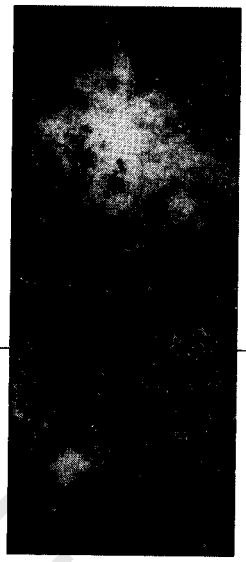
1

إدراك حقيقة السماء المرصَّعة بالنجوم



الأفق كأس فوقنا مقلوبةٌ كم تحتها خُدِعَ اللبيبُ الأحزمُ
لا ترتجي يا نفس منها موئلاً فمآلها نحو الفناء محتمُ

رباعيات عمر الخيَّام (1048 ـ 1131)

الأهداف:

- تحديد مواقع الأجرام السماوية عن طريق مَطْلَعها المستقيم ومَيْلها على الكرة السماوية.
- تعرُّف بعض النجوم الساطعة والكوكبات النجمية التي تُرى في كلِّ فصلٍ من فصول السنة.
- تفسير ما يبدو من أن النجوم تتحرك على مساراتٍ قوسية الشكل في السماء ليلاً.
- تفسير ظهور بروجٍ مختلفةٍ في السماء في كل فصلٍ من فصول السنة.
- تعليل الحركات الظاهرية اليومية والسنوية للشمس.
- تعريف دائرة البروج.

obeikandl.com

- وصف مظهر السماء المرصَّعة بالنجوم عند رؤيتها من خطوط عرض مختلفةٍ على الأرض.
- تعريف اليوم النجمي واليوم الشمسي، وبيان سبب اختلافهما.
- بيان طرائق علماء الفلك في تصنيف الأجرام السماوية وفقاً لسطوعها الظاهري (لأقدارها).
- تفسير سبب تغيُّر نجم القطب وموقع الاعتدال الربيعي على مدى آلاف السنين.

1.1 المشهد كما يراه الراصد:

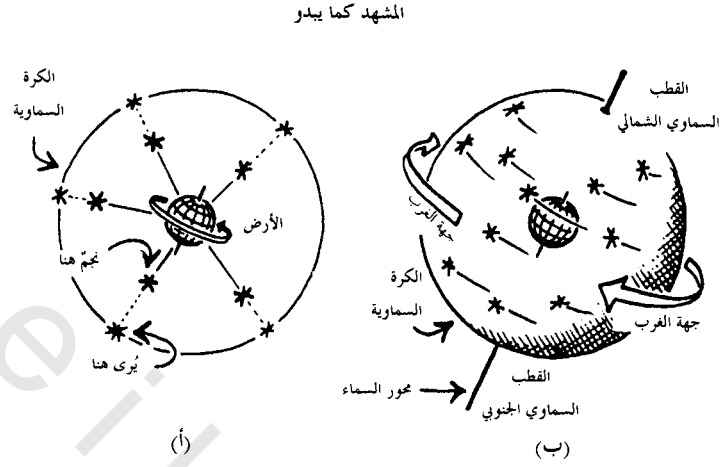
في ليلةٍ صافيةٍ وحالكة تبدو السماءُ كقبةٍ عملاقة مرصَّعة بالنجوم، فندرك دون عناء لماذا كان الأقدمون يعتقدون أن السماء بنجومها كرةٌ هائلةٌ تدور حول الأرض.

ونحن نعلم اليوم أن النجوم نائية، وأن الشموسَ المتَّقدة تنطلق بأقصى سرعة عبر الفضاء على مسافاتٍ مختلفة من الأرض، وأن الأرض تدور rotate يومياً حول محورها axis (وهو الخط الوهمي الواصل بين القطبين الشمالي والجنوبي عبر مركزها).

لكن صورة السماء على أنها كرة هائلة الحجم جوفاء تحوي النجوم وتدور حول الأرض مازالت مفيدة حتى اليوم. يطلق الفلكيون على هذه الصورة المفترضة للسماء اسم الكرة السماوية celestial sphere. (كلمة celestial مشتقة من كلمة لاتينية تعني السماء).

يستعين الفلكيون بالكرة السماوية لتحديد مواقع النجوم والمجرّات، ورسم مسارات الشمس والقمر والكواكب طوال العام. فعندما تنظر إلى النجوم تخيَّلْ نفسك داخلَ الكرة السماوية تنظر نحو الخارج (الشكل 1.1).

obeikandl.com



الشكل 1.1 **(أ) تبدو نجوم السماء، لراصد على الأرض، على درجةٍ واحدة من البُعد عنه. (ب) نتمثَّل النجومَ ثابتةً على كرةٍ سماوية دوّامة نحو جهة الغرب يومياً (أي خلافاً لاتجاه الدوران الفعلي للأرض على محورها).**

لماذا تبدو النجوم على الكرة السماوية متحرّكةً ليلاً عند رصدها من الأرض؟ .....

.....

الجواب: لأن الأرض تدور على محورها داخل الكرة السماوية.

2.1 البروج (الكوكبات)

من الممتع فعلاً ـ بعد شيء من الدربة ـ أن تخرج لترقب السماء وترى نجماً فتيّاً أبيض مائلاً إلى الزرقة، أو نجماً عملاقاً أحمر مندثراً. وقد لا تعتقد في نفسك القدرةَ على تمييز نجمٍ من نجمٍ بادئ الأمر، إلا أنك ستفعل بالتأكيد.

والخرائط النجمية القابلة للنّزع، المثبتة في آخر هذا الكتاب، وُضِعتْ خِصِّيصَى للفلكيين المبتدئين الذين يرصدون قريباً من خط العرض 40°

شمالاً. (إنها مفيدة لرعاة السماء الأغرّة على خطوط العرض المتوسطة لنصف الكرة الشمالي).

تَظهر النجومُ وكأنها تنتمي إلى مجموعات تؤلِّف نماذجَ متميِّزةً في السماء. تسمى هذه النماذجُ النجمية بروجاً أو كوكبات constellations. واعلمْ أن تدرُّبك على تعيين أشْهَر البروج يعينك على تمييز نجومٍ فرادى فيها.

والبروج الثمانية والثمانون التي أقرَّها رسمياً الاتحادُ الفلكي الدولي International Astronomical Union مدرَجةٌ في الملحق رقم 1. وتَعرض الصُّورُ النجميةُ أشهَرَ البروج المتألقة في خطوط العرض هذه، مع الإشارة إلى أن أسماءها اللاتينية وأسماء المجموعات النجمية asterisms غير الرسمية الشائعة مثبتةٌ بحروفٍ كبيرة مميزة.

وقد أطلق الناسُ منذ آلاف السنين على البروج بعضَ أسماء الحيوانات كالأسد Leo (الشكل 2.1)، أو أسماء شخصياتٍ أسطورية كالصياد الجبار Orion (انظر الشكل 1.5). هذا وقد بلغ عدد البروج التي عرفها قدماء الإغريق منذ ما ينوف على ألفَيْ سنة خلت ثمانيةً وأربعين برجاً.

أما اليوم فيَستعمل علماءُ الفلك الأسماءَ التاريخية للبروج بغية الإشارة إلى 88 جزءاً من السماء، بدلاً من الأسماء الأسطورية القديمة. وهم يستعينون بأسماء البروج لتحديد مواقع الأجرام؛ فقولهم مثلاً إن كوكب المريخ في برج الأسد يساعد على تحديد موقع ذلك الكوكب، تماماً كما القول بأن مدينة هيوستن هي في ولاية تكساس يساعد على تحديد موقع تلك المدينة.

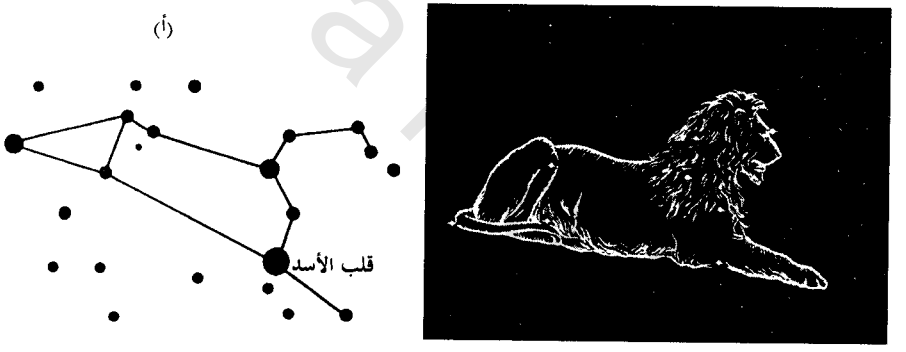
انظر في خرائطك النجمية ولاحظ أن الخط المتقطِّع يشير إلى فلك البروج ecliptic، وهو المسار الظاهري للشمس حيال نجوم الخلفية. إن البروج الاثني عشر الواقعة حول فلك البروج تؤلِّف دائرة البروج المألوفة

أسماؤها لمن يقرأون الطالع.

اذكر أسماء البروج الاثني عشر[1] .....

.....

الجواب: الحوت، الحَمَل، الثور، الجوزاء (التوأمان)، السرطان، الأسد، العذراء (السنبلة)، الميزان، العقرب، القوس (الرامي)، الجدي، الدَّلو.



الشكل 2.1 يُرى برجُ الأسد أوضحَ ما يكون في أوائل الربيع عندما يكون في كبد السماء. (أ) أسطع نجومه Regulus (قلبُ الأسد) يدل على موقع القلب منه، في حين تصوّر النجومُ الستة التي تؤلّف شكلاً منجلياً لِبْدَته، ومثلّثُ النجوم جزءه الخلفي وذيله. (ب) الأسد.

(1) جُمعت أسماء البروج في هذين البيتين اللطيفين:

حَمَلَ الثورُ جوزةَ السرطانِ ورعى الليثُ سنبلَ الميزانِ

ورمى عقربٌ بقوسٍ لجدي نزحَ الدلوُ بِرْكةَ الحيتـــانِ (المعرّب)

obeikan.com

3.1 البروج حول القطبين

تَفحَّص خرائطَك النجمية بدقة، لتلاحظ وجود عدة بروجٍ حول ـ قطبية circumpolar constellations على الخرائط الأربع، قريباً من القطب السماوي الشمالي (موسومة هكذا: +POLE).

إنها بروجٌ حول القطب الشمالي north circumpolar constellations، تظهر فوق الأفق الشمالي طوال السنة قريباً من خط العرض 40° شمالاً (الشكل 3.1). ويلاحظ عند خط العرض هذا أن القطبَ السماوي الجنوبي وما يجاوره من البروج حول القطب الجنوبي south circumpolar constellations لا ترتفع فوق الأفق في أي ليلةٍ من السنة.

اذكر البروج حول ـ القطبية الثلاثة التي هي أقرب إلى نجم القطب Polaris، وارسم معالمها الخارجية .....

.....

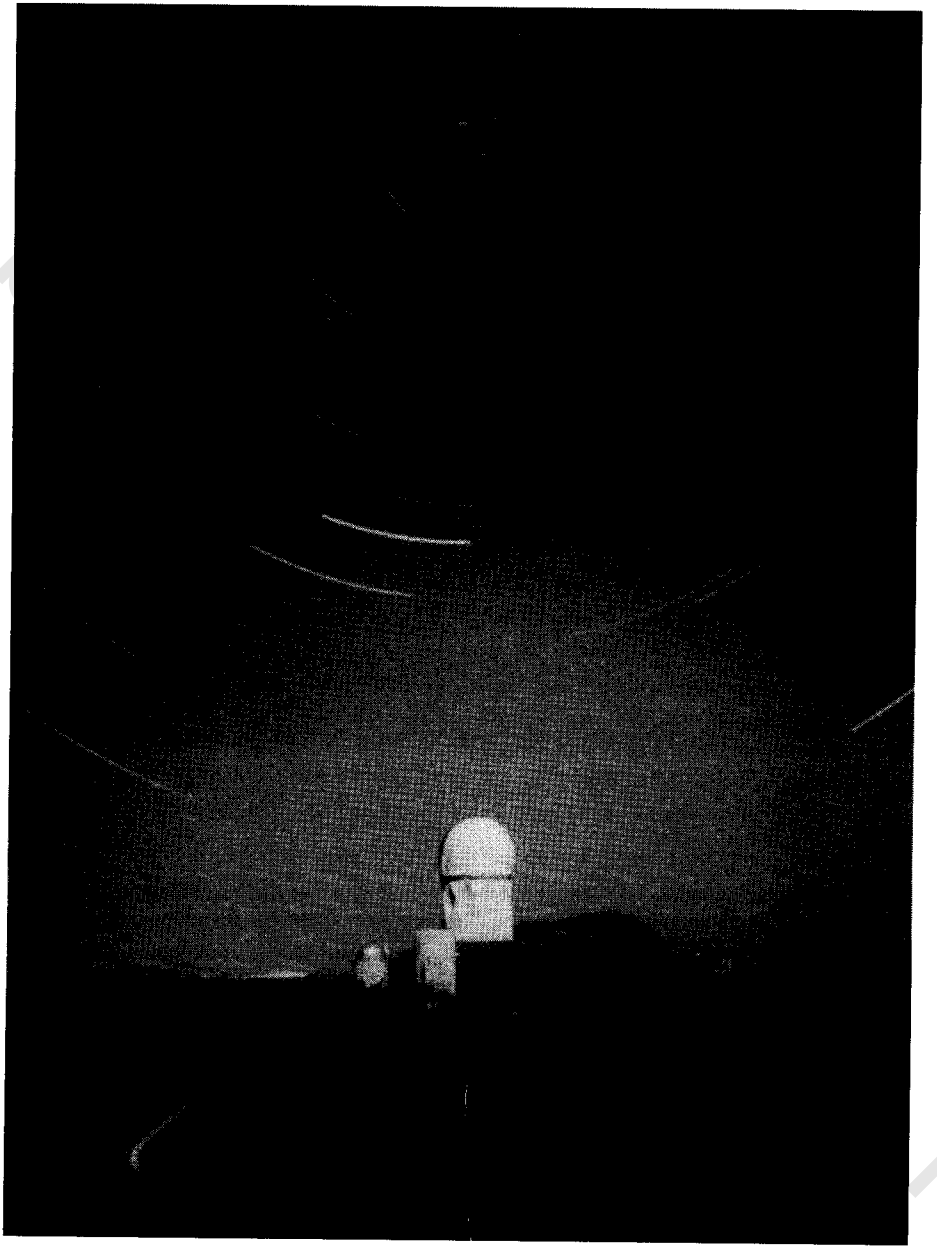
.....

.....

الجواب: البروج حول ـ القطبية الثلاثة التي ستتمكن من تبيُّنها على الخرائط النجمية هي ذات الكرسي Cassiopeia وقيفاوس Cepheus والدب الأصغر Ursa Minor. حاول ـ بعد أن تعرف حدودها الخارجية ـ العثور عليها في السماء فوق الأفق الشمالي. ملاحظة: عند خط العرض 40° شمالاً أو أعلى من ذلك يكون برجا الدب الأكبر Ursa Major والتنّين Draco حول القطب أيضاً.

4.1 كيف تستعمل الخرائط النجمية

يمكنك استعمال الخرائط النجمية في منطقةٍ مكشوفة لتعرُّف البروج والنجوم التي تراها في السماء ليلاً، وتحديد مواقع ما تريد رصده منها.



الشكل 3.1 صورة ملتقطة بطريقة التعريض الزمني، بتوجيه المصوِّرة إلى القطب السماوي الشمالي فوق مرصد كيت بيك Kitt Peak الوطني في الولايات المتحدة. تظهر آثار مسارات النجوم التي تدل على الدوران الفعلي للأرض.

اخترْ الخريطة التي تصوِّر السماءَ في الشهر والوقت الذي ترصد أنت فيهما. اقلب الخريطة بحيث يظهر اسم الاتجاه البوصلي المقابل لك في قاعدة الخريطة. ستجد بعد ذلك أن خريطتك النجمية تعطيك صورةَ السماء، من القاعدة إلى المركز، كما تراها أنت من خط أفقك إلى النقطة الواقعة فوق رأسك مباشرة [على الكرة السماوية].

فإذا كان مكانُ وجودك مقابلاً جهة الشَّمال عند الساعة العاشرة ليلاً أوائلَ شهر نيسان (أبريل) مثلاً، فاقلب الخريطة بحيث تكون كلمة NORTH (الشَّمال) عند القاعدة. قد تتمكن الآن من أن ترصد ـ اعتباراً من الأفق ونحو الأعلى ـ بروجَ ذات الكرسي وقيفاوس ومجموعة الدب الأصغر (في كوكبة الدب الأصغر)، ومجموعة الدب الأكبر (في كوكبة الدب الأكبر).

سمِّ برجاً معروفاً يسطع جهةَ الجنوب قرابة الساعة الثامنة ليلاً في مستهل شهر شباط (فبراير) .....

الجواب: الجبّار.

5.1 كيف تتعرَّف البروج

تتراءى البروجُ الواقعة فوق الأفق الجنوبي في الليل، وتتغيَّر بتغيُّر فصول السنة. اقلب كل خريطة بحيث تكون الكلمة SOUTH (الجنوب) عند القاعدة. استعمل خرائطك النجمية لتعرُّف أشهَرِ البروج التي تسطع في كل فصل (مثل برج الأسد في الربيع وبرج الجبار في الشتاء).

تعرَّفْ ثلاثة بروجٍ يمكن رؤيتها هذا الفصل، وعبِّر عنها برسوم تخطيطية .....

.....

.....

الجواب: تتوقف إجابتك على الفصل الذي أنت فيه؛ فإذا كنتَ تقرأ الكتاب في فصل الربيع مثلاً فقد يقع اختيارك على بروج الأسد والعذراء والعَوَّاء.

6.1 أسماء النجوم ✪

أطلق القدماءُ على أكثر من 50 من أسْطَعِ نجوم السماء أسماءً عربيةً ويونانيةً ولاتينية. وأنت تجد أسماء النجوم الساطعة أو المعروفة مطبوعةً على خرائطك النجمية بحروفٍ استهلالية كبيرة.

يستعمل الفلكيون اليوم حروفاً وأرقاماً لتعريف مئات آلاف النجوم، فيشيرون إلى أسطع النجوم في برجٍ ما بحرفٍ يوناني مقروناً باسم الكوكبة اللاتيني بصيغة الإضافة أو النسبة. وقد جرت العادة على أن يُرمز لأسطع النجوم في كوكبةٍ ما بالرمز اليوناني α (ألفا)، وإلى الذي يليه سطوعاً بالرمز β(بيتا)، وهكذا. (انظر الأبجدية اليونانية في الملحق رقم 3). وهكذا يشار إلى نجم قلب الأسد Regulus باسم α Leonis، أو أسطع نجوم كوكبة الأسد. أما أضعف النجوم سطوعاً (وهي غير مدرجةٍ في الخرائط) فتُعرف بأرقامٍ خاصة في الفهارس النجمية الدليلة.

هذا ولا يمكنك في المدن المكتظّة أن ترى سوى أسطع النجوم؛ فإذا ابتعدتَ عن أضواء المدينة وأبنيتها وكانت السماءُ حالكةً وصافية، تمكَّنتَ من رؤية زهاء 2000 نجم بعينك المجرَّدة.

بالرجوع إلى خريطة السماء في الصيف، سمِّ النجومَ الثلاثة الساطعة التي تعيِّن رؤوسَ المثلث الصيفي Summer Triangle المعروف .....

.....

الجواب: النسر الواقع Vega وذَنَب الدجاجة Deneb والنسر الطائر Altair. ابحثْ عن المثلث الصيفي في السماء صيفاً.

7.1 السطوع ✪

تبدو بعضُ النجوم في السماء أسطعَ من بعضها الآخر. إن القَدْر الظاهري apparent magnitude لجِرم سماوي هو معيار سطوعه الملحوظ من الأرض، فقد تبدو النجوم ساطعةً لأنها تُصْدِر كمّاً كبيراً من الضوء، أو بسبب قربها من الأرض نسبياً.

في القرن الثاني قبل الميلاد قام الفلكي الإغريقي هيپارخوس Hipparchus بتقسيم النجوم المرئية إلى ستة أصناف، أو أقدار، تبعاً لدرجة سطوعها النسبي، فرقَّم الأقدار من 1 (الأكثر سطوعاً) إلى 6 (الأقل سطوعاً).

ويعتمد الفلكيون اليومَ صيغةً أكثر دقّةً لنظام التصنيف القديم؛ فبدلاً من تقدير درجة السطوع بالعين المجرَّدة يستعملون جهازاً يسمى المضواء أو مقياس الضوء photometer لقياس درجة السطوع. ويذكر أن أقدار أسطع النجوم سلبية: فَقَدْرُ أسطع نجم ليلي، وهو الشِّعرى اليمانية Sirius، هو 1,46−. وتراوِح الأقدار بين 26,72− للشمس وقرابة 28+ لأخفت الأجرام المرصودة بالمقاريب الكبيرة، علماً بأن فارق قَدْرٍ واحد يعني نسبةَ سطوعٍ تقارب 2,5.

إن الأقدار مدوَّنةٌ على الخرائط النجمية وفي الجدول 1.1. فمثلاً نحن نستقبل من نجم النسر الواقع Vega، وقدره 0، قدراً من الضوء أكبر بنحو 2,5 مرتين مما نستقبله من نجم ذَنَب الدجاجة Deneb ذي القدر 1، وقدراً أكبر بنحو 6,3 مرات مما نتلقّاه من نجم القطب ذي القدر 2. (ستناقش الأقدار بفضل بيان في الفقرة 14.3).

ماذا يعني الفلكيون بالقَدْر الظاهري؟ .....

.....

الجواب: درجة ما يبدو عليه جرمٌ سماويٌ من سطوع.

8.1 تحديد المواقع على الأرض

كلما ازداد إدراكك لحركة النجوم ازدادت متعتك برصدها. إن نموذج الكرة السماوية celestial globe يساعدك على تحديد مواقع الأجرام السماوية، تماماً كما يساعدك نموذج الكرة الأرضية terrestrial globe على تحديد مواقع أماكن على الأرض.

تذكَّر كيف تعمل الخرائط الأرضية؛ فنحن نصوِّر الأرضَ كرةً نرسم عليها خطوطاً وهميةً نسترشد بها، وتقاس كلُّ الأبعاد والمواقع اعتباراً من خطَّين مرجعيَّين رئيسيَّين معلَّمَيْن بـ 0°، أحدهما ـ وهو خط الاستواء equator- يمثِّل الدائرةَ العظمى التي تتوسط المسافةَ بين القطبين الشمالي والجنوبي والتي تقسم الكرة نصفين؛ والآخر ـ وهو خط الزوال الرئيسي أو دائرة الطول الأساسية prime meridian- يمتدّ من قطبٍ إلى قطب عبر غرينتش بإنكلترا.

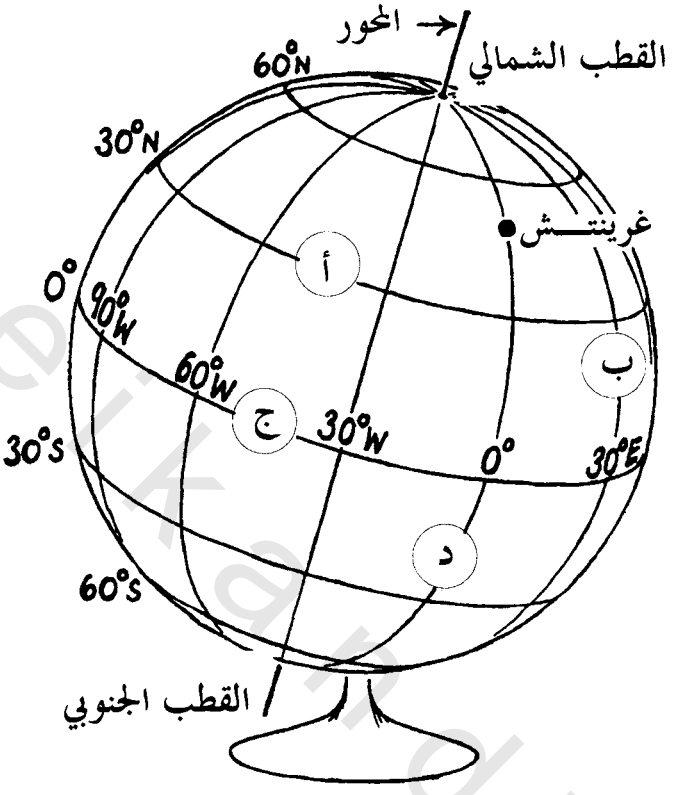
تسمى الخطوطُ الوهمية الموازية لخط الاستواء بخطوط العرض latitude lines، وتلك الممتدة بين القطبين بخطوط الطول longitude lines (أو دوائر الزوال meridians). ويمكن تحديد موقع أيّ مدينةٍ على الأرض إذا عُرفت إحداثياتها بالنسبة إلى خطوط العرض والطول. كذلك يمكن قياس المسافات على سطح الكرة الأرضية بتقسيم هذه الأخيرة إلى 360 قسماً تسمى الدرجات (°) degrees. (انظر تعريف القياس الزاويّ في الملحق 3).

انظر إلى نموذج الكرة الأرضية في الشكل 4.1، وحدِّد عليه خط الاستواء، وخط الزوال الرئيسي، وخط العرض 30° شمالاً، وخط الطول 30° شرقاً.

(أ) .....؛ (ب) .....؛

(ج) .....؛ (د) .....

الجواب: (أ) 30° شمالاً؛ (ب) 30° شرقاً؛ (ج) خط الاستواء؛ (د) خط الزوال الرئيسي.

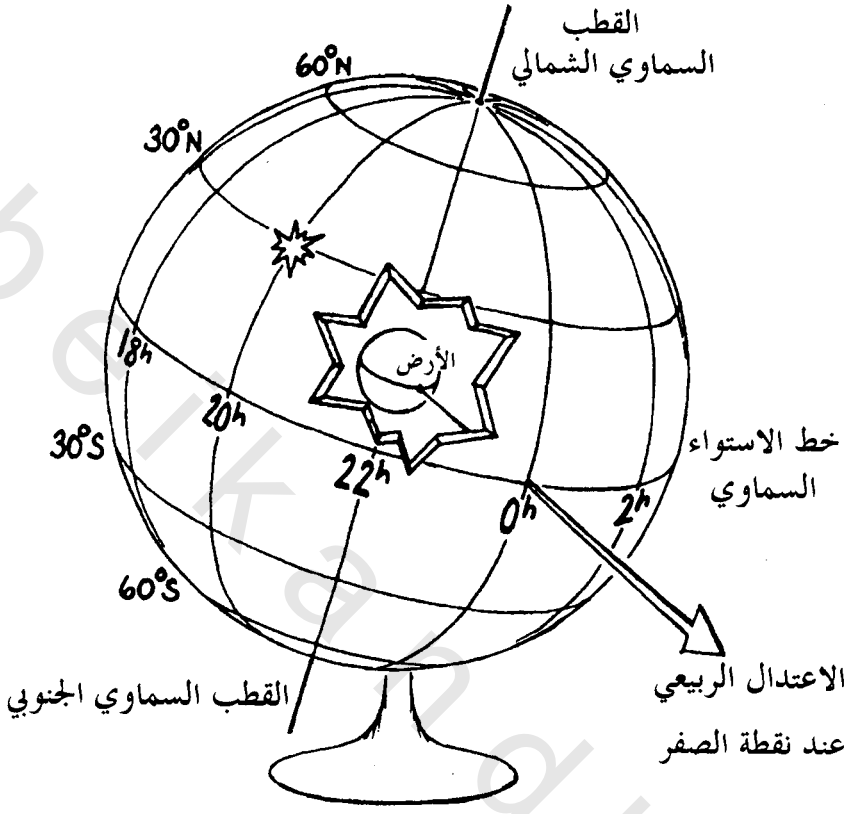


الشكل 4.1 نموذج الكرة الأرضية.

9.1 الإحداثيات السماوية

يرسم الفلكيون على الكرة السماوية خطوطاً وهميةً أفقيةً وشاقولية شبيهةً بخطوط العرض وخطوط الطول على الأرض، ويستعملون لهذه الغاية إحداثياتٍ سماويةً لتحديد مواقع الأجرام السماوية.

فخط الاستواء السماوي celestial equator هو مسقط خط الاستواء الأرضي على السماء. يُسمّى البُعدُ الزاويُّ فوق خط الاستواء السماوي وتحته المَيْل declination (أو dec). أما البُعد المقيسُ باتجاه الشرق على امتداد خط الاستواء السماوي من نقطة الصفر ـ التي تسمى الاعتدال الربيعي vernal



الشكل 5.1 نموذج الكرة السماوية.

equinox فيُسمّى مَطْلعاً مستقيماً right ascension (أو RA) يُقاس بالساعات (h)، حيث $1^h = 15°$.

وكما يمكن تحديد موقع أي مدينةٍ على الأرض عن طريق إحداثيات خطوط الطول والعرض، كذلك يمكن تحديد موقع أي جِرمٍ سماويٍّ على الكرة السماوية عن طريق إحداثيات مَطْلعه المستقيم ومَيْله.

حدِّد موقع النجم المبيَّن في الشكل 5.1 .....

.....

الجواب: مَطْلَع مستقيم 20^h، ميل $30°$ شمالاً.

10.1 تحديد المواقع على الكرة السماوية

إن لكل نجم موقعاً على الكرة السماوية، وهو موقعه الذي يظهر عند النظر إليه من الأرض. إنّ مَيْلَ النجوم ومطلعَها المستقيم لحقبةٍ epoch نظامية (أي لنقطةٍ زمنيةٍ تُختار مرجعاً ثابتاً) يتغيّر تغيُّراً طفيفاً على مدى سنواتٍ كثيرة، ويمكن قراءتها من نموذج كرةٍ سماوية أو من أطلسٍ نجمي أو من برمجياتٍ كومبيوترية (انظر مثلاً الجدول 1.1 الذي ستعود إليه مراراً عند تناوُل ما فيه من معلومات ضمن فصول مقبلة من الكتاب).

تتغيَّر مواقع الشمس والقمر والكواكب على الكرة السماوية بانتظام. ويمكنك معرفة مواقعها الشهرية من أحدث المنشورات الفلكية أو من مواقع وِبْ Web أو البرمجيات الكومبيوترية (انظر «المصادر المفيدة»).

في حقبةٍ معيَّنة، قد تتحدَّد مواقع النجوم عند الإحداثيات نفسها تقريباً على الكرة السماوية، في حين تتغيَّر مواقع الشمس والقمر والكواكب بانتظام. فسِّر ذلك .....

.....

.....

.....

الجواب: لما كانت النجومُ أجراماً نائيةً جداً عن الأرض، تعذَّر إمكان رؤية حركتها بالعين المجرَّدة، مع أنها تنتقل عدة كيلومترات في الثانية في اتجاهاتٍ مختلفة. أما الشمس والقمر والكواكب فهي أقرب إلى الأرض بكثير، فتتسنى لنا رؤية حركتها بالنسبة إلى النجوم البعيدة.

الجدول 1.1 أسْطَعُ النجوم

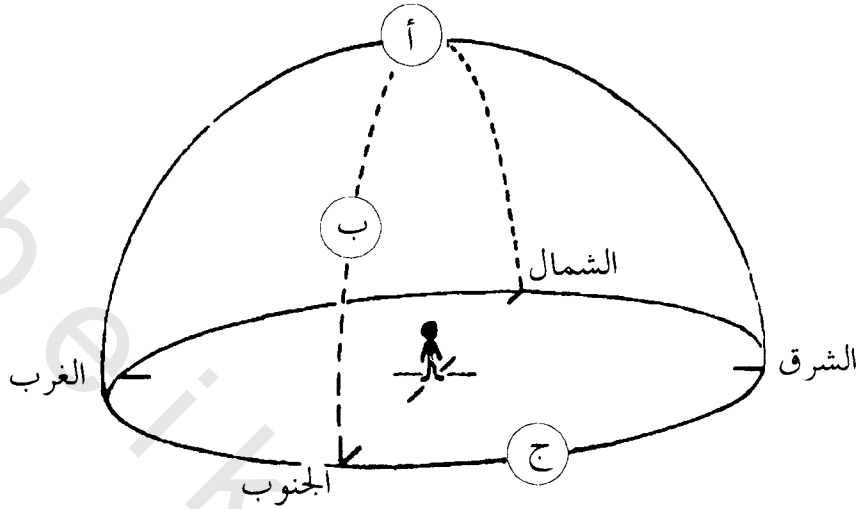
	اسم النجم	قَدْرُه الظاهري	مطلعه المستقيم h	m	مَيْلُه °	´	صنفه الطيفي	بُعده (ly)	قَدْرُه المطلق
الشمس		-26.72	-	-	-	-	G	8 lm	4.8
الشِّعرى اليمانية	α الكلب الأكبر	-1.44	06	45	-16	43	A	9	1.5
سُهَيْل	α كارينا	-0.62	06	24	-52	41	A	313	-5.4
رِجْل قنطورس	α قنطورس	-0.01	14	40	-60	50	G	4	4.2
السِّماك الرامح	α العوّاء	-0.05	14	16	+19	11	K	37	-0.6
النسر الواقع	α الشلياق	0.03	18	37	+38	47	A	25	0.6
العَيّوق	α ذو الأعنّة	0.08	05	17	+46	00	G	42	-0.8
الرِّجل	β الجبّار	0.18	05	15	-08	12	B	773	-6.6
الشعرى الشامية (الغميصاء)	α الكلب الأصغر	0.41	07	40	+05	14	F	11.4	2.8
آخر النهار	α النهر	0.45	01	38	-57	14	B	144	-2.9
منكب الجوزاء	α الجبّار	0.45	05	55	+07	24	M	522	-5.0
حَضار	β قنطورس	0.58	14	04	-60	22	B	526	-5.5
النسر الطائر	α العُقاب	0.76	19	51	+08	52	A	17	2.1
الدبران	α الثور	0.87	04	36	+16	30	K	65	-0.8
السنبلة	α العذراء	0.98	13	25	-11	09	B	262	-3.6
قلب العقرب	α العقرب	1.06	16	30	-26	26	M	604	-5.8
رأس الجوزاء	β الجوزاء	1.16	07	45	+28	02	K	34	1.1
فم الحوت	α الحوت الجنوبي	1.17	22	58	-29	38	A	25	1.6
الذنَب	α الدجاجة	1.25	20	41	+45	17	A	1467	-7.5
نَيِّر نُعَيم	α الصليب	1.25	12	27	-63	05	B	321	-4.0
الصليب الجنوبي	β الصليب	1.25	12	48	-59	41	B	352	-4.0

المختصرات:

المطلع المستقيم: h = ساعات؛ m = دقائق زمنية.

المَيْل: ° = درجات؛ ´ = دقائق قوسية.

ly = (light year) سنة ضوئية. lm = (light minute) دقيقة ضوئية.



الشكل 6.1 خطوط المرجع الموضعية لراصد.

11.1 خطوط المرجع الموضعية

إن خطوط المَيْل والمطلع المستقيم ثابتة بالنسبة إلى الكرة السماوية وتتحرك معها وهي تدور حول الراصد. لكن ثمة خطوطاً مرجعيةً أخرى مفيدة تتصل بموقع كل راصد، وتظلُّ ثابتةً مع الراصد لدى مرور الأجرام السماوية.

ومن موقعك فإن السَّمتَ zenith هو النقطة الواقعة فوق رأسك مباشرة على الكرة السماوية؛ والأفقَ السماوي celestial horizon هو الدائرة العظيمة على الكرة السماوية، التي تصنع زاويةً قدرها 90° اعتباراً من سَمْت رأسِك. ومع أن الكرة السماوية مليئة بالنجوم، فإنك لا ترى إلا تلك النجوم التي تقع فوق خط أفقك. أما خط الزوال السماوي أو دائرة الطول السماوية celestial meridian فهو الدائرة العظيمة المارّة بسمت رأسك وبنقطتي الشَّمال والجنوب على خط أفقك، مع العلم بأن ما يقع فوق الأفق من خط الزوال السماوي هو نصفه فقط.

بالرجوع إلى الشكل 6.1 حدِّد سمتَ الراصد، والأفقَ السماوي، وخطَّ الزوال السماوي.

(أ) .....؛ (ب) .....؛

(ج) .....

الجواب: (أ) السمت؛ (ب) خط الزوال؛ (ج) الأفق.

12.1 خط الزوال السماوي

اخرج إلى العراء وتتبَّعْ سَمْتَكَ وأفقك السماوي وخطَّ الزوال السماوي، وذلك بتصوُّر نفسك، شأنَ الراصد، في مركز الكرة السماوية العظيمة.

في ليلةٍ حالكةٍ صافيةٍ مُنْجِمة، ولِّ وجهك شطر الجنوب وحاول أن ترصد النجوم القريبة من خط الزوال السماوي عدة مرات في أوقاتٍ متباينة من الليل. صِفْ ما ترى .....

.....

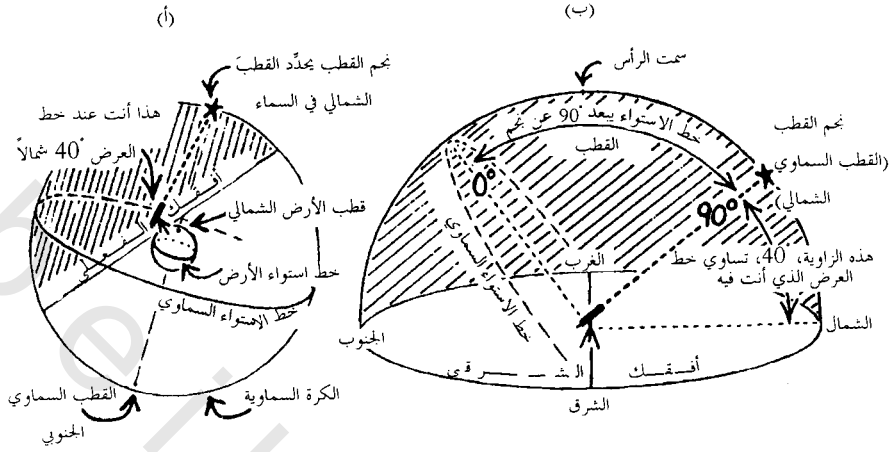
.....

الجواب: تتحرك النجوم من الشرق إلى الغرب وتَعْبُر transit خط الزوال السماوي. ذلك بسبب دوران الأرض من الغرب إلى الشرق. تتكبَّد culminate النجوم (أي تبلغ أعلى ارتفاعٍ ظاهري لها) عندما تكون على خط الزوال السماوي.

13.1 علاقة خطوط العرض بالرصد

إن النجوم التي تظهر فوق أفقك ومساراتها عبر السماء منوطة بموقع خط العرض الذي أنت فيه على الأرض، إذ يختلف مظهر السماء باختلاف خطوط العرض (الشكل 7.1).

obeikandl.com



الشكل 7.1 الوجهة المحلّية للكرة السماوية عند خط العرض 40° شمالاً. (أ) مشهد من نقطةٍ مفترَضة في الخارج. (ب) مشهد الراصد.

فلو نظرتَ إلى السماء من القطب الشمالي ثم من القطب الجنوبي لرأيتَ نجوماً مختلفةً تماماً. وتعمل الأرض على قطع مشهد الكرة السماوية الذي تراه نصفَيْن.

ويمكنك تحديد اتجاه الكرة السماوية بالنسبة إلى أفقك وسمت رأسك عند أي مكانٍ على الأرض. ففي نصف الكرة الشمالي يقع القطب السماوي الشمالي فوق أفقك الشمالي عند خطِّ عرضٍ مساوٍ لخط العرض الذي أنت فيه. ولا يبعد نجمُ القطب إلا أقل من درجةٍ واحدة عن القطب السماوي الشمالي، وهو يحدِّد موقع القطب في السماء. وتمرّ دائرةُ المَيْل، المساوية ـ عدديّاً ـ لخط العرض الذي أنت فيه، عبر سمت رأسك. أما في نصف الكرة الجنوبي فيقع القطبُ السماوي الجنوبي فوق أفقك الجنوبي على ارتفاعٍ مساوٍ لموقعك على خط العرض، ولا يتميز بوجود نجم القطب.

أين تبحث عن نجم القطب من كلٍّ من المواقع الآتية:

(أ) القطب الشمالي؟ .....؛

(ب) خط الاستواء؟ .....؛

(ج) خط العرض 40° شمالاً؟ .....؛

(د) بيتك؟ .....

الجواب: (أ) عند سمت رأسك؛ (ب) على خط أفقك؛ (ج) 40° فوق أفقك الشمالي؛ (د) عند ارتفاعٍ فوق أفقك الشمالي مساوٍ لخط عرض بيتك.

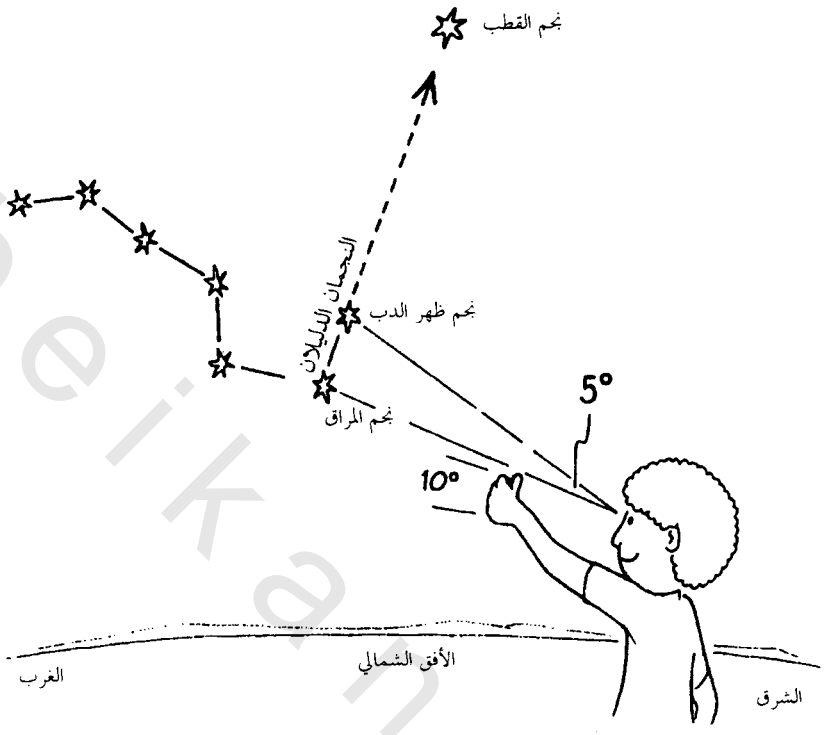
14.1 الحركة اليومية الظاهرية للنجوم

تبدو النجوم ـ عند رصدها من على سطح الأرض الدوّامةِ ـ متحرّكةً وفق مساراتٍ دائرية يومية diurnal circles حول القطبين السماويين.

ومع أن نجم القطب ليس من سواطع النجوم، إلا أن أهميته قديمة لأغراض الملاحة. وبحكم موقعه الذي هو أقرب إلى القطب السماوي الشمالي، فهو النجم الوحيد الذي يبدو وكأنه لا يبرح مكانه في السماء. وبإمكانك اقتفاء نجم القطب بتتبُّع النجمَيْن «الدليلين» pointer stars: ظَهْر الدُّب Dubhe والمِراق Merak في حوض مجموعة الدب الأكبر Big Dipper النجمية في كوكبة الدب الأكبر Ursa Major (الشكل 8.1).

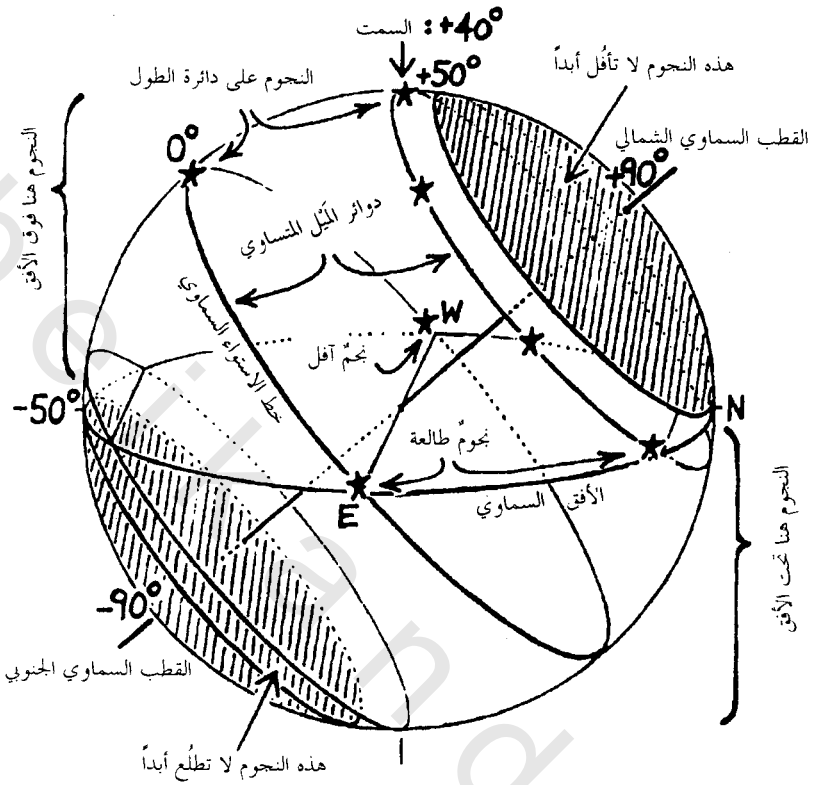
لما كان القطبان السماويان يقعان على ارتفاعاتٍ متميّزةٍ في السماء عند خطوط عرضٍ متميزة، فإن الجزءَ من الدائرة اليومية لنجم، الواقع فوق الأفق، يختلف باختلاف خطوط العرض على الأرض (الشكل 9.1).

على سبيل المثال، إذا كنتَ ترصد عند خط العرض 40ْ شمالاً، قريباً من خط عرض مدينة دِنفر بولاية كولورادو الأميركية، فسترى (الشكل 9.1): (1) أن النجوم ضمن 40° (وهو خط العرض الذي أنت فيه) من القطب السماوي الشمالي (أي تلك النجوم الواقعة بين المَيْل 50°+ والمَيْل 90°+) تكون فوق أفقك دوماً. تسمى هذه النجومُ التي لا تأْفُل أبداً بالنجوم



الشكل 8.1 النجمان «الدليلان»، ظَهر الدب والمِراق، الواقعان في حوض مجموعة الدب الأكبر يهديانك إلى نجم القطب. يبلغ البُعد الزاويُّ بين ذينك النجمين قرابة 5° على الكرة السماوية. تحدِّد قبضةُ اليد والذراعُ مبسوطة إلى مداها نحو 10°. هذه الأمثلة وأضرابها تساعدك على تقدير مسافاتِ زاويةٍ أخرى في السماء.

حَول ـ القطبية الشمالية north circumpolar stars (2) أن النجوم الواقعة ضمن 40° (وهو خط العرض الذي أنت فيه) من القطب السماوي الجنوبي لا تظهر فوق أفقك أبداً. هذه النجومُ التي لا تطْلُع أبداً ـ من قبيل نجوم كوكبة نُعَيْم Crux ـ تُسمّى النجومَ حول ـ القطبية الجنوبية south circumpolar stars (3) أن النجوم الأخرى، التي تؤلِّف شريطاً حول خط الاستواء السماوي، تطلع وتغيب. تقع تلك النجوم عند المَيْل 40° شمالاً (المساوي لخط العرض الذي أنت فيه)، وهي تعبر سمت رأسك عند اجتيازها دائرةَ الطول السماوية التي أنت فيها.



الشكل 9.1 السماء كما تبدو من خط العرض 40° شمالاً. يقع القطبُ السماوي الشمالي عند 40° فوق الأفق الشمالي، والكرة السماوية تدور حوله. تشير دوائر المَيْل المتساوي إلى المسارات الدائرية اليومية.

افترض أنك ترصد عند خط العرض 50° شمالاً، قريباً من خط العرض الذي تقع عليه مدينة ڤانكوڤر Vancouver الكندية. عُدْ إلى الجدول 1.1 لمعرفة درجات مَيْل النجوم السواطع: العيّوق Capella، والنسر الواقع Vega، وسُهَيْل Canopus. أيُّ هذه النجوم:

(أ) يقع فوق خط الأفق دوماً؟ .....؛ (ب) يقع فوق خط الأفق أحياناً؟ .....؛ (ج) لا يقع فوق خط الأفق أبداً؟ .....

الجواب:

(أ) العيّوق (بِمَيْل 00′ 46°+). النجوم التي تقع ضمن 50° من القطب السماوي الشمالي (أي بين المَيْلين 40°+ و90°+ تكون فوق الأفق دوماً.

(ب) النسر الواقع (بِمَيْل 47′ 38°+). هذا النجم يطلع ويأفل.

(ج) سُهَيْل (بِمَيْل 41′ 52°−). يقع ضمن 50° من القطب السماوي الجنوبي (أي بين المَيْلَيْن 40° − و 90° −).

15.1 مَشاهد غير اعتيادية

صِفْ مشهدَ المساراتِ الدائرية اليومية للنجوم لو كنتَ ترصدها عند:

(أ) القطب الشمالي .....

.....

.....

(ب) خط الاستواء .....

.....

.....

فصِّل إجابتك. (تذكَّر أن الكرة السماوية تدور حول القطبين السماويَّين) .....

.....

الجواب:

(أ) ستبدو النجومُ كلُّها متحرِّكةً على مساراتٍ دائريةٍ في جزء السماء الموازي للأفق. تدور الكرةُ السماوية حول القطب السماوي الشمالي،

obeikandi.com

الذي يقع عند سمت رأسك في القطب الشمالي.

(ب) ستبدو النجومُ جميعُها وهي تبزُغ عموديةً على الأفق شرقاً، وتأفُل عموديةً عليه غرباً. تدور الكرةُ السماوية حول القطبين السماويَّين، اللذين يقعان على الأفق عند خط الاستواء.

16.1 الحركة الظاهرية السنوية للنجوم

يتبدَّل مظهر السماء في أثناء الليل بسبب دوران الأرض، كما يتبدَّل مظهرها ببطءٍ من ليلةٍ إلى أخرى.

فيلاحظ الراصد أن النجوم تبدو كلَّ ليلةٍ وقد ابتعدت قليلاً نحو الغرب عن مواقعها في الوقت نفسه من الليلة البارحة. وواقع الأمر أن كل نجمٍ يبزغ كلَّ ليلةٍ مبكِّراً أربع دقائق عن البارحة، أي نحو ساعتين في مدة شهر. فإذا كان النجمُ فوق الأفق في النهار حالت الشمسُ الساطعة دون رؤيته.

إذن فالنجوم التي تضيء السماءَ في وقتٍ معيَّن يطرأ عليها تغيُّر ملحوظ من شهرٍ إلى شهر ومن فصلٍ إلى فصل. وبمرور اثني عشر شهراً تبلغ الدقائقُ الأربعُ اليومية أربعاً وعشرين ساعة، وعندئذٍ تبدو السماءُ بنجومها وقد عادت سيرتها الأولى.

يعزى هذا التغيُّر في مظهر السماء بتغيُّر الفصول إلى حركة الأرض حول الشمس، فالأرض تدور حول الشمس دورةً كلَّ عام.

ولو تخيَّلتَ نفسك ممتطياً الأرض الطوَّافة في فلكها حول الشمس داخل الكرة السماوية وناظراً نحو الخارج مباشرة، لرأيتَ على خط نظرك فيضاً متنوعاً من نجوم السماء ليلاً، وبحيث ترى ـ على مدار عامٍ كامل ـ دورةً كاملةً من النجوم.

(أ) افترض نجماً يقع عند سمت رأسك الساعة التاسعة ليلاً بتاريخ 1

أيلول (سبتمبر). ففي أي وقت سيكون عند سمت رأسك بتاريخ 1 آذار (مارس)؟ .....

(ب) هل ستتمكن من رؤيته؟ ..... وضِّح إجابتك .....

الجواب:

(أ) قرابة الساعة التاسعة صباحاً. فالنجوم تبكّر في بزوغها بنحو ساعتين.

(ب) لا؛ فالشمس الساطعة في تلك الساعة من النهار تحجب النجومَ النائية عن الرؤية.

17.1 فلك البروج

إذا كانت النجوم مرئيةً في النهار لاحظتَ أن الشمس تتحرك بينها ـ ظاهرياً ـ نحو الشرق في غضون السنة. ويرسم الدارسون فلكَ البروج - ecliptic وهو مسارُ الشمس الظاهريُّ بالنسبة إلى نجوم الخلفية ـ على نماذج كرة السماء وخرائط النجوم لأغراضٍ مرجعية.

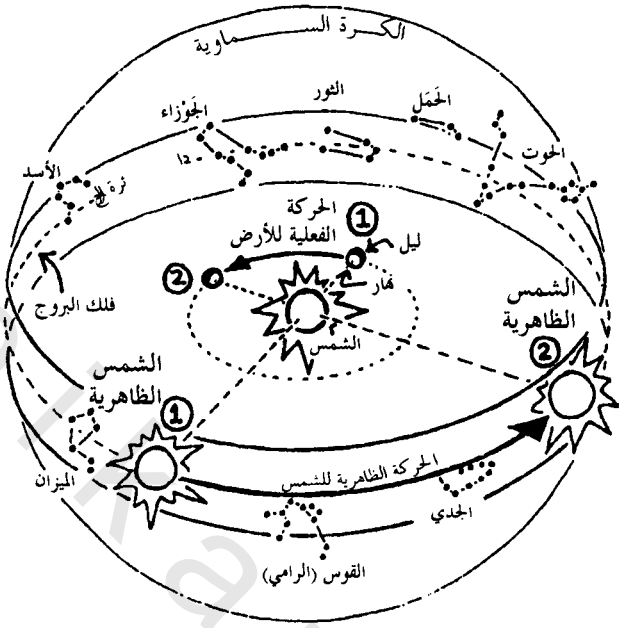
يسمى الشريطُ المحيط بالسماء، الذي يبلغ عرضه نحو 16° ويقع مركزه على فلك البروج، بدائرة البروج zodiac. وقد قسَّمَ قدماءُ المنجِّمين دائرةَ البروج إلى 12 برجاً، أو صورة signs، يمتد كلٌّ منها 30° على خط الطول (انظر الملحق 3). ولدائرة البروج سمةٌ خاصةٌ استرعت الأنظار، ذلك أن القمرَ والكواكب عند ظهورها من السماء تتَّخذ هي الأخرى مساراتٍ قريبةً من فلك البروج وعبر هذه البروج الاثني عشر (الشكل 10.1).

ما هي دائرة البروج؟ .....

.....

الجواب: شريط بعرض 16° تقريباً، يحيط بالسماء ويتمركز على فلك البروج، ويتألف من 12 برجاً.

obeikandl.com



الشكل 1.10 تنجم الحركةُ الظاهريةُ السنوية للشمس حول الكرة السماوية عن الحركة الفعلية للأرض حول الشمس. وبدوران الأرض حول الشمس تتبدّى مختلف كوكبات دائرة البروج في السماء ليلاً.

1.18 الحركة الظاهرية السنوية للشمس

تنشأ الحركة الظاهرية باتجاه الشرق للشمس من بين النجوم عن دوران الأرض الفعلي حول الشمس. ويبدو أن الشمس تدور دورةً كاملة حول الكرة السماوية كل عام.

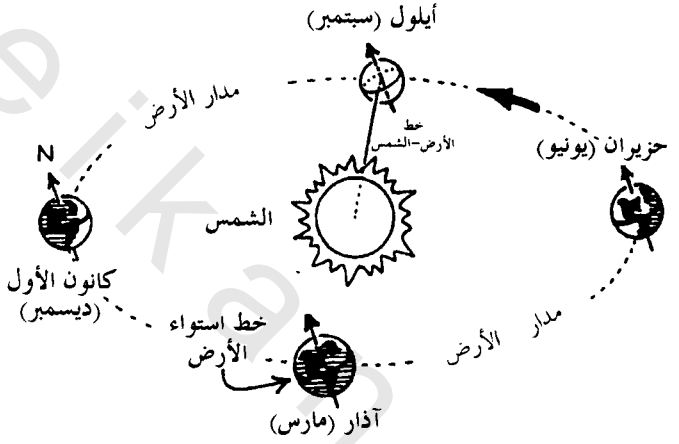
كم تقطع الشمسُ على فلك البروج على وجه التقريب يومياً؟ استفِدْ من أن الشمس تدور 360° حول فلك البروج في سنة (زهاء 365 يوماً)

الجواب: 1° تقريباً.

طريقة الحل: $\frac{360^\circ}{365 \text{ يوماً}} \cong 1^\circ$ يومياً

19.1 الفصول على الأرض

يكون مسارُ الشمس عبر السماء في ذروته صيفاً وفي حضيضه شتاءً. ويُرَدُّ تفاوُت ارتفاع الشمس فوق الأرض وقتَ الظهيرة طوال السنة إلى مَيَلان محور الأرض على مستوي مدارها حول الشمس (الشكل 11.1).

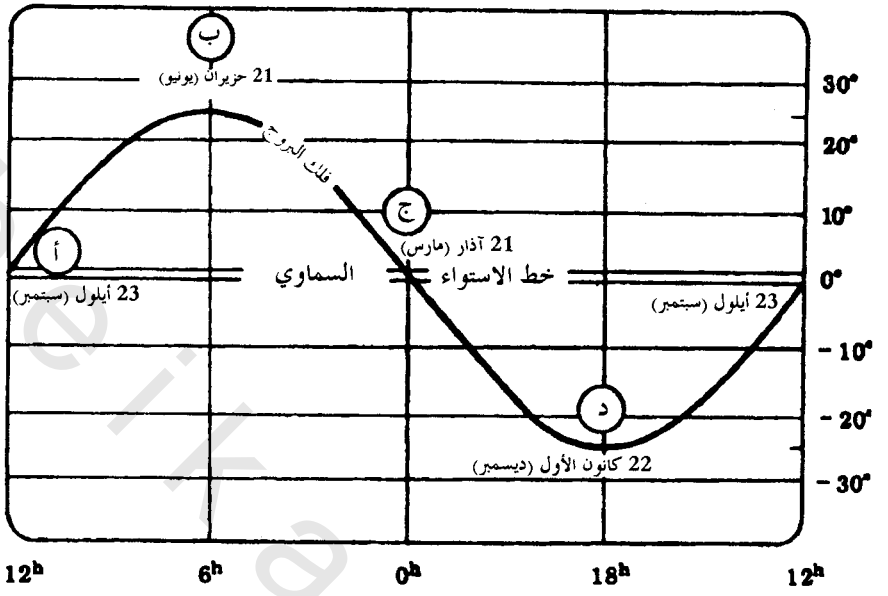


الشكل 11.1 إن مَيَلان محور الأرض يجعل كلاً من نصفَي الكرة يحصل على مقادير متباينة من ضياء الشمس على مدار السنة، مع دوران كوكبنا حول الشمس.

يبقى خط استواء الأرض مائلاً طوال العام قرابة 23,5° على مستويه المداري، ومن ثم يتغيَّر مَيَلان خط الأرض ـ الشمس مع استمرار دوران تلك حول هذه الأخيرة. وتسكب الشمسُ ضياءَها على الأرض من زوايا مختلفةٍ في أثناء العام، فتُحدِث تعاقُبَ الفصول والتغيُّراتِ الفصليةَ المتمثلةَ في طول النهار والليل.

بالرجوع إلى الشكل 11.1 هل ترى أن نصف الكرة الشمالي يميل باتجاه الشمس أم بعيداً عنها (أ) في شهر كانون الأول (ديسمبر)؟ ..... (ب) في شهر حزيران (يونيو)؟ .....

الجواب: (أ) بعيداً عنها؛ (ب) باتجاهها.



الشكل 12.1 خريطة مسطحة للسماء.

20.1 الاعتدالان والمنقلَبان

يمكنك تحديد الموقع الظاهري للشمس من السماء في يوم معيَّن بالرجوع إلى فلك البروج على نموذجٍ للكرة السماوية أو خريطةٍ سماويةٍ مسطَّحة كالتي في الشكل 12.1.

والاعتدال الربيعي vernal equinox، الذي يحدث بتاريخ 21 آذار (مارس) تقريباً، هو موقع الشمس وهي تعبر خطَّ الاستواء السماوي باتجاه الشَّمال، وهي نقطة على الكرة السماوية اختيرت لتكون ساعة الصفر 0^h من المَطْلَع المستقيم (انظر الفقرة 9.1). أما الاعتدال الخريفي autumnal equinox، الذي يحدث بتاريخ 23 أيلول (سبتمبر) تقريباً، فهو موقع الشمس وهي تعبر خطَّ الاستواء السماوي باتجاه الجنوب. وعند الاعتداليين يتساوى طول الليل والنهار.

يحدث المنقَلَب الصيفي summer solstice بتاريخ 21 حزيران (يونيو) تقريباً، والمنقَلَب الشتوي winter solstice بتاريخ 22 كانون الأول (ديسمبر) أو نحو ذلك. والمنقَلَبان هما الموقعان اللذان يكون عندهما موقع الشمس في أقصى الشمال وفي أقصى الجنوب في أثناء السنة. وعند هذين الوقتين يقع أطولُ أيام السنة وأقصرها، على الترتيب، في نصف الكرة الشمالي.

بالرجوع إلى الشكل 12.1 عيِّن الاعتدال الربيعي .....؛ والاعتدال الخريفي .....؛ والمنقَلَب الصيفي . .....؛ والمنقَلَب الشتوي .....

الجواب: الاعتدال الربيعي (ج)؛ الاعتدال الخريفي (أ)؛ المنقَلب الصيفي (ب)؛ المنقلَب الشتوي (د).

21.1 ارتفاع الشمس

لا يمكن أن تكون الشمس عموديةً في كبد السماء تماماً للراصدين عند خطوط العرض المتوسطة midlatitudes؛ فأقصى ارتفاع تبلغه الشمس في يومٍ معيَّن يعتمد على مَيْلها declination وخط العرض الذي تقع عنده منطقتك.

في أي مكانٍ على الأرض ينبغي أن تقف لكي تعبر الشمسُ سمتَ أفقك مباشرة وقتَ (أ) الاعتدال الربيعي؟ ..... (ب) المنقَلب الصيفي؟ .....؛ (ج) الاعتدال الخريفي؟ ..... (د) المنقلَب الشتوي؟ .....

الجواب: (أ) على خط الاستواء؛ (ب) عند خط العرض 23,5° شمالاً (مدار السرطان)؛ (ج) على خط الاستواء؛ (د) عند خط العرض 23,5° جنوباً (مدار الجدي).

1.22 الآثار الملحوظة لحركات الأرض

كيف تتسبَّب حركةُ الأرض في الفضاء بإحداث تغيُّراتٍ ملحوظةٍ في مظهر السماء بالنسبة إلى راصد يقف على الأرض؟ .....

.....

.....

.....

الجواب: يجب أن تُضمِّن إجابتَك الأفكارَ الآتية:

يتغيَّر مظهرُ السماء المرصَّعة بالنجوم ليلاً بسبب الدوران اليومي للأرض.

تتبدَّل المواقعُ [الظاهرية] للنجوم المرئية بتبدُّل الفصول بسبب الدوران السنوي للأرض حول الشمس.

تنشأ الحركةُ الظاهريةُ اليومية للشمس من الدوران الفعلي للأرض على محورها، في حين تنجم الحركةُ الظاهريةُ السنوية للشمس عن الدوران الفعلي للأرض في فلكها.

1.23 اليوم

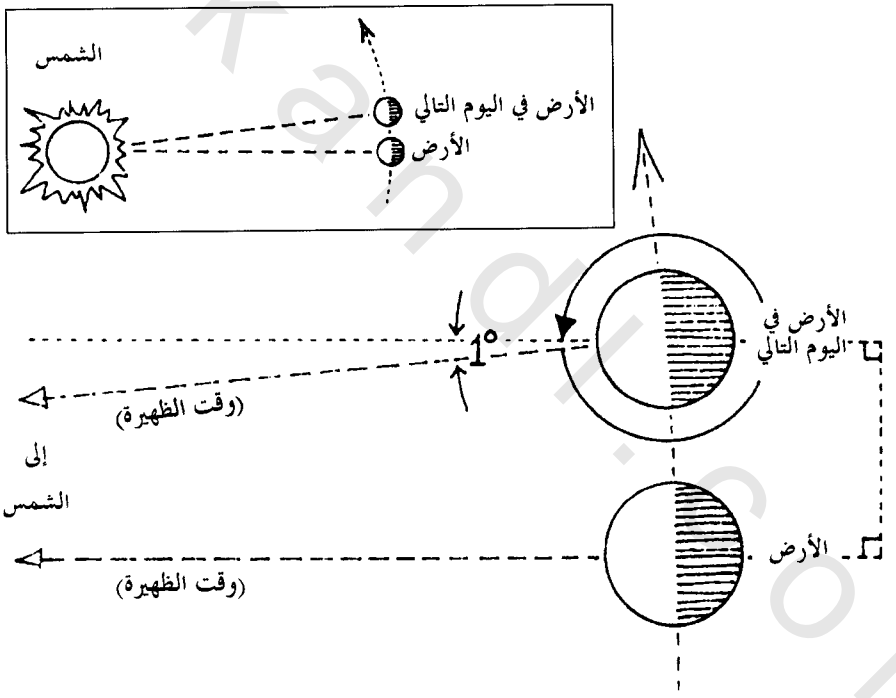
يوفِّر دورانُ الأرض حول نفسها أساساً لضبط الزمن باستعمال الأرصاد الفلكية. فاليوم الشمسي solar day المعتاد يقيس زمن دورة الأرض باتخاذ الشمس مَعْلَماً مرجعياً؛ واليوم الفلكي (النجمي) sidereal day يقيس ذلك الزمن باتخاذ النجوم مرجعاً.

يبلغ طول اليوم النجمي 23 ساعة و56 دقيقة و4 ثوان، وهو الزمن اللازم لنجم كي يعبر دائرة خط الزوال (دائرة الطول) meridian مرتين متواليتين، أو هو الزمن الذي تستغرقه الأرض لإتمام دورةٍ كاملة في الفضاء.

obeikandi.com

ويبلغ طول اليوم الشمسي 24 ساعة، أي المدة اللازمة للشمس كي تنجز عبورَيْن متعاقبين لدائرة خط الزوال.

نلاحظ أن اليوم الشمسي أطول من اليوم النجمي بنحو أربع دقائق، ذلك لأن الأرض، بدورانها على محورها، تتحرك أيضاً طوّافةً في فلكها حول الشمس. وتقضي نواميسُ الكون أن تتمَّ الأرضُ ما يزيد قليلاً على دورةٍ كاملة في الفضاء قبل أن تعود الشمسُ إلى الظهور على دائرة خط الزوال (الشكل 13.1).



الشكل 13.1 يزيد طولُ اليوم الشمسي على اليوم النجمي بسبب دوران الأرض في فلكها حول الشمس في الوقت الذي تدوّم فيه على محورها. وفي المدة الواقعة بين ظُهْرَيْن متتاليين تُتِمُّ الأرضُ ما يزيد قليلاً على دورةٍ كاملةٍ في الفضاء.

obeikandl.com

يجدر بالذكر أن الميقاتية clock التي تعمل وفق النظام الفلكي مفيدةٌ لأغراض الرصد بنوعٍ خاص؛ إذ تعود النجومُ كلُّها إلى مواقعها في السماء كلَّ 24 ساعة، أي إنّ النجم يبزغ، ويعبر خط الزوال، ثم يأفل في الوقت الفلكي نفسه طوال أيام السنة.

وبإمكانك استعمال الإحداثيات السماوية celestial coordinates (انظر الجدول 1.1) لتحديد الزمن الفلكي في أي لحظةٍ وأنت ترصد، فالوقت الفلكي المحلّي يعادل المَطْلع المستقيم للنجوم على دائرة خط الزوال لمكان وجودك. فإذا رأيتَ، على سبيل المثال، نجمَ الشِّعرى اليمانية Sirius وهو يَعْبُر transit فاعلمْ أن الزمن الفلكي هو 6 ساعات و54,1 دقيقة.

ما هي حركة الأرض التي تُحدِث فارق الدقائق الأربع بين اليوم النجمي واليوم الشمسي؟ .....

الجواب: دورانها حول الشمس.

24.1 المبادرة

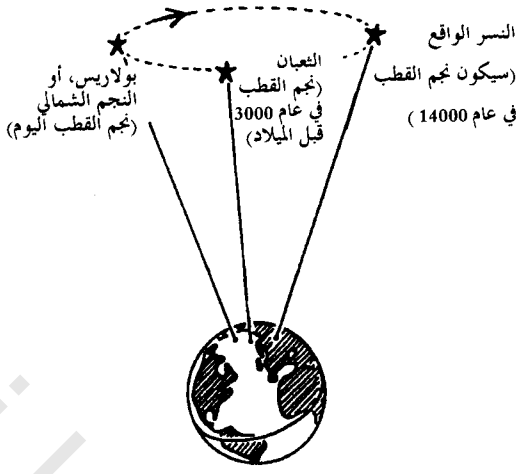
ستكون خرائطك النجمية عوناً لك حياتَك كلَّها. على أن من المهم أن تعلم أنها ستتقادم ويطول عليها الأمد بعد مئات السنين.

يَنْزاح اتجاه محور الأرض في الفضاء انزياحاً ضئيلاً جداً حول دائرةٍ مرةً كلَّ نحو 26،000 سنة. تُعرَف هذه الحركةُ البطيئة لمحور الأرض حول شكلٍ مخروطي في الفضاء باسم المبادرة precession. وتنشأ مبادرةُ محور الأرض في المقام الأول عن فعل الشَّد الذي تبديه الشمسُ والقمر على الانتفاخ الاستوائي[1] equatorial bulge للأرض.

ومع مبادرة محور الأرض يتغيَّر نجمُ القطب تبعاً لذلك؛ فالاعتدال

(1) الانتفاخ الاستوائي: زيادة قطر الأرض الاستوائي على قطرها القطبي. (المعرِّب)

obeikandl.com



الشكل 14.1 تمثيل للمبادرة. يرسم محور الأرض، وببطء شديد، شكلاً مخروطياً في الفضاء، ومن ثم يتغيّر نجم القطب بمرور الزمان.

الربيعي - أي نقطة الصفر لمطلع المستقيم - ينحرف غرباً حول فلك البروج بمعدَّل 50 ثانية أو نحو ذلك في السنة، ومن ثم فإنه ينحرف 30°، أي برجاً كاملاً على دائرة البروج، في غضون 2150 سنة، تكون من بعدها الخرائط النجمية كلُّها متقادمة وغير صالحة. (يُجري علماء الفلك ما يلزم من تعديلات لضبط خرائطهم النجمية كل 50 سنة).

وفي علم التنجيم اليوم تحمل كلُّ صورةٍ على دائرة البروج اسم البرج الذي سُمِّيت باسمه أصلاً، والذي عاد لا ينطبق عليها اليوم بسببٍ من مبادرة الاعتدالين.

ترى من الشكل 14.1 أن نجم القطب حالياً هو پولاريس، وأن الاعتدال الربيعي يقع في برج الحوت.

(أ) ما نجم القطب الذي كان في السنة 3000 قبل الميلاد؟ .....

(ب) ما النجم الذي سيكون نجمَ القطب في السنة 14،000؟ .....

الجواب: (أ) الثعبان؛ (ب) النسر الواقع.

اختبار ذاتي

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

1. اذكر إزاء كلٍّ من المسمَّيات التالية المستعملة على الكرة الأرضية ما يقابله على الكرة السماوية:
   (أ) خط الاستواء .....
   (ب) القطب الشمالي .....
   (ج) القطب الجنوبي .....
   (د) خط العرض .....
   (هـ) خط الطول .....
   (و) غرينتش/ إنكلترا .....

2. بالاستعانة بالجدول 1.1، أيّ النجوم الخمسة التي هي أكثر سطوعاً في السماء تقع فوق خط الاستواء السماوي وأيُّها يقع تحته؟ .....
   .....

3. عُدْ إلى الجدول 1.1 وقرِّر أيّ النجوم الخمسة التي هي أكثر سطوعاً لا يمكن أبداً أن تظهر فوق الأفق عند خط العرض 40° شمالاً (أي قريباً من مدينة نيويورك)؟ .....
   .....

4. حدِّدِ المكان المناسب لوجودك على الأرض بحيث يتواءم مع كل وصفٍ نجميٍّ مما يأتي:

obeikandl.com

-- (أ) تبدو النجوم متحرّكةً على مساراتٍ دائريةٍ في السماء موازيةٍ لخط أفقك.

-- (ب) تبزغ النجومُ بزوايا قائمةٍ على الأفق شرقاً، وتأفل بزوايا قائمةٍ على الأفق غرباً.

-- (ج) يعبر نجم النسر الواقع سمتَ رأسك تقريباً.

-- (د) يقع نجم α حَضَار دوماً فوق خط أفقك.

-- (هـ) يظهر نجم القطب قريباً من 30° فوق الأفق.

(1) القارة القطبية الجنوبية (أخفض من 61° جنوباً).
(2) خط الاستواء.
(3) مدينة جاكسونفيل بولاية فلوريدا الأمريكية.
(4) القطب الشمالي.
(5) مدينة ساكرامنتو بولاية كاليفورنيا الأمريكية.

5. لماذا تبدو النجوم متحرِّكةً على مساراتٍ قوسية في السماء ليلاً؟ .....

.....

6. بمَ تفسِّر ظهور بروجٍ مختلفةٍ في السماء في كلِّ فصلٍ من فصول السنة؟

.....

7. ما هي دائرة البروج؟ .....

.....

8. في أي مكانٍ على الأرض ينبغي أن تكون موجوداً كي تمرَّ الشمسُ عبر سمت رأسك مباشرة وقتَ حدوث (أ) الاعتدال الربيعي؟ .....؛ (ب) المنقلب الصيفي؟ .....؛ (ج) المنقلب الشتوي؟ .....

obeikandl.com

9. إذا بزغ نجمٌ الليلةَ الساعة الثامنة، ففي أي وقتٍ على وجه التقريب سيبزغ بعد شهرٍ من الآن؟ .....

10. لماذا يزيد طول اليوم الشمسي قرابة أربع دقائق على اليوم النجمي (الفلكي)؟ .....

.....

11. رتِّب النجوم الآتية تنازلياً وفق درجة سطوعها: قلب العقرب (من القدر 1)؛ سُهَيْل (من القدر 1 ـ)؛ نجم القطب (من القدر 2)؛ النسر الواقع (من القدر 0) .....

12. لماذا سيتغير نجمُ القطب وموقعُ الاعتدال الربيعي على القبة السماوية بعد آلاف السنين، مفضياً ذلك إلى تقادُم خرائطك النجمية؟ .....

.....

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. (أ) خط الاستواء الشمالي (د) المَيْل.
(ب) القطب السماوي الشمالي. (هـ) المَطْلَع المستقيم.
(ج) القطب السماوي الجنوبي (و) الاعتدال الربيعي.
(الفقرات 1.1، 8.1، 9.1)

2. فوقه: السِّماك الرامح، والنسر الواقع.
تحته: الشِّعرى اليمانية، وسهيل، و α حَضَار.
(الفقرتان 9.1، 10.1)

3. سهيل، و α حَضَار. (الفقرات 10.1، 13.1، 14.1)

4. (أ) 4؛ (ب) 2؛ (ج) 5؛ (د) 1؛ (هـ) 3. (الفقرات 10.1، من 13.1 إلى 15.1)

5. بسبب دوران الأرض على محورها. (الفقرات 1.1، 12.1، 14.1)

6. بسبب دوران الأرض حول الشمس. (الفقرة 16.1)

7. شريط بعرض 16° تقريباً يحدق بالسماء ويتمركز على فلك البروج ويحتوي 12 برجاً. (الفقرة 17.1)

obeikandl.com

8. (أ) خط الاستواء؛ (ب) 23,5° شمالاً (مدار السرطان)؛ (ج) 23,5° جنوباً (مدار الجدي).

(الفقرات 1.19 إلى 1.21)

9. الساعة السادسة مساءً. (الفقرة 1.16)

10. لأن الأرض، في حين تدور على محورها، تطوف أيضاً في فلكها حول الشمس. وبالضرورة تُتِمُّ الأرضُ ما يزيد قليلاً على دورةٍ كاملةٍ في الفضاء الكوني قبل أن تعود الشمسُ إلى الظهورِ على دائرة الزوال.

(الفقرة 1.23)

11. سهيل، النسر الواقع، قلب العقرب، نجم القطب. (الفقرة 1.7)

12. بسبب مبادرة محور الأرض. (الفقرة 1.24)

obeikandl.com