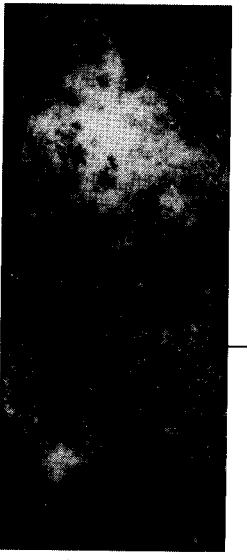
11

المذنبـــات والشهـــب والأحجار النيزكية



عندما يموت الفقراء المعدمون لا يُرى أثر لمذنبات مضيئة تشيّعهم؛ في حين تلتهب السماء كلها وتضج لموت الأمراء.

وليام شكسبير (1564 ـ 1616)

Julius Caesar, II, ii:30

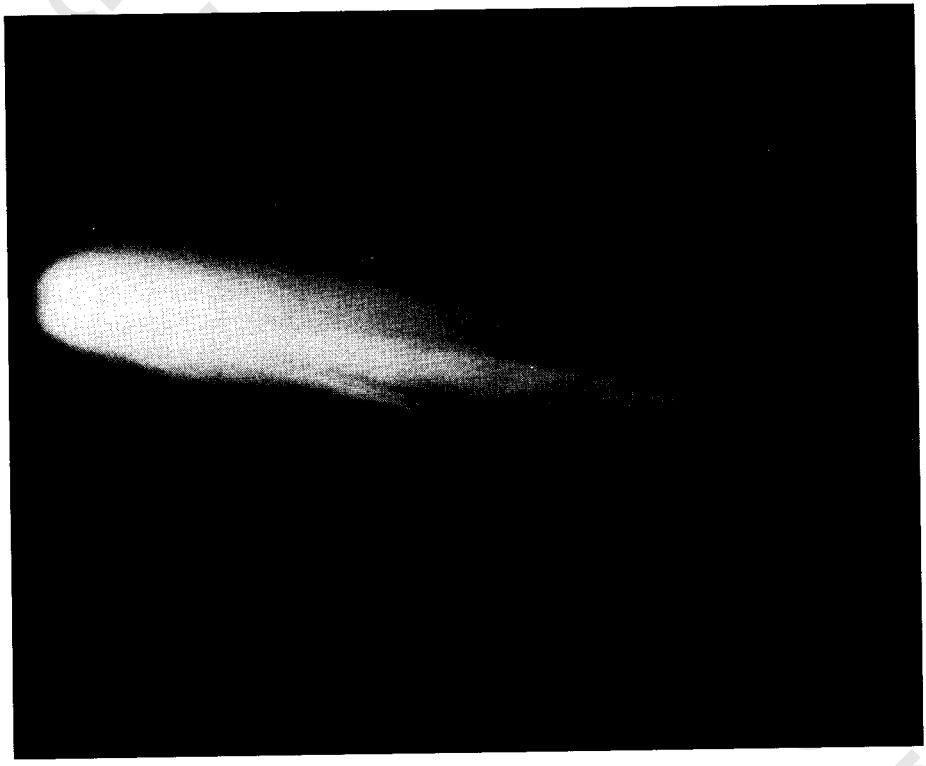
الأهداف:

- بيان سبب أهمية المذنَّبات والأحجار النيزكية للعلماء.
- وصف النظرية الحالية لمنشأ المذنَّبات وتركيبها.
- تفسير التغيُّرات التي تطرأ على مَظهر المذنَّب بتغيُّر بُعده عن الشمس، على أساس النموذج الحاليّ لبنْيَة المذنَّب.
- تحديد العلاقة بين المذنَّبات ووابلات الشُّهُب.
- التمييز بين النيزك، والشهاب، والحجَر النيزكي.
- بيان تركيب الأحجار النيزكية ومنشئها المحتمل.
- ذِكر بعض الآثار المحتمَلة على الأرض لحادثة صدمٍ كبرى بمذنَّبٍ أو بحجرٍ نيزكي.

obeikandi.com

1.11 المذنَّبات

مابرحت المذنَّباتُ الساطعةُ تَرُوْعُ الناسَ بسحرها (الشكل 1.11). هذه الأجرام الناريَّة المظهر ـ خلافاً للنجوم المألوفة ـ تظهر وتختفي على نحوٍ غير متوقَّع. ويَرقَى سجلُّ المذنَّبات الساطعة إلى القرن الرابع قبل الميلاد، وظهورُها مرتبطٌ تاريخياً بما تثيره في نفوس الناس من الهلع، لما يعتقدونه من أنها نُذُرُ كوارث إنسانية وشيكة كالحروب والمجاعات وغيرها.



الشكل 1.11 مذنَّب هالي الشهير كما ظهر بتاريخ 16 آذار (مارس) سنة 1986، أي بعد خمسة أسابيع من أحدث مرورٍ له بنقطة الرأس (الأوج)

ونحن نعلم اليومَ علم اليقين أن المذنَّبات comets عناصرُ جليديةٌ من أفراد منظومتنا الشمسية، تطوف في مدارات إهليلجية حول الشمس، وتخضع

لقوانين الفيزياء الأساسية، ولا تنطوي على أية دلالاتٍ فوق طبيعيةٍ على الإطلاق.

(أ) ما الانطباعُ السائدُ لدى العامة تاريخياً حول المذنَّبات؟ .....

.....

(ب) ما هي الرؤيةُ الفلكيةُ الحديثة للمذنَّبات؟ .....

.....

الجواب: (أ) كان يُنظَر إلى المذنَّبات على أنها إرهاصاتٌ فوق طبيعية تُنْذِر بشدائدَ إنسانية مُحْدقة؛ (ب) المذنَّبات عناصر جليدية تنتمي إلى المنظومة الشمسية، وتسري عليها قوانينُ الفيزياء الطبيعية، ولا تنطوي على أية مفاهيم مخبوءة.

2.11 أهمية المذنَّبات

للمذنَّبات التي تظهر في سمائنا أهميةٌ خاصة، حتى وإن لم تكن ساطعة، وتكمن أهميَّتُها في أنها ربما كانت الأجرامَ الوحيدةَ الباقية، الحاملةَ للمادة الأصلية التي تكوَّنت منها المنظومةُ الشمسية برمَّتها منذ نحو خمسة مليارات سنة. فالأرضُ، والقمر، وسائرُ الأجرامِ السماوية شهدتْ تغيُّرات جذريةً بفعل عمليات تكتونية وعوامل حتٍّ وحوادث صدمٍ كثيرة، ولم يبقَ من الأجرام على حاله يومَ وُجِد سوى المذنَّبات.

ومذنَّب هالي Comet Halley من أكثر المذنَّبات التي كانت ـ ومازالت ـ محلَّ دراسة وبحث، علماً بأن العلماء يفترضون أن لسائر المذنَّبات التركيبَ نفسه. من أجل ذلك انبرى علماء وباحثون في خمسين دولةً لنشر أكثر تجهيزاتهم تقدُّماً على الأرض وفي الفضاء، في حملةٍ دوليةٍ لرصد مذنَّب هالي International Halley Watch في أثناء ظهوره سنة 1986. وهم يزمعون إرسال مركبات فضائية

مستقبلية للقاء مذنَّب آخر ودراسته عن قرب لسنوات كثيرة.

مِمَّ تنبع أهميةُ المذنَّبات؟ .....

.....

.....

الجواب: إنها مصدرُنا الأمثل لرصد المادة الأصلية التي منها تكوَّن كلُّ ما في المنظومة الشمسية.

3.11 بنية المذنَّب

سُمِّيت المذنَّباتُ بهذا الاسم تبعاً لمظهرها؛ فكلمة Comet تقابل باليونانية واللاتينية كلمتَيْن (هما kometes و cometa على الترتيب) تعنيان «ذو الشعر الطويل».

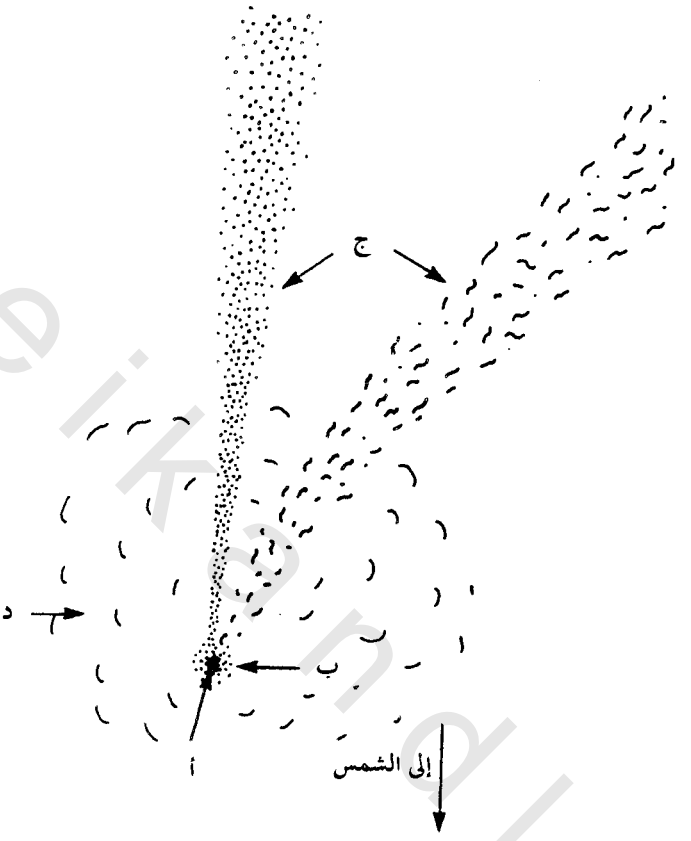
يُرى للمذنَّب الساطع في جوِّ السماء رأسٌ ذو لبٍّ نجميِّ الشكل يسمى النواة nucleus تحيط بها هالةٌ متوهجةٌ تسمى الذؤابة coma، وذيول tails طويلةٌ شفافة. أما النواة فيبلغ قطرها عدة كيلومترات؛ وأما الذؤابة فقد تمتد 100،000 كم (60،000 ميل) أو أكثر خارج النواة؛ وأما الذيول فتنتشر ملايين الكيلومترات في الفضاء.

وتدلُّ أرصادٌ فوق بنفسجية أُجريتْ من مَرْكبات فضائية على وجود سحابة هيدروجينية hydrogen cloud عظيمة مغلِّفة، لا تُرى من الأرض، قد يبلغ قطرُها عشرات ملايين الكيلومترات.

عُدْ إلى الشكل 2.11 وعيِّن الأقسامَ الرئيسيةَ لمذنَّبٍ ساطعٍ نموذجي:

(أ) .....؛ (ب) .....؛ (ج) .....؛ (د) .....

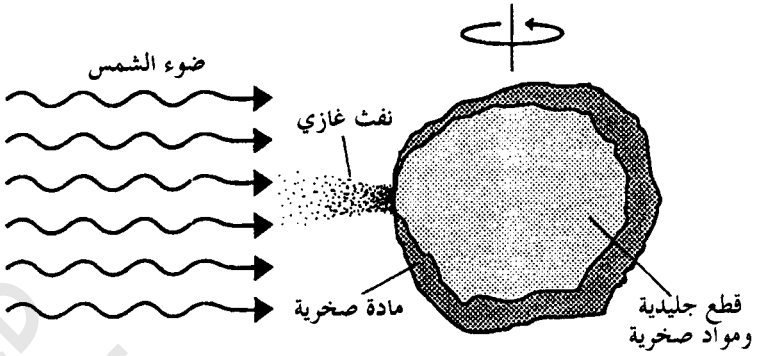
الجواب: (أ) النواة؛ (ب) الذؤابة؛ (ج) الذيول؛ (د) السحابة الهيدروجينية.



الشكل 2.11 أقسام المذنَّب الرئيسية.

4.11 النواة

يترجَّح أن مليارات المذنَّبات تطوف بعيداً في أقاصي المنظومة الشمسية، لكنك لا تستطيع رؤيتَها من الأرض؛ فهي لا تسطع في السماء إلا إذا تحرَّكت قريباً من الشمس. يُذكَر أن أكثر النماذج الوصفية قبولاً لمذنَّبٍ نموذجي هو ما يطلق عليه اسم نموذج كرة الثلج الملوَّثة dirty snowball model الذي اقترحه الفلكيُّ الأمريكي فُرِدْ ويپل Fred Whipple سنة 1950 (الشكل 3.11).



الشكل 3.11 نموذج «كرة الثلج الملوَّثة» لمذنَّب.

فعندما يكون المذنَّبُ في أقاصي المنظومة الشمسية، يكون مؤلَّفاً من نواة فقط، ويتميَّز بشكلٍ وسطحٍ غير منتظمَيْن. تتألف النواة في المقام الأول من جليدٍ مائي وغازات متجمِّدة أخرى («الثلج»)، ممزوجة بأجسام صُلْبة حجرية أو معدنية («الوسخ»)، وتكون كثافتُها وثقالتها السطحيةُ منخفضتَيْن جداً.

في رحلة تاريخية رائدة، أَطلقتْ وكالةُ الفضاء الأوروبيةُ European Space Agency (ESA) مَرْكبةَ الفضاء الرَّبوطية غيوتو Giotto، التي غاصتْ في رأس مذنَّب هالي واخترقتْه حتى باتت على بُعد 600 كيلومتر (375 ميلاً) من النواة الجليدية الدوّامة، واختَبرتْ عيِّنات من الغبار والغاز مباشرةً، وبثَّتْ راديوياً معطيات إلى الأرض لتحليلها.

وقد عُثِرَ على أن النواةَ سوداءُ قاتمةٌ بقياس 8 × 15 كم (5 × 9 ميل) تقريباً، وتدور حول نفسها مرةً كل نحو 2,2 يومين.

ووُجد أيضاً أنَّ من مظاهر عدم انتظام سطح المذنَّب وجود شقوقٍ وفلوق وفوَّهات محتملة، وأنَّ نحو 10 في المئة من السطح يحتوي على صدوعٍ تنبثق منها نفثاتٌ من الغبار والغاز ـ ولاسيما بخار الماء ـ باتجاه

الشمس، في حين تغطّي باقي السطح طبقةٌ غباريةٌ سوداء قاتمة عازلة قُدِّرت ثخانتها بنحو سنتيمترٍ واحد، يَغلب أنها تَخلَّفتْ عن انطلاق غازات طيّارة من خلال ممراتٍ كثيرةٍ للمذنَّب حول الشمس.

وتبيَّنَ أن نسبة 80 في المئة من حجم الغازات المنطلقة من النواة هي بخار ماء، إضافةً إلى مركَّبات أخرى، منها ثنائي أكسيد الكربون، وأحادي أكسيد الكربون، والنشادر، والميتان؛ وأنَّ بعض حبيبات الغبار هي من السيليكات، في حين أن بعضَها الآخر يحتوي فقط على عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين والآزوت.

ويثير فضولَ العلماء وجودُ الكربون في مذنَّب هالي على شكل جزيئاتٍ عضويةٍ معقَّدة، قد يكون لها أهميةٌ بيولوجيةٌ خاصة.

مِمَّ تتألَّف نواةُ المذنَّب؟ .....

.....

.....

الجواب: يصف نموذجُ كرة الثلج الملوَّثة نواةَ المذنَّب بأنها مؤلَّفةٌ في معظمها من جليدٍ مائي وغازاتٍ متجمِّدةٍ أخرى ممزوجةٍ بموادَّ صلبة.

5.11 ذؤابة المذنَّب

عند دخول نواة مذنَّب من حافَة المنظومة الشمسية مسافةً تبعد عن الشمس بضعَ مئات ملايين الكيلومترات، تَسخن هذه النواة، وتتسامى الغازاتُ، وتنفلتُ إلى الفضاء مع غبارٍ من سطحها. ولما كانت قوةُ ثقالة المذنَّب أضعفَ بكثير من أن تكبح انطلاق الغازاتِ والغبار، تتمدَّد هذه نحو الخارج حول النواة بقطر آلاف الكيلومترات، مؤلِّفةً ذؤابةَ المذنَّب.

يضيءُ المذنَّبُ عندما تَتَفَلْوَر الغازاتُ ويعكس الغبارُ ضوءَ الشمس.

ويستعمل الفلكيون مقاريب كبيرة لرصد نحو 25 من بقع الضوء الضبابيّة هذه كلَّ سنة.

ما سبب نشوء الذؤابة؟.....

.....

الجواب: حرارة الشمس (التي تتسبَّب في تسامي جُسَيْمات الغاز والغبار وتمدُّدِها).

6.11 الذيول

عند اقتراب مذنَّبٍ من الشمس، فقد يؤلِّف ذيولاً من الغازات والغبار المنطلقة من النواة.

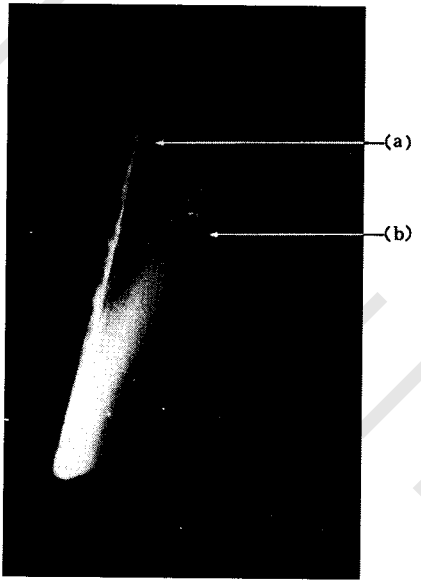
يفكِّك الإشعاعُ فوق البنفسجي الغازاتِ إلى جذورٍ حرّة (شظايا جزيئية وأيونات). تتآثر interact الأيوناتُ والجسيماتُ المشحونةُ المنطلقةُ من الشمس في الريح الشمسية، وتنجرف الأيوناتُ في آخر المطاف ملايين الكيلومترات لتؤلِّف ذيلاً غازيّاً gas tail أو ذيلاً أيونياً ion tail.

إن ضوءَ الشمس الشديد الذي يسقط على جُسَيْمات الغبار يُكسِبُها قوةً صغيرةً تسمى ضغطَ الإشعاع radiation pressure. يَدفعُ ضغطُ الإشعاع جُسَيْماتِ الغبار نحو الخارج بعيداً عن الشمس. يستمرُّ المذنَّب في الحركة على حين يبدأ ذيلٌ غباريٌّ dust tail بالتقوُّس خلفه، علماً بأن ذيولَ المذنَّبات رقيقةٌ جداً بحيث يمكن رؤيةُ النجوم في الطرف الآخر من خلالها.

تُواصِلُ الجزيئاتُ والذّراتُ المحايدةُ تَمَدُّدَها نحو الخارج بدءاً من النواة، إلى أن تتأيَّن. تكوِّن ذرَّةُ الهيدروجين (التي هي أكثرُ الذرّات شيوعاً) سحابةَ الهيدروجين الهائلة. وقد لوحظَ في مذنَّب هالي أن سحابةَ الهيدروجين المحيطةَ بنواته قد تعاظمت إلى قطرٍ يناهز عدةَ مئات الآلاف من الكيلومترات.

رُصِدتْ آثارُ أيونات الهيدروجين التي حرَّرَها مذنَّبُ هالي في الريح الشمسية من مسافة 35 مليون كم (21 مليون ميل) من النواة. كما لوحظ ما يسمى الصَّدمة القوسيَّة bow shock ـ وهي موجة صَدْم تنشأ حيث تعمل غازاتُ المذنَّب على إعاقة الريح الشمسية وإبطائها ـ من مسافةٍ تقارب 400،000 كم (240،000 ميل) أمام المذنَّب.

في الشكل 4.11، عيِّن الذيلَ الغازي (الأيوني)، والذيلَ الغباري، واذكر سببَ تكوُّن كلٍّ منهما.



الشكل 4.11 مذنَّب مركوس بذيلَين نموذجيَّين.

(أ) .....

(ب) .....

الجواب: (أ) الذيل الغازي؛ الريح الشمسية؛ (ب) الذيل الغباري؛ ضغط الإشعاع.

7.11 اختفاء المذنَّب

لا يمكن التنبُّؤ بمصير المذنَّب مادام يتسارع بلا هوادة مقترباً من الشمس. فقد تَصْدر عن نواته نفثاتٌ غازيةٌ وغباريةٌ عنيفةٌ تفضي إلى تغيير حركته المدارية.

وإذا طاف المذنَّبُ حول الشمس دورةً كاملة، استمرَّ على مداره عائداً إلى الفضاء الخارجيّ القارس. تتخلَّف بعضُ مادة المذنَّب في حين يتجمَّد الباقي من جديد، وتختفي الذؤابةُ والذيول.

تَمرُّ بعضُ المذنَّبات على مقربة دانية جداً من الشمس المضطرمة، تودي بها فتتحطَّم أو تتفكَّك. وقد يحدث أحياناً أن يهويَ أحدُها داخل أتون الشمس مباشرةً ولا يبقى لَه أثر.

بالاستعانة بالشكل 5.11 علِّلْ لماذا تعود المذنَّباتُ إلى الفضاء الخارجيِّ بذيولها أولاً .....

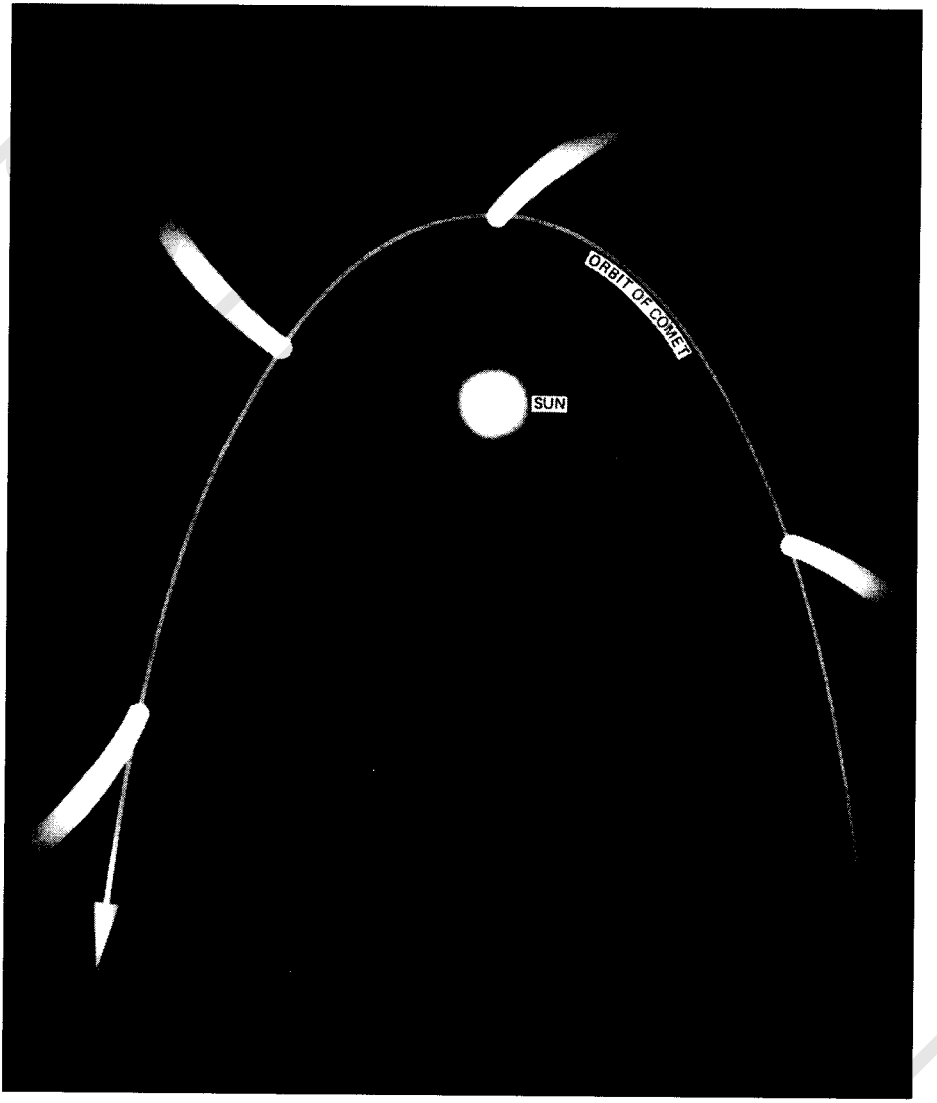
.....

.....

الجواب: بالنظر إلى أنَّ ذيولَ المذنَّبات تتكوَّن بفعل ضغط الإشعاع الشمسي والريح الشمسية، وكلاهما متّجهٌ دوماً بعيداً عن الشمس، اقتضى ذلك أن يتَّجه الذَّيلُ بعيداً عن الشمس أيضاً.

8.11 منشأ المذنَّبات

في الخمسينيات من القرن العشرين استنبط عالِمُ الفلك الهولنديُّ جان أورت Jan Oort (1900 ـ 1992) نموذجاً حظي بقبولٍ واسعٍ في الأوساط الفلكية، يرى أنَّ المذنَّبات التي نرصدها تولَّدت ضمن غلافٍ قشريٍّ هائل من جَمْهرة أجرامٍ جليدية تبعد عن الشمس 50,000 ـ 100,000 مرة بُعد

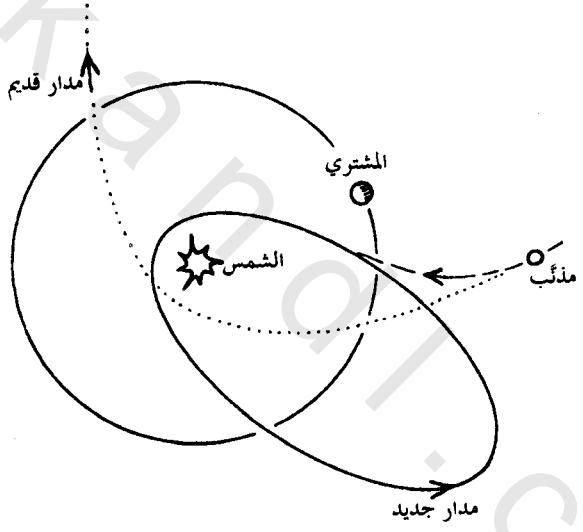


الشكل 5.11 مسار مذنَّب عند نقطة الرأس.

الأرض عنها. تلك هي سحابة أورت Oort cloud التي تقع عند ثلث المسافة تقريباً إلى أقرب النجوم، وقد تستوعب 100 مليار مذنَّبٍ أوَّلي.

يَحدث بين حينٍ وآخر أن يؤثِّر نجمٌ عابرٌ بقوة شَدٍّ على مذنَّب، فيُبطئ حركتَه ويهوي باتجاه الشمس. ذلك المذنَّبُ يكون مذنَّباً طويل الدَّور long-period comet، مدارُه على شكل قطعٍ مكافئ تقريباً، ويقع دورُه المداريُّ حول الشمس ما بين 20،000 سنة وملايين السنين.

ولو مرَّ المذنَّبُ قريباً من كوكب عملاق ـ لاسيما المشتري ـ تأثَّر بثقالة الكوكب القويّة، وربّما أدى ذلك إلى أن يهويَ المذنَّبُ داخلَ الكوكب، أو أن يتسارعَ مندفعاً خارجَ المنظومة الشمسية، أو أن يدورَ حول الشمس في مدارٍ إهليلجيٍّ قصيرِ الدَّور نسبياً (الشكل 6.11).



الشكل 6.11 إنَّ الثقالةَ القويةَ لكوكب المشتري تسبِّب اضطراباً في حركة مذنَّبٍ عابرٍ طويل الدَّور على مداره، وتحمله على اتِّخاذ مدارٍ جديد قصير الدَّور حول الشمس.

ما المنشأ المحتمل للمذنَّبات التي نرصدها؟ .....

.....

الجواب: سحابةٌ هائلةٌ من المذنَّبات قربَ حافَةِ المنظومةِ الشمسية.

9.11 المذنَّبات الدَّوريَّة

صنَّفَ علماءُ الفلك نحواً من 150 من المذنَّبات القصيرة الدَّور short-period comets أو المذنَّبات الدَّورية periodic comets التي تقارب أدوارُها المداريةُ حولَ الشمس عدةَ سنوات، وقد تصل إلى 200 سنة. وتسطع هذه المذنَّباتُ في السماء دوريّاً كلما دَنَتْ من الشمس.

ويُعَدُّ مذنَّبُ هالي Comet Halley أشهرَ المذنَّبات وأكثرَها اطّراداً من حيث سطوعه، إذ سجِّل منذ سنة 240 قبل الميلاد ثلاثين مروراً أوجيّاً (عند نقطة الرأس)، وجرى رصدُه مقرابياً لأكثر من ثلاث سنواتٍ قبل ظهوره بتاريخ 9 شباط (فبراير) 1986 وبعده. يلاحَظ أن مذنَّب هالي هو أفضل المذنَّبات التي أُخضعت لتحليلٍ علميٍّ مستفيض حتى اليوم.

يُدرج الجدول 1.11 أسماءَ بعض المذنَّبات التي ظهرتْ عدةَ مراتٍ في سمائنا. ما أقصر دورٍ مداريٍّ معروفٍ لمذنَّب؟ .....

الجواب: 3,3 سنوات (مذنَّب إنْكي Encke).

الجدول 1.11 بعض المذنَّبات الدَّوريّة.

المذنَّب	دوره[1] (بالسنوات)	أدنى اقتراب له من الشمس (بالواحدات الفلكية)
P2/ إنكي encke	3,3	0,33
P21/ يعقوبيني - زينر Giacobini-zinner	6,6	1,03
P14/ وولْف Wolf	8,2	2,41
P55/ تيمپل - تَتِلْ Tempel-Tuttel	33,2	0,98
P1/ هالي Halley	76,0	0,59

(1) الدَّور قابلٌ للتغيُّر بمرور الزمن.

ملاحظة: لما كانت أسماءُ المذنَّبات عرضةً للتغيُّر، فقد وَسَمَ الاتحادُ الفلكيُّ الدولي كلَّ مذنَّبٍ دوريٍّ بحرف P مسبوقاً برقم الدَّور ـ المذنَّب، المحدَّد وفق الترتيب الذي جرى فيه تعرُّف الصفة الدَّورية للمذنَّب.

10.11 مصير المذنَّبات

من غير الممكن أن يَنشَط مذنَّبٌ دوريٌّ بتوليد ذؤابة جديدة أو ذيول جديدة بلا حدود؛ فنواتُه تَفقد طبقةً سطحيةً بعمق عدة أمتار في كلِّ مرةٍ يُنجِزُ فيها دورةً حول الشمس، ويتشوَّشُ مدارُه بالمخلَّفات الغبارية والغازية؛ إذ يُخلِّف مذنَّبُ هالي وراءه زهاء 1 في المئة من كتلته في أثناء كلِّ مرورٍ أَوْجِيٍّ له (الشكل 11.7).

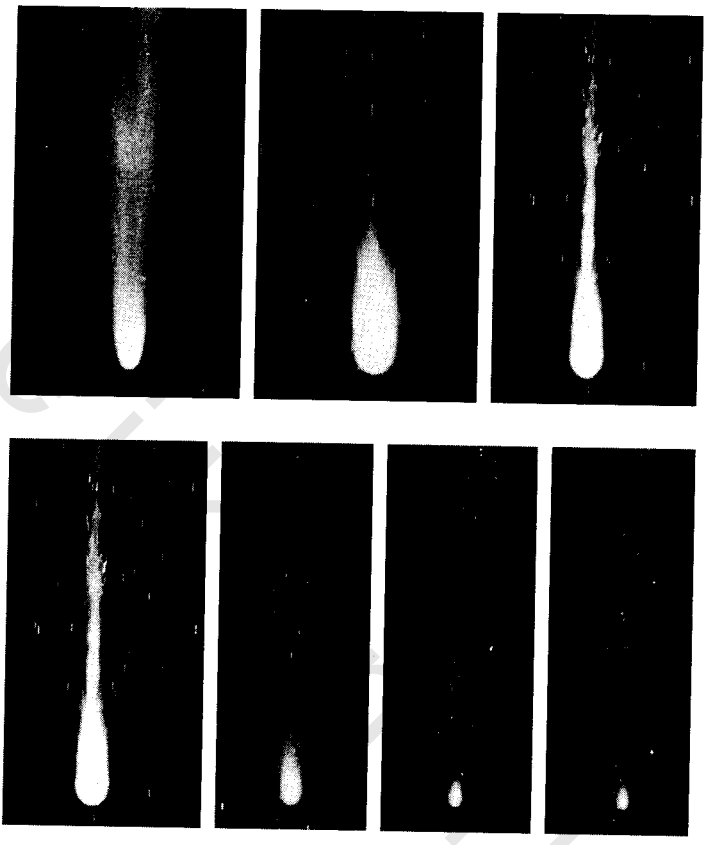
يَفقِد المذنَّبُ الدَّوريُّ في نهاية الأمر كاملَ مادّته الطيّارة، وقد لا يبقى منه إلا قطعٌ كبيرةٌ غليظة وشظايا صغيرة صُلْبة. تستمر أنقاض المذنَّب طوَّافةً حول الشمس كأنها كواكب صغيرة.

اذكر باختصار خمسةً من التغيُّرات التي تطرأ على مَظهر مذنَّبٍ يطوف في مداره حول الشمس.....

.....

.....

الجواب: 1. بعيداً عن الشمس، يتألَّف المذنَّب من نواةٍ من غازاتٍ متجمِّدةٍ وغبار. 2. تتكوَّن الذؤابةُ باقتراب المذنَّب من الشمس. 3. قريباً من الشمس، تتكوَّن الذيول. 4. بعد الطواف بالشمس، يتجمَّد من جديد مقدارٌ كبيرٌ من مادة المذنَّب. 5. بعيداً عن الشمس ثانيةً، تندثر الذؤابةُ والذيول.



الشكل 11.7 مظهر مذنَّب هالي في سبعة أيامٍ مختلفة، وقد تراجَعَ عن الشمس بعد ظهوره سنة 1910.

11.11 اقتفاء المذنَّبات

في كلِّ عام تُكتَشَف عدةُ مذنَّبات جديدة، يَجِدُ الفلكيون المحترفون بعضَها من المعطيات الفلكية التي بين أيديهم وهم في مراصدهم، ويقع الهواةُ المجتهدون على بعضِها الآخر.

تُنسَبُ المذنَّباتُ عادةً إلى مكتشفيها. غير أنَّ ثمة استثناءاتٍ يحمل المذنَّبُ فيها اسمَ أوَّل من حدَّد مدارَه رياضياً، كمذنَّب هالي نسبةً إلى إدموند هالي Edmond Halley (1656 ـ 1742). وقد يرتبط اسمُ مذنَّبٍ جديد

بالأشخاص الثلاثة الأُوَل الذين يُبلِّغون عن رصدهم له. وإذ باتَ اقتفاءُ المذنَّبات نشاطاً دولياً واسعَ الانتشار، فإنك تجد أحياناً أسماء عويصة اللفظ من قبيل المذنَّب القصير الدَّور (5,3 سنوات) المسمّى هوندا ـ مركوس ـ پاجدوساكوڤا Comet Honda-Mrkos-Pajdusakova!

كيف يمكنك أن تَصنع مَجْداً خالداً من مذنَّب؟ .....

الجواب: اكتَشِفْ مذنَّباً، وسيحمل اسمك إلى الأبد.

12.11 مخلَّفاتٌ بَيْكوكبيَّة

يحتلُّ المنظومةَ الشمسيةَ الداخليةَ نثارٌ لا حصر له من المادة يسمى النيازك meteoroids.

والأرضُ محاطةٌ بغبارٍ بَيْكوكبيٍّ يُرصَد عند الأطوال الموجيَّة تحت الحمراء. تَدخل النيازكُ الغلافَ الجوّيَّ للأرض باستمرار، ويجمعها علماءُ الفلك على ارتفاعات عالية من الصفائح الجليدية في المناطق القطبيَّة الشمالية ومن قيعان المحيطات، لأغراض التحليل العلمي المخبري. هذه النيازك شبيهةٌ بحبيبات الغبار التي تلفظها نواةُ مذنَّب هالي (الشكل 11.8).

ما هو النيزك؟ .....

الجواب: جُسَيْمٌ صُلْب طوَّافٌ في الفضاء حول الشمس.

13.11 الشُّهُب

هل أضمرتَ يوماً في نفسك أمنيةً على «نجم هاو» shooting (falling) star ؟ إن هذه الومضات الضوئية ليست نجوماً على الإطلاق، بل هي شُهُب meteors: خطوطٌ من الضوء ولَّدتْها نيازك هَوَتْ عبر الغلاف الجوّي للأرض بسرعات قد تصل إلى 72 كم/ثا (45 ميل/ثا)، ثم احترقتْ هذه الجسيماتُ

الشكل 8.11 قطعةٌ من غبارِ مذنَّب، مكبَّرة 15،000 ضعف.

الصغيرةُ باحتكاكها بالهواء وهي على ارتفاع ما بين 60 و 110 كم (40 و 70 ميلاً) فوق الأرض[1].

في أيِّ ليلة صافية دامسة الظُّلمة بإمكانك أن تعاين نحو ستة شُهُب في الساعة تومض في السماء فجأةً ودون سابق إشارة. يَحدث مثلُ ذلك في النهار أيضاً، لكنه لا يكون مرئياً بسبب شدة سطوع السماء نهاراً.

(1) عندما يدخل نيزكٌ meteoroid غلافَنا الجوّي يسخُن بالاحتكاك، وتسمى مخلَّفاتُه من الغازات الساطعة شهاباً meteor يحترق قبل وصوله الأرض؛ فإذا بلغ النيزكُ سطحَ الأرض سُمِّيَ حجراً نيزكياً meteorite. (المعرّب)

وإذا كان النيزكُ الهاوي ضخماً، ولَّد شهاباً بالغَ السطوع يسمى كرةَ النار أو الشهاب الوهّاج fireball. وقد يحدث أحياناً أن تَسْلَم هذه النيازكُ ـ أضخمُها ـ جزئياً بعد سقوطها الناريّ. فقد رُصِدتْ بتاريخ 8 آذار (مارس) 1976 كرةٌ ناريةٌ حمراء مثيرة بحجم القمر البدر، عاينَها عشرات آلاف الناس على مساحة واسعة تقع شمال الصين. ثم رصدوا تحطُّمها العنيف عندما صارت على ارتفاع 17 كم فوق مدينة كيرين Kirin. وبعد ارتطامها الانفجاريِّ بالأرض أُخِذتْ عيِّناتٌ من شظايا كبيرة وصغيرة منها ليتولى العلماءُ دراستَها معملياً.

ما هو الشهاب؟ .....

.....

الجواب: شريطٌ من الضوء يمكن رصدُه عندما يحترق نيزكٌ لدى دخوله الغلافَ الجوّيَّ للأرض.

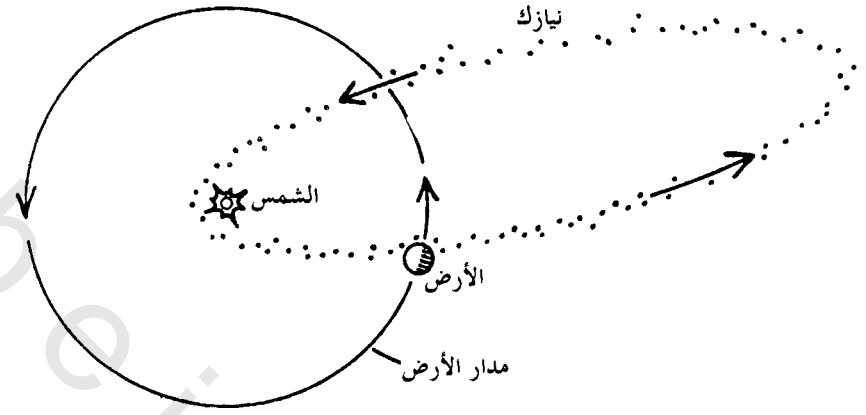
14.11 وابل الشُّهُب

في مواعيدَ كثيرة يمكن التنبُّؤ بها من كلِّ سنة، يمكنك رصدُ الشهب تنهمر انهماراً من جزءٍ واحدٍ من السماء. تسمى هذه الظاهرةُ وابلَ الشُّهُب meteor shower. وترتبط وابلاتُ الشُّهب بالمذنَّبات، فتَحْدث عندما تعبرُ الأرضُ ـ وهي تسعى في مدارها حول الشمس ـ جمهرةً من نيازك خلَّفها مذنَّبٌ نَشِط (الشكل 11.9).

في سنة 1910 ذَعِرَ الناسُ عندما أوشكت الأرضُ على اختراق ذيل مذنَّب هالي. ماذا تتوقَّع أن يحدث لو اخترَقَت الأرضُ ذيلَ مذنَّبٍ فعلاً؟ .....

.....

الجواب: وابلُ شُهُبٍ ساطعٌ (لكنه حميد).



الشكل 9.11 يحدث وابلُ الشُّهب عند مرور الأرض قربَ مدارِ مذنَّب، واختراقها حشداً من النيازك.

15.11 أفضل العروض الشهابية

تبدو الشهبُ ـ عند حدوثها ـ صادرةً كلُّها من نقطة واحدة مشتَركة في السماء تُسمى مُنْبَثَق الشُّهُب radiant. وتُنسَب وابلاتُ الشُّهب عادةً إلى الكوكبة التي يتراءى الوابلُ ناشئاً عنها، من قبيل وابل شُهُب فرساوس Perseids نسبةً إلى كوكبة فرساوس Perseus، ووابل الجبّار Orionids نسبةً إلى كوكبة الجبّار Orion.

يزداد إمكانُ رصد الشُّهُب عادةً بعد منتصف الليل، منه قبله؛ ذلك لأن الأرضَ الطوّافةَ في مدارها تكون عند الفجر مندفعةً «بوجهها» مباشرة عبر تجمُّعات الجُسَيْمات[1]. وأفضل ما تُرصد وابلاتُ الشُّهب بالعين المجرَّدة في الليالي التي لا يكون فيها القمرُ ساطعاً، فالقمرُ البدرُ يطمس جودةَ الرؤية.

(1) يمكن تمثيل هذا الفرق بمثالٍ من حياتنا: فأنت إذا ركضتَ تحت المطر أصابَ البللُ صدرَك أكثر مما يصيب ظهرك. هكذا يتقدّم جانبُ الفجر الأول من كوكبنا نحو الأنقاض النيزكية القريبة منا في الفضاء، في حين يبتعد جانبُ الليل عنها. (المعرّب)

ويُدرِج الجدولُ 2.11 أبرزَ وابلات الشُّهب السنوية. ولما كان نشاطُ الوابل عُرضةً للتغيُّر بمرور الزمن، فمن الأجدى الرجوع إلى المنشورات الفلكية الحديثة (انظر «المصادر المفيدة» في نهاية الكتاب) للحصول على تفاصيل عن أفضل الوابلات للعام الحالي.

بالاستعانة بالجدول 2.11، سَمِّ أكبرَ وابل شُهُبٍ صيفي يمكن رصده، عند درجة سطوعه الأعظمي، من خط العرض 40° شمالاً، واذكر موعده .....

.....

الجواب: فرساوس؛ 12 آب (أغسطس).

الجدول 2.11 أهم وابلات الشُّهب السنوية

وابل الشُّهب	تاريخ سطوعه الأعظمي	المعدَّل الساعي التقريبي	المذنَّب المرتبط به
شُهُب العوّاء	3 كانون الثاني (يناير)	30	
الشُّهُب الشلياقية	23 نيسان (أبريل)	8	1861I
شُهُب سعد الأخبية	4 أيار (مايو)	10	(ربّما) هالي
وابل الدَّلو	30 تموز (يوليو)	15	
شُهُب فرساوس	12 آب (أغسطس)	40	سويفت ـ تَتِلْ
شُهُب الجبّار	21 تشرين الأول (أكتوبر)	15	(ربّما) هالي
شُهُب الثور	4 تشرين الثاني (نوفمبر)	8	إنكي
شُهُب الأسد	16 تشرين الثاني (نوفمبر)	6	1866I تِمْبِل ـ تَتِلْ
شُهُب الجوزاء	13 كانون الأول (ديسمبر)	50	كويكب ڤيثون
وابل الدبّ الأصغر	22 كانون الأول (ديسمبر)	12	تَتِلْ

obeikandl.com

16.11 حوادث سقوط صخريّ (الأحجار النيزكية)

عندما تسقط قطعةٌ حجريةٌ أو معدنية من الفضاء الخارجيِّ على الأرض تسمى رجماً أو حجراً نيزكياً meteorite.

لم تسجَّل - في التاريخ الحديث - أيُّ واقعة قُتِلَ فيها بَشَرٌ من حجرٍ ساقط من السماء. ويُعتَقد أن مئاتِ أطنان المادة الكونية تصل الأرضَ سنوياً مخترقةً غلافها الجوّي، غير أنَّ حَجرَيْن أو ثلاثة أحجارٍ نيزكية لا أكثر قد تهبط كلَّ نحو عشرة سنوات في أماكن مأهولة، لكنها - مع ذلك - لا تكاد تتسبَّب في وقوع إصابات تُذكَر.

يزن أكبرُ حجرٍ نيزكيٍّ سقَطَ على الأرض حتى الآن - وهو حجر هوبا ويست Hoba West- نحواً من 66 طنّاً، ومازال موجوداً في جنوب غرب أفريقيا حيث هبط. وقد جرت العادة على أن يسمّى الحجرُ النيزكي باسم أقرب مكتب بريد من موقع هبوطه. يجدر بالذكر أن كثيراً من الأحجار النيزكية الكبيرة معروضٌ اليومَ في متاحفَ مختلفة من العالم (الجدول 11.3).

ما هو الحجرُ النيزكي؟ .....

الجواب: قطعةٌ حجريةٌ أو معدنية من الفضاء الخارجي.

الجدول 11.3 أحجار نيزكية كبيرة معروضة في الولايات المتحدة.

اسم الحجر النيزكي	وزنه التقريبي	مكان وجوده الحالي
آنيغيتو (غرينلاند)	34 طنّاً	المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي (مدينة نيويورك)
ويلاميت (أوريغون)	14 طنّاً	المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي (مدينة نيويورك)
فيرناس كاونتي (نبراسكا)	1 طن	جامعة نيومكسيكو
پاراغولد (آركنسو)	800 رطل إنكليزي	متحف شيكاغو للتاريخ الطبيعي

17.11 تركيب الأحجار النيزكية

إذا كنتَ مستعداً لإنفاق مزيد من المال، فما عليك إلا أن تفتِّش عن حجرٍ نيزكي! فما أكثر العلماء والهواة الذين ينفقون بسخاء في سبيل اقتناء مادة أصلية خالصة من الفضاء الخارجي، لأنهم يدركون أن الأحجارَ النيزكية هي المادةُ الوحيدة البِكْر الآتيةُ من الفضاء (سوى صخور القمر وتربته مما عادت به مركبتا أپولو ولونا)، التي يستطيع العلماء دراستها عن قرب.

تُصنَّف الأحجارُ النيزكيةُ في ثلاثة أنواع تبعاً لتركيبها:

(1) الأحجار النيزكية الحديدية iron meteorites، وتبلغُ كثافتُها ثمانيةَ أضعاف كثافة الماء تقريباً، وتتألف أساساً من الحديد (بنسبة تقارب 90 في المئة) والنيكل.

(2) الأحجار النيزكية الصخرية ـ الحديدية stony- iron meteorites، وتبلغ كثافتها نحو ستة أضعاف كثافة الماء، وتحتوي على الحديد والنيكل والسيليكات.

(3) الأحجار النيزكية الصخرية stony meteorites، التي تقارب كثافتُها ثلاثةَ أضعاف كثافة الماء، وتحتوي على نسبة عالية من السيليكات، ولا تتجاوز نسبةُ الحديد والنيكل فيها 10 في المئة من كتلتها.

والأحجارُ النيزكيةُ الحديديةُ أكثرُ الأنواع توافراً. أما الصخرية منها فتبدو شبيهةً بصخورٍ أرضية عادية، ولا تُميَّز في العادة إلا إذا رُصدتْ وهي تسقط، علماً بأن تحليلها المعملي يقطع بمنشئها الخارجي. ويعطي الجدول 4.11 نِسَبَ الحوادث المرصودة من مختلف أنواع الأحجار النيزكية الساقطة، ونِسَبَ تلك المكتَشَفة منها.

وأغلب الظن أن معظم الأحجار النيزكية شظايا كويكباتٍ تهشَّمتْ بحوادث صدم، بالنظر إلى تشابه تركيب هذه الأجرام. وقد قُدِّر عمرها بـ 4,6 مليارات سنة، وهو العُمر التقريبي لجملة المنظومة الشمسية.

وإذا كان الحجرُ النيزكي غنيّاً بالكربون، مع بعض المحتوى المائي سُمِّيَ العُقَيْدَة الكربونية carbonaceous chondrite. إن اكتشاف هذا النوع من الأحجار النيزكية يزيد من فضول العلماء للبحث عن حياة في الفضاء (الفصل الثاني عشر)، إذ توحي اكتشافاتٌ كهذه بإمكان تكوُّن مادة الحياة الأوَّلية خارج نطاق الأرض!

ففي سنة 1969 سقط الحجرُ النيزكي المسمّى ميرتشِسن Murchison Meteorite، الذي يرقى عمرُه إلى 4,5 مليارات سنة، في ڤيكتوريا بأستراليا. ووُجد بالتحليل أنه محتوٍ على الحموضِ الأمينية amino acids البسيطة التي تبني البروتينات، وعلى أُسسِ الحامض النووي nucleic acid bases التي تحمل العناصرَ الوراثيةَ وتستنسخها، بل وعلى المواد الكيميائية العضوية الشبيهة بالشحوم lipids، وهي المكوِّنات البنيويةُ للخلايا الحيّة.

وفي السنة نفسها أيضاً سقط في شمال المكسيك الحجرُ النيزكي أليندي Allende Meteorite، وهو من أضخم العُقَيْدات الكربونية الساقطة حتى الآن، وتحتوي على ما يقارب 2 طنين من أقدم المواد الأوَّلية في المنظومة الشمسية.

كذلك جرى تحصيل مجموعة تزيد على ألف حجرٍ نيزكيٍّ غير ملوَّث من جليد القارَّة القطبية الجنوبية، وتضمّ بعضَ العُقَيْدات الكربونية المحتوية على الحموض الأمينية.

وقد تبيَّن أن بعضَ الأحجار النيزكية «القمرية» قريبةٌ في تركيبها من الصخور التي جمعها من على سطح القمر روّادُ مركبة أپولو، وأن بعض الأحجار «المرّيخية» تحوي بداخلها غازاتٍ حبيسةً تكاد تكون متجانسةً كيميائياً لجوّ المرّيخ. وربّما يفسَّر ذلك بأن مذنَّباً أو كويكباً صَدَمَ المرّيخَ صدماً عنيفاً أدّى إلى انفلاتِ قطعٍ صخرية عن نطاق جاذبية المرّيخ نحو الفضاء، ثم أسرِها في نهاية الأمر في نطاق جاذبية الأرض.

الجدول 4.11 حدوث الأحجار النيزكية بأنواعها

أنواع الأحجار النيزكية	ما رُصد وهو يسقط	ما اكتُشف فيما بعد
الحديدية	6 في المئة	66 في المئة
الصخرية ـ الحديدية	2 في المئة	8 في المئة
الصخرية	92 في المئة	26 في المئة

لماذا كانت الأحجارُ النيزكيةُ مهمةً للعلماء؟ .....

.....

.....

الجواب: لأنها تمثِّل مادةً أوَّليةً بكراً من خارج جوّ الأرض يستطيع العلماءُ دراستها عن قرب لمعرفة المزيد عن المنظومة الشمسية.

18.11 حوادث تصادم بالأرض

قد تتساءل: ماذا عسى أن يحدث لو أن مذنَّباً أو حجراً نيزكياً عظيماً ضَرَبَ الأرض؟

تُحدِث الأحجارُ النيزكيةُ الكبيرةُ فوَّهات ضخمةً في الكواكب والأقمار التي تسقط عليها. ولا شك في أن الأرض قد تعرَّضت مراراً لصدمات كهذه في فجر تاريخها، غير أن الفوَّهات القديمةَ اندثرتْ وانطمستْ معالمها مع الزمن بفعل النشاط الجيولوجي وعوامل الحتّ والتعرية. أما اليوم، فإن وقوع حوادث صدمٍ خطيرة أمرٌ نادرٌ فعلاً. وبإمكانك مشاهدة فوَّهة الصدم المسمّاة ميتيور كريتر Meteor Crater قرب وينسلو شمالي ولاية أريزونا الأمريكية (الشكل 10.11)، وهي فوَّهةٌ نَجَمَتْ عن صدمٍ بحجرٍ نيزكي منذ أكثر من 25،000 سنة خلت.

إنَّ حادثة صدمٍ بنواة مذنَّب قد تكون من الشدة بحيث تولِّد طاقةً تعادل

الشكل 10.11 فوَّهة ميتيور كريتر في أريزونا بالولايات المتحدة، يقارب قطرُها 1,5 كيلومتر، وعمقها 180 متراً.

انفجار ملايين القنابل الهيدروجينية. إلا أن السَّواد من علماء الفلك يستبعدون جداً احتمالَ وقوع حوادث صدمٍ كهذه بالأرض. وكان الاحتمال الأكثر وروداً في الماضي أن يكون الصَّدمُ بحجرٍ نيزكي. وبات في حكم المؤكَّد فلكياً اليومَ أن المذنَّباتِ أغلبَها لا يمكن أن تقترب من الأرض البتة في أثناء تطوافها حول الشمس، [والله أعلم].

بتاريخ 8 حزيران (يونيو) سنة 1908 ضربَ سيبيريا انفجارٌ عملاقٌ غامض بقوةٍ ناهزت 12 ميغاطن، على ارتفاع نحو 8 كم عن الأرض، سوّى الأشجارَ بالأرض خارجَ نقطة الانفجار لمساحةٍ بلغت نحو 1000 كيلومتر مربع من الغابات قرب نهر تنغوسكا Tunguska River، وتسبَّبَ في نفوق عدد من أيائل الرنَّة ضمن قطيع على بُعد 40 كيلومتراً (25 ميلاً). ويُعتَقد أن

حجراً نيزكياً ضخماً، أو مذنَّباً قد انفجر وأحدث ذلك الدَّمار[1].

كذلك يُعتَقد أنَّ جِرماً سماوياً صدمَ الأرض وهزَّها شديداً منذ نحو 65 مليون سنة، فتسَبَّبَ في انقراضٍ واسعٍ فاجعٍ للديناصورات ولكثيرٍ من الأنواع النباتية والحيوانية الأخرى. وقد وَجَدَ الباحثون ترسُّباتٍ غنيَّةً من عنصر الإريديوم في الحدّ K-T، وهو الطبقة الجيولوجية المؤلِّفة للترسُّبات الحاصلة ما بين نهاية الحقبة الطباشيرية Cretaceous Era وبداية الحقبة الثالثة Tertiary Era. ومعلومٌ للمختصين أن الإريديوم يتوافر أكثر في المذنَّبات والأحجار النيزكية والكويكبات، منه في قشرة الأرض. وعُثِر أيضاً في الحدّ K-T على سِناجٍ soot وكريّاتٍ معدنية صَهَرَتها الصدمة. ويُفترَض اليوم أن موقع الصَّدم كان فوَّهةً عظيمةً دُفنتْ تحت شبه جزيرة يوكاتان Yucatan Peninsula في المكسيك[2].

هل من المحتمل أن تتعرَّض الأرضُ لصدم نواةِ مذنَّبٍ أو حجرٍ نيزكيٍّ كبير في المستقبل القريب؟ .....

الجواب: لا.

(1) من المثير في حادثة تنغوسكا هذه أن الأشجار في مركز المنطقة المصابة بقيت قائمةً على أصولها، لكنها مجرَّدة الأغصان. وقد يدلُّ هذا على أن الانفجار حدث في الجو، دون وجود دليلٍ قاطعٍ بالسبب الذي أدّى إلى وقوعه على وجه اليقين. انظر كتاب: Explorations: an Introduction to Astronomy Thomas T.Arny, Mosby, 1994. ص 279 - 280. (المعرِّب)

(2) انظر إن شئت تفصيلاً حول هذا الموضوع ص280 - 281 من المرجع السابق: Explorations: an Introduction to Astronomy (المعرِّب)

obeikandl.com

اختبار ذاتي

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

1. لماذا يَستعمل علماءُ الفلك اليوم أجهزةً متقدِّمةً لدراسة المذنَّبات؟ .....

.....

.....

.....

2. ممَّ تتألَّف نواةُ مذنَّب؟ .....

.....

.....

3. اذكر اثنين من المكتشَفات الهامة التي تتَّصل بنواة مذنَّب هالي، التي عُرِفت في أثناء مرور المذنَّب في نقطة الرأس (الأوج) سنة 1986.

(1) .....

.....

.....

(2) .....

.....

.....

obeikandl.com

4. بيِّن خمسةً من التغيُّرات التي تطرأ على مَظْهر مذنَّبٍ دوريٍّ في أثناء طوافه في مداره حول الشمس .....

.....

.....

.....

.....

.....

5. عيِّنْ على رسمٍ تخطيطيٍّ الأقسامَ الرئيسيةَ لمذنَّبٍ ساطعٍ نموذجي.

(أ) .....؛ (ب) .....؛

(ج) .....؛ (د) .....

6. تحدَّث عن منشأِ المذنَّباتِ الدَّورية ومصيرها .....

.....

.....

.....

.....

7. قابِل كلَّ وصف مما يلي بالجِرم الصحيح.

-- (أ) نجمٌ ساقطٌ أو هاو.

-- (ب) جسيماتٌ صغيرةٌ تطوف بالشمس.

-- (ج) جِرمٌ صُلْب يصل إلى الأرض.

(1) شهاب.

(2) حجر نيزكي.

(3) نيزك.

obeikandl.com

8. بيِّنْ علاقةَ المذنَّبات بوابلات الشُّهُب .....

.....

.....

.....

9. اذكر تركيبَ الأحجارِ النيزكية، ومنشأها المحتمَل

.....

.....

.....

.....

10. رتِّب الأجرامَ التالية بحسب بُعدها عن الشمس بدءاً من الأقرب: الطَّوق الكويكبي، الأرض، سحابة أورت، پلوتو .....

.....

11. اشرح سبب اهتمام العلماء بالأحجار النيزكية .....

.....

.....

obeikandl.com

الأجوبة

قارنْ أجوبتك عن أسئلة الاختبار الذاتي بالأجوبة التالية، 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. بالنظر إلى أهميتها الخاصة؛ فهي تُعَدُّ أكثرَ الأجرام ثباتاً من حيث احتفاظُها بمادّتها الأصلية التي منها تكوَّن كلُّ ما في المنظومة الشمسية.

(الفقرة 2.11)

2. تتألف نواة المذنَّب في معظمها من جليدٍ مائي وغازاتٍ متجمِّدةٍ أخرى ممزوجةٍ بموادَّ صُلبة، ذلك بحسب نموذج كرة الثلج الملوَّثة.

(الفقرة 4.11)

3. (1) النواة سوداء قاتمة، لها شكل حبة البطاطا، وبطول 15 كيلومتراً (9 أميال) تقريباً.

(2) وجود شقوقٍ وفلوق وفوَّهاتٍ محتملة على السطح، وطبقة غبارية عازلة سوداء قاتمة، وتسرُّب نفثات غباريةٍ وغازية قرب نقطة الرأس.

(الفقرة 4.11)

4. (1) بعيداً عن الشمس يتألف المذنَّب من نواةٍ من غازاتٍ متجمِّدةٍ وغبار.

(2) تتكوَّن الذؤابةُ باقتراب المذنَّب من الشمس.

(3) تتكوَّن الذيول قريباً من الشمس.

(4) بعد الطواف بالشمس يتجمَّد المذنَّبُ ثانية.

(5) بعيداً عن الشمس ثانية، يتألف المذنَّب من نواةٍ من جديد.

obeikandl.com

(الفقرات 3.11 إلى 7.11 و 9.11 و 10.11)

5. في الشكل 2,11(أ) النواة؛ (ب) الذؤابة؛ (ج) الذيل؛ (د) السحابة الهيدروجينية.

(الفقرة 3.11)

6. يترجَّح نشوءُ المذنَّبات الدَّورية في سحابة أورت الهائلة، قريباً من حافة المنظومة الشمسية. تعمل الثقالةُ القوية لكوكب المشتري على إعادة توجيه تلك المذنَّبات المارّة في الجوار ونقلها من مداراتٍ طويلة الدَّور إلى أخرى قصيرة الدَّور حول الشمس. وبعد مرور المذنَّبات في نقطة الأوج عدة مرات، تفقد في نهاية الأمر كاملَ مادّتها الطيّارة، ولا يبقى منها سوى شظايا صُلْبة تبقى طوّافةً حول الشمس.

(الفقرات 8.11 إلى 10.11)

7. (أ) 1؛ (ب) 3؛ (ج) 2.

(الفقرات 12.11 و 13.11 و 16.11)

8. تحدث وابلاتُ الشُّهُب عندما تعبر الأرضُ ـ الطوّافةُ في مدارها حول الشمس ـ حشداً من النيازك التي خلَّفها مذنَّبٌ نَشِطٌ في الفضاء.

(الفقرة 14.11)

9. الأحجار النيزكية الحديدية. معظم تركيبها من الحديد (زهاء 90 في المئة) والنيكل؛ الأحجار النيزكية الصخرية ـ الحديدية. تتركب من الحديد والنيكل والسيليكات؛ الأحجار النيزكية الصخرية. محتوى عالٍ من السيليكات، ولا تتجاوز نسبة الحديد والنيكل فيها 10 في المئة من الكتلة.

المنشأ المحتمل: الطوق الكويكبي.

(الفقرة 17.11)

10. الأرض، الطوق الكويكبي، پلوتو، سحابة أورت.

(الفقرتان 8.11 و 17.11)

11. لأنها مادَّةٌ أوّليةٌ بِكْر نشأتْ في الفضاء الخارجي، وتساعدنا ـ بدراستها عن قرب ـ على فهم تاريخ وتركيب كوكبنا الأرضي وسائر المنظومة الشمسية.

(الفقرتان 16.11 و 17.11)

obeikandl.com