيل.
مقراب ويليام هيرشل	4,2	مرصد غرينتش الملكي لا پالما، جزر الكناري، إسبانيا	(مرصد للهواة)
مقراب نيكولاس ميوول	4	مركز كِيتْ پيك الوطني[1] كِتْ پيك، أريزونا	مركز استقبال وبرامج رصد ليلي؛ جولات سياحية ذاتية حرّة.
ڤيكتور بلانكو	4	سيرو تولولو إنتر أمريكان[1] سيرو تولولو، تشيلي	صنو مقراب ميوول
المقراب الأنغلو ـ أسترالي	3,9	مرصد كونابران الأنغلو ـ أسترالي، نيوساوث ويلز، أستراليا	مرآة Cer-Vit؛ يركَّب على حاضن استوائي.

(1) منشآت المراصد الفلكية البصرية الوطنية (NOAO)، التي تتخذ إدارتها من تكسون (أريزونا) مقراً لها.

obeikandl.com

ولا غرو، فقد شهد أداء المقاريب الكبيرة تطوُّراً مثيراً بإدخال تقنياتٍ حديثة ومبتكراتٍ جديدة، منها ما يسمى بالبصريات المعدِّلة adaptive optics التي تضبط المرايا بحيث تصحِّح التشوُّهات السريعة الخاطفة (أجزاء المئة من الثانية) الناشئة عن اضطراباتٍ في الغلاف الجوي الأرضي؛ ومنها ما يسمى بالبصريات الفاعلة أو النشطة active optics التي تصحِّح أطول التشوُّهات المرآوية زمناً (دقائق أو ساعات) الناشئة عن قوة الثقالة والتغيرات الحرارية والرياح.

بِمَ يمتاز المقرابُ البصري على العين المجرَّدة؟ .....

.....

.....

الجواب: بمقدرة تجميع ضوءٍ ومَيْز أعلى. ويمكن تجهيز المقراب بحيث يسجِّل الضوءَ لمدة طويلة.

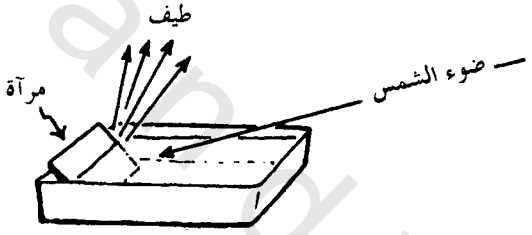
24.2 وسائل معزِّزة للمقراب

لما كان زمنُ البحث الفلكي عاليَ المطلب، فإن الفلكيين لا يقتصرون على مجرَّد الجلوس إلى المقاريب العملاقة والرصد ليس غير، بل إنهم في العادة يتابعون أعمال رصدهم على شاشة إظهار كومبيوترية! إذ يجري تسجيل ضوء النجوم، إما بصورةٍ مباشرة وإما بعد مروره بمنظومات تصويرٍ إلكترونية، لدراسته فيما بعدُ دراسةً مستفيضة، وكذلك للحصول على صور. وقد بات استعمال الكمبيوتر الفعّال اليوم أمراً أساسياً بغية جمع معطياتٍ فلكية، تمهيداً لمعالجتها وتحليلها والاستفادة منها.

ويعدّ عنصر القرن الشِّحْنِي Charge Coupled Device (CCD) أداة كشفٍ إلكترونيةً شائعة، وهي جذاذة سيليكونية مؤلَّفة من عناصر دقيقة حسّاسةٍ

للضوء، ولها خاصّية تحويل الضوء النجميّ إلى نبضاتٍ كهربائية تلائم الكمبيوتر وغيره من التجهيزات المتطوِّرة لمعالجة الصُّور وإظهارها. ويلاحظ أن عناصرَ القرن الشِّحني أكثرُ حساسيةً للضوء من أفلام التصوير الفوتوغرافي، وذات قدرةٍ على تسجيل الأجرام الساطعة والخافتة في آنٍ معاً.

وكثيراً ما يُرفَق المقرابُ بأداة تسمى راسم الطيف spectrograph، إذ إن ضوء النجوم ليس لوناً واحداً بل مزيجاً من الألوان، أو الأطوال الموجيّة (الشكل 16.2). ويستنبط علماء الفلك جُلَّ معلوماتهم عن النجوم من هذه الأطوال الموجيّة المنفصلة، كما سنرى في الفصل الثالث إن شاء الله.



الشكل 16.2 يمكنك توليد طيف من ضوء الشمس (ضوء نجم). ضع مرآةً في حوضٍ من الماء بحيث تكون تحت الماء ومستندةً إلى جدار الحوض. اضبطْ وضعَ الحوض في ضوء الشمس الساطعة بحيث تقع أشعة الشمس على المرآة. حرِّك المرآة رويداً إلى أن ترى طيفاً على السقف أو على الجدار.

يقوم كاشف الطيف spectroscope بتفكيك ضوء النجوم إلى مكوِّناته من الأطوال الموجيَّة للمعاينة. يدخل الضوءُ كاشفَ الطيف من خلال شقٍّ ضيِّق نحو عدسة تسديد collimating lens تولِّد حزمةً من أشعة ضوءٍ متوازية. يتبدَّد هذا الضوء بفعل موشور prism أو شبكة (محزوز) grating إلى ألوانه (أطواله الموجيّة)، وهذا هو الطيف الذي يسجِّله راسم الطيف.

ما الغرض من راسم الطيف؟ .....

.....

الجواب: فَصْلُ كلِّ طولٍ موجيٍّ في حزمة ضوء وتسجيلُه.

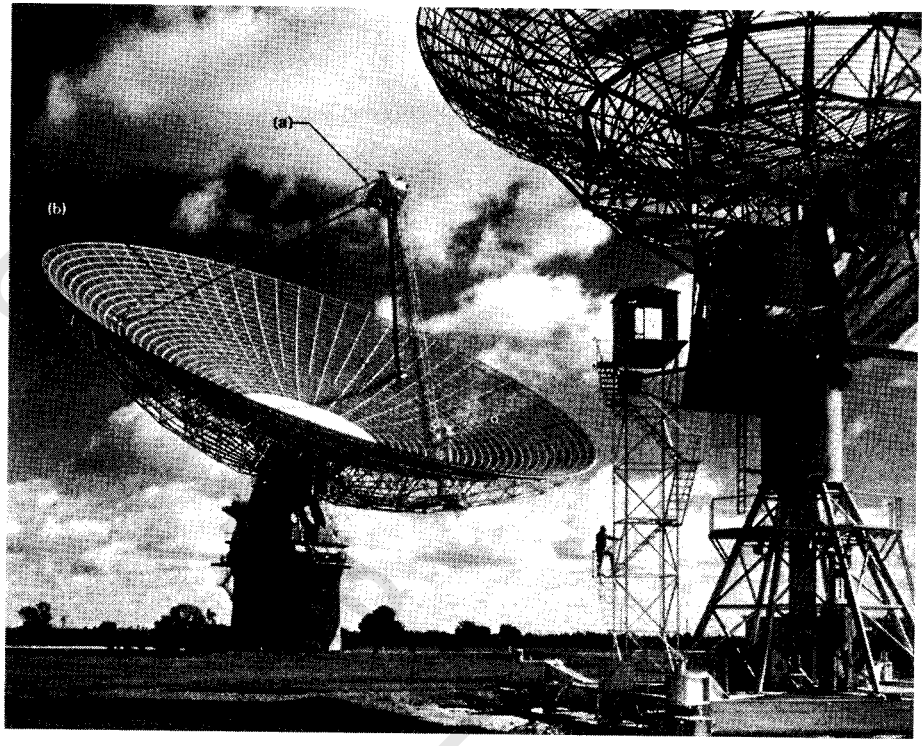
25.2 علم الفلك الراديوي

تتيح أنواعُ المقاريب الحديثة للفلكيين اليوم «النظر» لمسافاتٍ أبعد في أعماق الفضاء و«رؤية» مشاهد كونيةٍ أخّاذة أكثر من أيّ وقت مضى.

تَستعمل معظم المقاريب الراديوية radio telescopes هوائياً antenna مقعَّراً على شكل طبق، هو بمنْزلة المرآة الرئيسية في مقرابٍ بصري عاكس، وظيفته تجميع الأمواج الراديوية من الفضاء وتركيزها في بؤرة. ويجب أن يكون الهوائي كبيراً جداً ليتسنى له تجميع الأمواج الراديوية الطويلة، وتوليد صُوَرٍ واضحة (الشكل 17.2).

وليس بمقدورك رؤية هذه الأمواج الراديوية أو سماعها أو تصويرها مباشرةً، بل يعاد توجيهها إلى مستقبِلٍ راديوي radio receiver مولَّف يقوم بتضخيم صورتها الإلكترونية، وكشفها وتسجيلها. وقد يتمكن الكمبيوتر من إظهار صُوَرٍ راديويةٍ رقمية على شكل خريطة كفافية contour map تبيِّن شدة المنبع الراديوي (الشكل 19.6 ب)، أو على شكل صورةٍ شعاعية radiograph (لشكلان 18.6 و 19.6 أ)، وهي صورةٌ بالألوان الزائفة تُظهِر كيف يمكن أن «يبدو» المنبعُ الراديوي في الفضاء لمراقبٍ ذي «رؤيةٍ راديوية».

استُهِلَّ علم الفلك الراديوي سنة 1931 عندما اكتشفَ المهندسُ الأمريكي كارل جانسكي (1905 ـ 1950) Karl G. Jansky الأمواجَ الراديوية الآتية من مجرَّة درب التبانة. ومنذئذ تُستقبَل هذه الأمواجُ من منابعَ شتى تضمُّ شمسَنا، والكواكب، والغاز البينجمي البارد، والنجوم النبّاضة pulsar، والمجرّات النائية، والكوازرات quasars (أشباه النجوم).



الشكل 17.2 مقرابٌ راديويّ.

نذكر أن أكبر الهوائيات الراديوية في العالم طَبَقٌ ثابت بقطر 300 متر (1000 قدم) أُنشئ بوادٍ بين تلال منطقة آريسيبو Arecibo (پورتوريكو)؛ في حين أن أكبر مقرابٍ راديوي قابلٍ للتوجيه الكامل هو الهوائي الذي يبلغ قطره 100 متر (330 قدماً) ويقع في منطقة إفيلزبيرغ Effelsberg بألمانيا.

هذا ويُنتظَر أن يكون مقرابُ غرين بانك Green Bank Telescope (GBT)، وهو قيد الإنشاء في المرصد الوطني للفلك الراديوي (NRAO) بولاية ڤرجينيا الغربية، أعظمَ المقاريب الراديوية قدرةً وفاعليةً ودقةً وحساسيةً على الإطلاق. ومن سماته الفريدة أن طَبَقَه ـ الذي يبلغ قطره 100 متر (330 قدماً) ـ قد طوِّعَ خصِّيصَى لتوجيه الأمواج الراديوية جانباً، إلى حيث يلتقط جهازُ استقبالِ الإشاراتِ دون أن يحجب الطبق.

حدِّدِ الهوائيَّ والبؤرةَ الأولى للمقراب الراديوي المبيَّن في الشكل 17.2: (أ) ..... ؛ (ب) .....

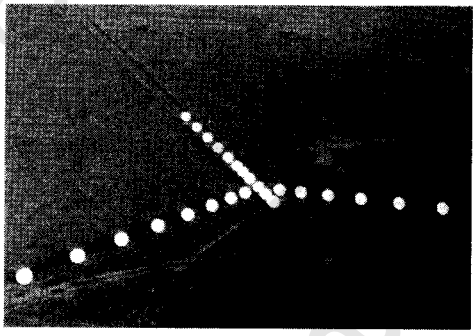
الجواب: (أ) البؤرة الأولى؛ (ب) الهوائي.

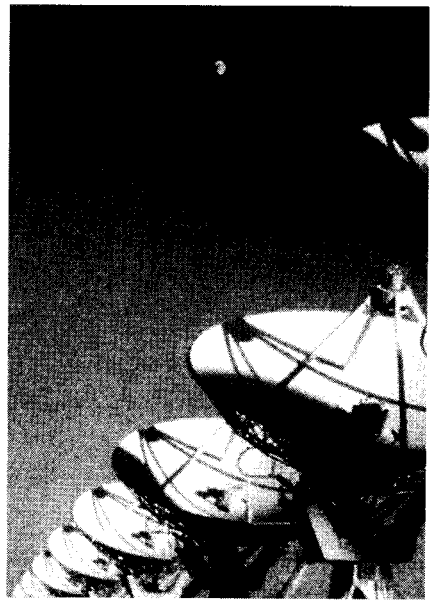
26.2 المقاريب الراديوية

تتمتع المقاريب الراديوية بمزايا عديدة؛ فهي تتيح لنا «رؤيةَ» أجرامٍ سماوية كثيرة تُطْلِق أمواجاً راديويةً قويّة ولا تطلق إلا القليل من الضوء المرئي، وكذلك «رؤيةَ» منابعَ راديويةٍ تقع خلف سُحُبٍ غباريةٍ بينجميةٍ في مجرَّتنا درب التبانة، من شأنها أن تطمس النجومَ المرئية (بسبب نفاد الأمواج الراديوية في هذه السُّحُب). ولما كان غلافنا الجوّي لا يعترض الأمواج الراديوية ولا يبعثرها، فيمكن استعمال المقاريب الراديوية في الأحوال الجوّية الغائمة وفي أثناء ساعات النهار.

وكما هو الحال في المقاريب البصرية، يمكن تحصيل معطياتٍ راديويةٍ أوسع وأدقّ بوساطة مجمِّعاتٍ collectors أكبر من كل ما سبق. وعن طريق ما يسمى بعملية توحيد الفتحة aperture synthesis تُدمَج أرصادُ مقرابَيْن راديويَّيْن، أو مقياسَيْ تداخل interferometers (أو أكثر)، يجري ربطها إلكترونياً بأجهزة كمبيوتر بغيةَ الحصول على مقدرةِ مَيْزِ طَبَقٍ مُجَمِّعٍ واحدٍ عملاق.

والصفيفة الضخمة جداً Very Large Array (VLA) هي المنشأة الأساسية في المرصد الوطني للفلك الراديوي لإجراء عملية توحيد الفتحة (الشكل 18.2)، وهي تقع في مكانٍ يرتفع 2100 متر (7000 قدم) في مدينة نيومكسيكو الأمريكية. تتكوَّن صفيفة VLA هذه من 27 طَبَقاً راديوياً متحركاً قطر كلٍّ منها 25 متراً (82 قدماً)، يمكن استعمالها بأشكالٍ مختلفة لتحاكي أداء طَبَقٍ راديويٍّ كامل التوجيه بقُطر 34 كيلومتراً (21 ميلاً). تتحكم أجهزةُ





الشكل 2.18 الصفيفة الضخمة جداً (VLA). (أ) تَنشر عدداً من الهوائيات يصل إلى 27 بأشكالٍ مختلفة في 72 محطة للرصد على امتداد نموذج على شكل حرف Y. يبلغ طول كل ذراع من Y زهاء 21 كم (13 ميلاً). (ب) مقراب VLA راديوي.

الكمبيوتر بالهوائيات، وتقوم بمعالجة المعطيات المرصودة وعرضها، ثم بإخراج صُوَرٍ شعاعية ذات مَيْزٍ معادلٍ لميز الصُّور الفوتوغرافية الملتقطة بمقراب بصريٍّ عاكسٍ عملاق.

يوفِّر قياسُ التداخل بخطٍّ قاعديٍّ طويلٍ جداً Very Long Baseline Interferometry (VLBI) أعلى درجات الميز؛ إذ تسجَّل المعطياتُ على شريطٍ مغنطيسي من أرصادٍ محكمة التنسيق يجري على منبعٍ راديويٍّ معيَّن، باستعمال هوائيَّيْن أو أكثر متباعدَيْن مسافةَ قاراتٍ أحدهما عن الآخر. وقد تُربَط المعطيات بالكمبيوتر لمحاكاة طَبَقٍ واحدٍ بكِبَرِ الأرض.

وتمتلك شبكةُ أعماق الفضاء Deep Space Network (DSN)، التابعة لوكالة أبحاث الفضاء الأمريكية (ناسا) NASA، مقاريبَ راديويةً في ثلاث قارّات؛ فتستعمل محطّاتها في الولايات المتحدة (كاليفورنيا) وإسبانيا

وأستراليا لأغراض الرصد بطريقة VLBI، إضافةً إلى استعمالها في الرحلات الفضائية. وغنيٌّ عن القول إن هذه المحطات مزوَّدة بمعدّات استقبال وإرسال ومعالجة معطيات واتصال في ما بينها، علماً بأن مركز التحكم يقع في مختبر ناسا للدفع النفاث NASA Jet Propulsion Laboratory في پاسادينا بكاليفورنيا.

تقوم صفيفةُ الخط القاعدي الطويل جداً Very Long Baseline Array (VLBA) برسم خرائط لأبعد المنابع الراديوية وأدقّ تفاصيلها. وتتألف هذه الصفيفة من عشرة مقاريب راديوية مؤتمتة بقطر 25 متراً (82 قدماً)، موزَّعةٍ في أنحاء الولايات المتحدة من هاواي إلى سانت كُروا St. Croix من جُزُر ڤيرجين آيلاندز. تعمل الهوائيات آلياً بتحكُّم من مركز العمليات في نيومكسيكو. وبمعالجة الكومبيوتر للمعطيات التي سجَّلَتْها الهوائيات العشرة جميعاً يمكن اصطناع مقرابٍ راديويٍّ وحيد بقطر 8000 كيلومتر (5000 ميل).

ترتفع مقدرة الميز إلى حدِّها الأعظمي باستعمال صفيفة VLBA مع مقاريب راديوية تدور حول الأرض.

اذكر ثلاث مزايا على الأقل لمقرابٍ راديويّ(1) .....؛ (2) .....؛ (3) .....؛ (4) .....

الجواب:

(1) يُظهِر المنابعَ الراديوية - وهي أجرام تضيء في حزمة الأطوال الموجيّة الراديوية.

(2) يَعْرض المنابعَ الراديويةَ الواقعة خلف سُحُب الغبار البينجمي في الأجزاء الخفيَّة على الرصد البصري من مجرة درب التبانة.

(3) يعملِ في الجوّ الغائم، وكذلك في النهار.

(4) يُظهِر المنابعَ الراديوية الواقعة وراء قدرة مشاهدتنا البصرية.

27.2 علم الفلك تحت الأحمر

المقاريب تحت الحمراء infrared telescopes هي في المقام الأول عاكساتٌ بصرية مزوَّدة بكاشفٍ حراريٍّ خاص عند البؤرة الأولى. تُستَر الكاشفات وتُبَرَّد إلى نحو 2 كلفن للتثبُّت من أنها تسجِّل ـ أولاً وبالذات ـ الأشعةَ تحت الحمراء الواردة من الفضاء، وليس الحرارةَ التائهة الصادرة عن الإنسان والمعدّات وجدران المراصد.

ولبخار الماء وثنائي أكسيد الكربون في الهواء خاصّية امتصاصٍ قوية للأشعة تحت الحمراء الواردة. وكان عالم الفلك الأمريكي فرانك لو Frank Low أول مَنْ أنشأ كاشفاً تحت أحمر حسّاساً للاستعمالات الفلكية عام 1963. واليوم تُتَّخذ قممُ الجبال العالية أمكنةً لتمركز المقاريب تحت الحمراء الكبيرة، حيث الهواء متخلخل وجافّ. وتعدّ قمةُ ماونا كيا Mauna Kea في هاواي، وارتفاعها 4200 متر (13،800 قدم) أفضلَ المواقع على الإطلاق. أما المقاريب التي هي أصغر حجماً فيتحقَّق ارتفاعها بحملها بالطائرات والمناطيد والصواريخ ومركبات الفضاء.

ومن المنتظَر اليوم أن تحمل الطائرةُ النفاثة المسمّاة بالمرصد الجوّي الطبقي لعلم الفلك تحت الأحمر Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy (SOFIA) مقراباً عاكساً بفتحة 2,5 م على ارتفاع 12 كم (40،000 قدم)، وكذلك أن يُطلَق مقرابٌ بفتحة 85 سم في مدار بوساطة منظومة المقاريب تحت الحمراء الفضائية Space Infrared Telescope Facility (SIRTF).

تصوِّر المقاريبُ تحت الحمراء المنابعَ الضوئية الباردة نسبياً، التي يغلب ألا تكون مرئية: من قبيل النجوم الباردة، والغبارِ الذي يخالط الغازَ البارد ومناطقَ التكوُّن النجمي، والأقراصِ حول ـ النجمية circumstellar disks (الشكل 2.12) التي يحتمل فيها وجود كواكب خارج نطاق المجموعة الشمسية extrasolar planets، والمذنَّبات comets. تخترق الأشعةُ تحت

الحمراء الغبارَ البينجمي بسرعةٍ أكبر مما تفعل الأشعةُ المرئية التي هي أقصر، فتكشف عن طبيعة أجزاء مختلفة من مجرَّتنا. هذه الأشعة لا يطمسها ضوءُ الشمس، ومن هنا إمكانية عمل المقاريب تحت الحمراء ليلاً ونهاراً.

ما الميزة الرئيسية للمقاريب تحت الحمراء؟

.....

الجواب: إظهارها للأجرام الباردة نسبياً التي قد لا تكون مرئية.

28.2 علم الفلك فوق البنفسجي والسيني والغامي

الفيزياء الفلكية العالية الطاقة high-energy astrophysics ميدان اختصاصٍ ديناميٌّ ناشئ، جُلُّ اكتشافاته حديثٌ لا يرقى إلى أبعد من ستينيات القرن العشرين. تُطْلَق مقاريبُ الأشعة فوق البنفسجية ultraviolet والسينية X-ray ومقاريبُ أشعة غاما gamma-ray، مع كاشفاتٍ ملائمة، إلى ما فوق طبقة الهواء الحاجب للأرض، ضمن مركباتٍ طوّافة في مدارات.

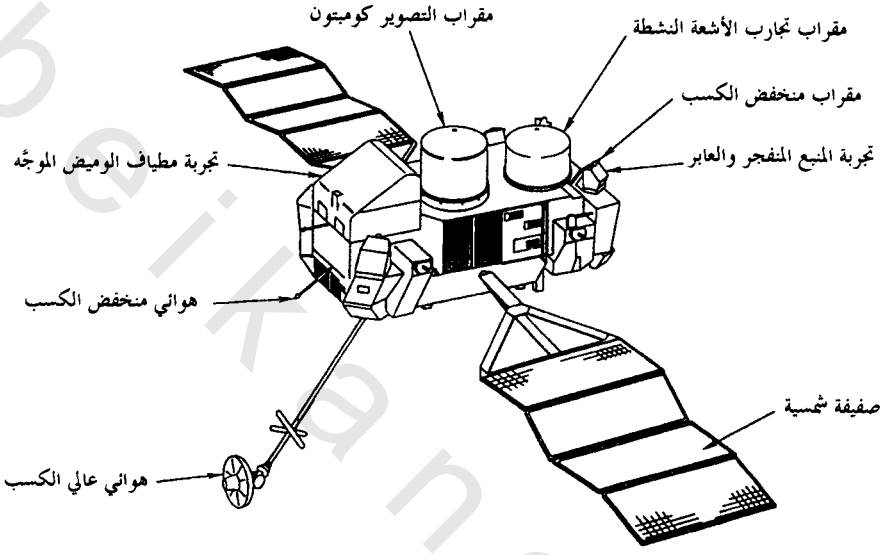
توفِّر الصفائفُ الشمسيةُ الكهرباءَ لتغذية الأجهزة وأدوات التحكم بالتوجيه. وتعمل المواد العازلة على حماية الأجهزة من الحرارة والبرودة المفرطتَيْن، ومن انخفاض الضغط، والجسيمات النشطة والإشعاع الفاعل في الفضاء. كذلك تعمل المقتفيات الفلكية[1] star tracker والجيروسكوبات على توجيه المراصد الفضائية وتحدِّد مواقعها بقرينة أجرامٍ سماويةٍ معروفة.

تجمع المقاريبُ العالية الطاقة الإشعاعَ القادم وتركّزه في بؤرة، في حين تسجِّل الكاشفات شدَّته وطاقته وأَمَده واتجاه مَنْشَئه. وتَستقبِل الهوائياتُ

(1) المقتفي الفلكي: جهاز يُستعمل مع خمسة أجهزة أخرى لرصد نجوم معيَّنة واقتفاء حركتها ليلاً ونهاراً، وبذلك تعطي بياناً مستمراً عن الاتجاه الزاويّ الأفقيّ وعن الموقع. يسمى أيضاً: astrotracker. (المعرِّب)

obeikandi.com

الراديوية الأوامر من المراقبة الأرضية وتبثّ المعطيات إلى الأرض.



الشكل 19.2 لمرصد كومبتون العامل بأشعة غاما أربعة أجهزةٍ لقياس الأشعة بأعلى درجات المَيز الزاويّ والحساسية.

تعالَج المعطيات وتسجَّل بواسطة الكومبيوتر بغية تحليلها، ثم تُعرَض رقمياً أو برسوم بيانيةٍ للشدّة بالنسبة إلى الزمن، أو كمجالٍ طاقيّ يبيِّن آليةَ توليد المنبع للأشعة السينية، ودرجةَ سطوعه، والزمن الذي يحافظ فيه على سطوعه، ونوعه من بين الأجرام. وبالإمكان معالجة المعطيات بحيث تولِّد أخيلةً بألوانٍ زائفة false color images، تُستعمل فيها الألوانُ لإظهار معالم أجرامٍ غير مرئية.

وما أكثر المشاهد فوق البنفسجية التي تُرصَد على الشمس والنجوم الحارّة والغُلُف الجوّية النجميّة والسُّحُب البينجمية، وكذلك على هالةٍ مجرّية

غازية حارّة، ومنابع تقع خارج المجرّة. من هذه الأرصاد ما تقوم به الربوت robot الأمريكي المسمّى بالكشاف الطيفي فوق البنفسجي البعيد Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer (FUSE) منذ سنة 1999 حتى اليوم، من سبرٍ لأخفت المنابع الضوئية وأقصاها.

كذلك قام مرصد كومپتون العامل بأشعة غاما Compton Gamma Ray Observatory ما بين سنتي 1991 و 2000، ويقوم مرصد تشاندرا السّيني Chandra X-ray Observatory منذ سنة 1999، بتصوير الأجرام النشِطة والحوادث الكونية العنيفة (الشكل 19.2).

وثمة من المنابع السينيّة والغاميّة أعدادٌ كبيرةٌ جداً تَظْهر كدفقاتٍ متفجِّرة من الإشعاع، ونجومٍ نبّاضة، وثقوبٍ سوداء، ومجرّاتٍ نشطة، وكوازراتٍ نائية.

ما اللافت بنوعٍ خاص في الأرصاد الحديثة باستعمال المقاريب فوق البنفسجية والسينية والغامية؟ .....

.....

.....

الجواب: أن الأشعة فوق البنفسجية والسينية والغامية الواردة تحمل طاقةً أكبر بكثير من الضوء المرئي. ولا بد أنها تتولَّد بفعل عملياتٍ غايةٍ في الفاعلية لم يدركها العلماء بعدُ إدراكاً كاملاً.

اختبار ذاتي

يُقصد بهذا الاختبار الذاتي الاطمئنان إلى تمكُّنك من المادة الواردة في الفصل الثاني وتمثُّلك لها. حاولِ الإجابة عن كلِّ سؤالٍ جَهدَ استطاعتك، ثم انظر في الأجوبة الصحيحة والتوجيهات الخاصة بالمراجعة في ذيل الاختبار.

1. لماذا كان النظر إلى النجوم طريقةً لتصوُّر مظهر الكون قبل سنواتٍ كثيرة؟ .....

.....

.....

.....

.....

2. (أ) اذكر أهم مناطق الطيف الإلكتروني، من أقصر طولٍ موجيّ (الطاقة العليا) إلى أطول طولٍ موجيّ (الطاقة الدنيا) .....

.....

.....

.....

(ب) ما الصفة التي تشترك بها كل الأمواج الكهرطيسية؟ .....

.....

3. اكتب الصيغة العامة التي تربط بين الطول الموجيّ وتردُّد الموجة .....

.....

4. بافتراض أنك ترصد نجماً لونه مائل إلى الزرقة، وآخر مائل إلى الحمرة. أيهما أشد حرارةً؟ وكيف تعرف ذلك؟ .....

obeikandl.com

.....

.....

5. عدّد النوافذ الثلاث (المجالات الطيفية) في الغلاف الجوي للأرض، الخاصة بالفلك الرصدي .....

6. ما الجزءان الرئيسيان من مقرابٍ يُستعمل لأغراض الرصد، وما وظيفة كلٍّ منهما؟ .....

.....

7. ما المزيَّتان الرئيسيتان للمقاريب العملاقة المستعملة لأغراض البحث؟

.....

لدينا مقرابان بالمواصفات التالية:

	نوع المقراب	
	عاكس (1)	كاسر (2)
قُطر العدسة الرئيسية أو المرآة الرئيسية	2 م	1 م
الطول البؤري للجسميّة	7,6 م	14,6 م
الطول البؤري للعينيّة	5 سم	1 سم

8. أيُّ المقرابين (1 أم 2) المذكورين في هذا الجدول

(أ) أكبر مقدرةً على تجميع الضوء؟

(ب) أجدى من حيث مقدرة الفصل (المَيْز)؟

(ج) أعلى من حيث درجة التكبير؟

9. اذكر أهم عاملَيْن لِحُسن الأداء المقرابي .....

.....

10. ما الغرض من راسم الطيف؟ .....

obeikandl.com

.....

11. اذكر ثلاثاً من مزايا المقراب الراديوي .....

.....

.....

12. ما الفائدة من إطلاق مقاريب في مركبات الفضاء؟ .....

.....

.....

.....

13. انسب كل أداةٍ مما يأتي إلى ما يناسبها من الأرصاد.

(أ) أخفت المنابع الراديوية وأقصاها.

(1) مرصد تشاندرا السّيني.

(ب) النجوم والغازات الحارّة جداً.

(2) الكشاف الطَّيفي فوق البنفسجي البعيد.

(ج) المنابع المرئية الباردة نسبياً.

(3) مقراب كيك.

(د) المنابع السينية.

(4) صفيفة بخطٍّ قاعديٍّ طويلٍ جداً.

obeikandl.com

الأجوبة

قارنْ أجوبتك عن أسئلة الاختبار الذاتي بالأجوبة الآتية، فإن وجدتَها صحيحةً كلَّها، انتقل إلى الفصل التالي، وإن أخطأتَ في بعضها فعُدْ إلى الفقرات ذات الصلة، والمشار إليها بين قوسين بعد الإجابة. وربما لزمك إعادة قراءة الفصل بكامله بدقةٍ أكبر إذا تعدَّدت أخطاؤك.

1. ينتشر ضوء النجوم بفعل شحناتٍ كهربائية موجودة في النجوم ذاتها. تَنْقل أمواجُ الضوءِ الطاقةَ من النجوم إلى الشحنات الكهربائية الموجودة في عيوننا. ومن المعلوم أن الأمواج تنتقل بسرعة فائقة ـ زهاء 300،000 كم (186،000 ميل) في الثانية. ومع ذلك فإن تريليونات الأميال التي تفصل النجومَ عن الأرض من شأنها أن تجعل رحلة الضوء تستغرق سنواتٍ كثيرة. وهكذا فإننا نرى النجوم على هيئتها التي كانت عليها قبل سنين كثيرة خلت، أي عندما بدأ ضوءُ النجوم رحلتَه إلى الأرض. (الفقرتان 1.2 و 5.2).

2. (أ) أشعة غاما، والأشعة السينية، والإشعاع فوق البنفسجي، والضوء المرئي، والإشعاع تحت الأحمر، والأمواج الراديوية.

   (ب) هي أن كل الأمواج الكهرطيسية تنتقل عبر الخواء بسرعةٍ واحدة هي سرعة الضوء ـ نحو 300،000 كم/ثا (186،000 ميل/ثا).

   (الفقرات: 3.2 و5.2 و8.2)

3. $c = F\lambda$ أو الطول الموجيّ = سرعة الموجة ÷ التردُّد

   (الفقرات: 2.2 و5.2 و6.2 و8.2 و9.2)

4. النجم ذو اللون المائل إلى الزرقة أشدُّ حرارة. نعلم من قانون فين في الإشعاع أنه كلما قَصُرَ الطولُ الموجيُّ الذي يُطلِق النجمُ عنده أعلى درجات ضوئه، كان النجمُ أشدَّ حرارة. إن الطول الموجيّ للضوء

الأزرق أقصر من الطول الموجيّ للضوء الأحمر.

(الفقرتان: 2.2و 10.2)

5. البصرية (الضوء المرئي)، والراديوية، وتحت الحمراء.

(الفقرة: 11.2)

6. (1) المرآة أو العدسة الرئيسية (الجسميّة): لتجميع الضوء وتأليف الصورة.

(2) العدسة العينيّة: لتكبير الصورة التي ألَّفَتْها المرآةُ أو العدسةُ الرئيسية.

(الفقرات: 12.2 و14.2 و15.2)

7. مقدرة أعلى لتجميع الضوء، ومقدرة مَيْزٍ أكبر.

(الفقرات: 12.2 و19.2 و23.2)

8. (أ) 1؛ (ب) 1 ؛ (ج) 2.

(الفقرات: 12.2 و19.2 و20.2)

9. قياس المرآة أو العدسة الرئيسية ونوعيّتها. (علماً بأن الحاضن الثابت عاملٌ مهمٌّ كذلك).

(الفقرة: 12.2 والفقرات: 17.2 إلى 23.2 ضمناً)

10. فصل وتسجيل الأطوال الموجيّة في حزمةٍ ضوئية، كلاً على حدة.

(الفقرة: 24.2)

11. يَكشف المنابعَ الراديوية؛ ويُظهِر المنابع الراديوية المتوارية عن النظر خلف سُحُب الغبار البينجمي في مجرّة درب التبانة؛ ويمكن أن يعمل نهاراً وفي الأحوال الجويّة الغائمة؛ وكذلك يُظهِر المنابعَ الراديويةَ الواقعةَ وراء قدرة إبصارنا.

obeikandl.com

(الفقرتان: 2.25 و 2.26)

12. المرْكبات الفضائية تنقل المقاريبَ إلى ما وراء الغلاف الجوّي للأرض (الذي هو عامل حجب)، فيغدو ممكناً رصدُ أشعةِ غاما والأشعةِ السينية والمنابعِ فوق البنفسجية التي يتعذَّر رصدها من الأرض. وبسببٍ من غياب هذه الضبابية الجوّية أو التداخل الراديوي، يعمل المقراب الفضائي عند الحدود العملية لمقدرة المَيْز فيه.

(الفقرات: 2.11 و2.21 و2.26 و2.27 و2.28)

13. (أ) 4 ؛ (ب) 2 ؛ (ج) 3 ؛ (د) 1.

(الفقرات: 2.23 و2.26 و2.28)

obeikandl.com