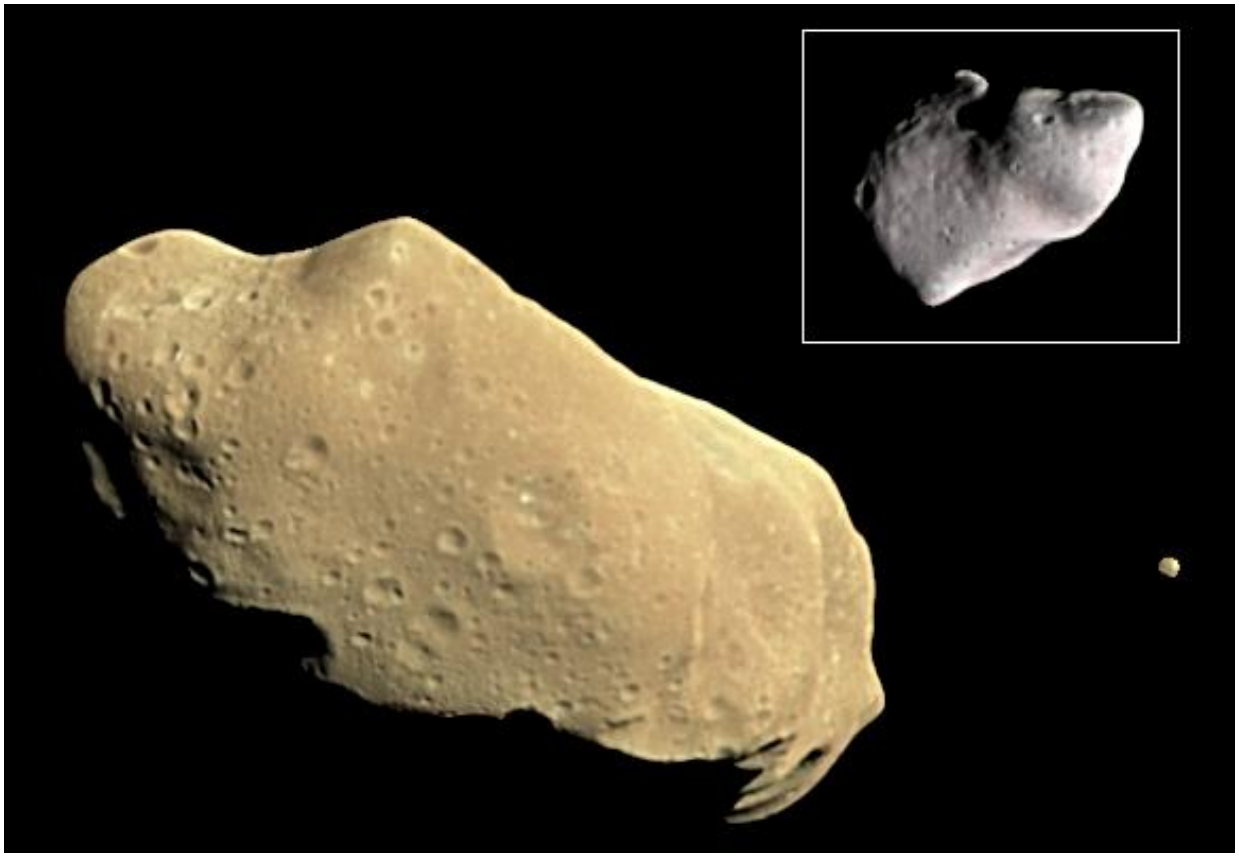
الباب الثامن

الكويكبات والمذنبات Asteroids and Comets

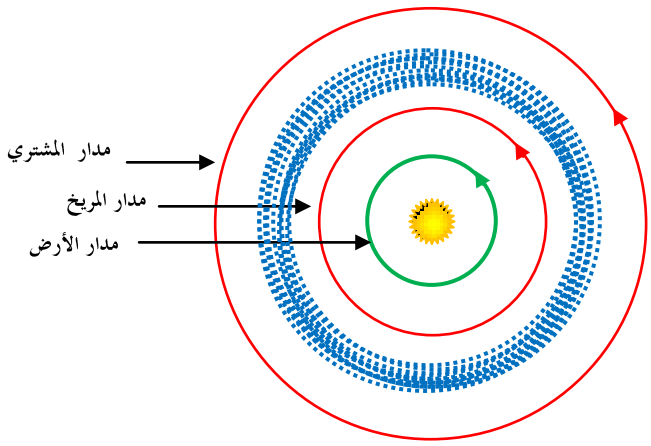
عمل تقويماً فاقت دقته التقويم الجيرجوري بكثير. عمر الخيام (ولد سنة 1044 م).

الفصل الأول

الكويكبات Asteroids



في الأطار الكويكب إيدا Ida243. ونفس الكويكب مع قمر تابع له على بعد 50 كم ، أخذت الصورة من المركبة Galileo على بعد 11 ألف كم من الكويكب في عام 1993 (NASA).

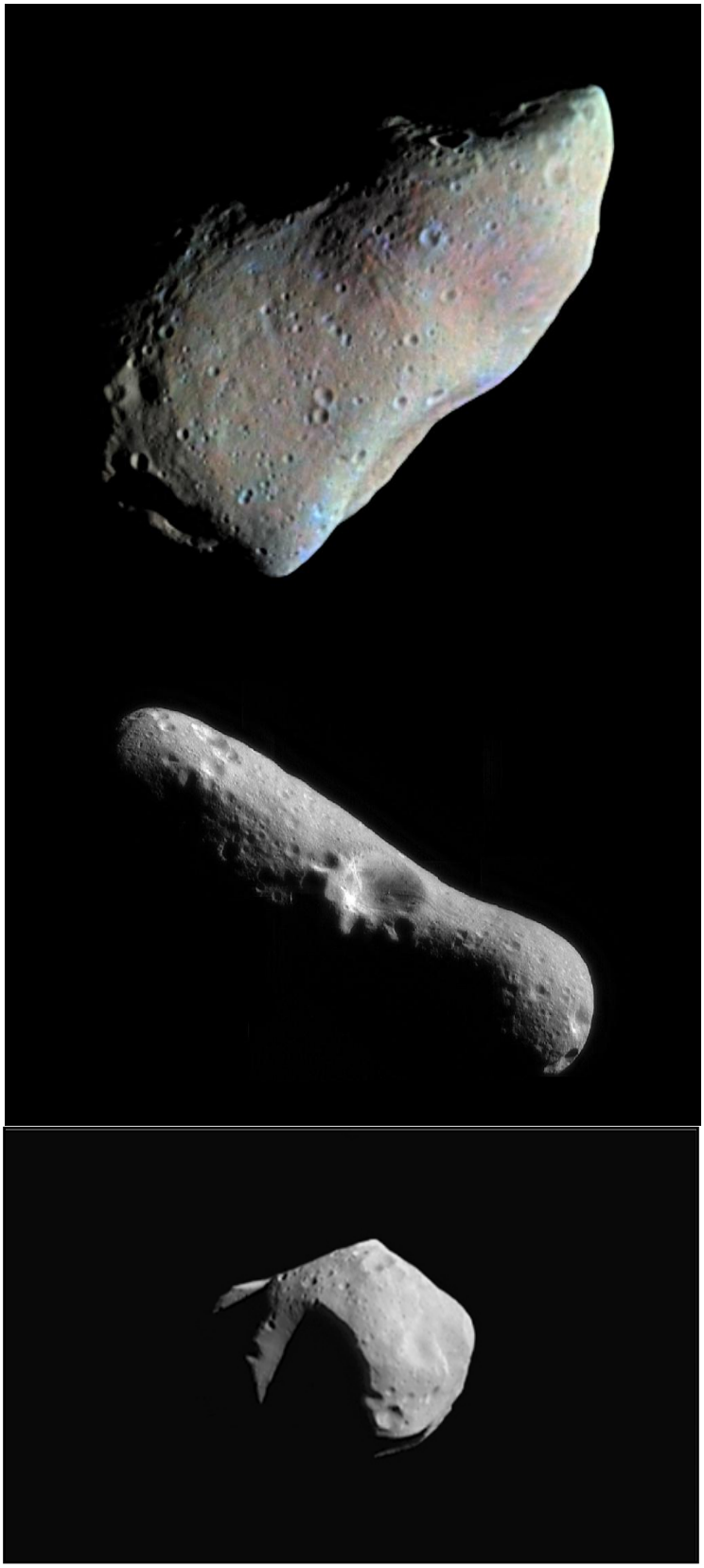


شكل 8-1: حزام الكويكبات في المنطقة الواقعة بين مداري المريخ والمشتري والمبينة باللون الأزرق.

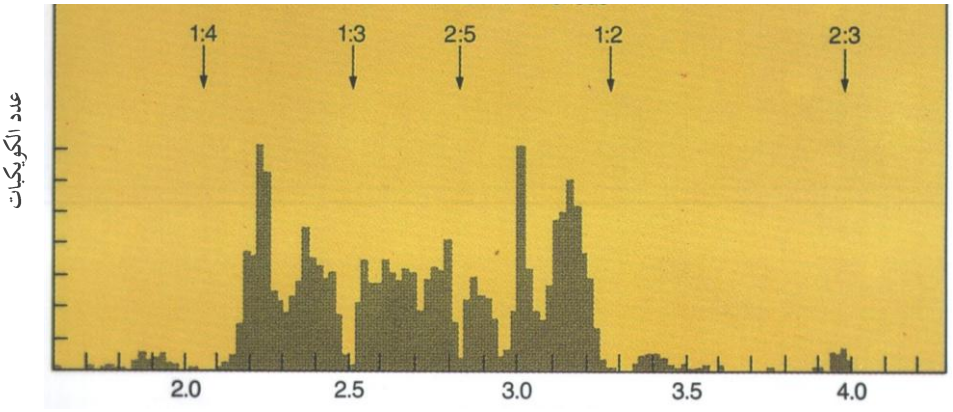
خصائص عامة General properties

لا تقتصر المجموعة الشمسية على الكواكب وأقمارها فقط بل يوجد بها أيضاً حوالى 100 ألف كويكب وكم هائل من المذنبات بالإضافة للشهب والنيازك ومادة ما بين الكواكب. وفيما يلي نتكلم بالتفصيل عن كل منها. يصل عدد الكويكبات إلى 100 ألف كويكب، وهي تدور في المنطقة التي تعرف باسم حزام الكويكبات بين كوكبي المريخ والمشتري ، شكل 8-1. وتتراوح أقطار الكويكبات بين 100 كم و 1000 كم أو أقل من ذلك قليلاً، والكثير منها قد يكون مستديرا بينما تأخذ الكويكبات الصغيرة أشكالاً غير منتظمة، شكل 8-2 . وهي تتركب من مركبات الكربون (0.75) وجزيئات من السليكون (0.20) وبعض العناصر الثقيلة مثل الحديد والنيكل (0.05). ومن الواضح أن الكبير منها يقترب من حجم الأقمار ولكن الصغير منها يعتبر كأحجار إذا ما قورن بالكواكب. تدور الكويكبات حول الشمس تماماً كما تفعل الكواكب بحيث أن لكل كويكب مداره الخاص به حول الشمس. ولكن لماذا توجد الكويكبات على هذه الهيئة؟ ولماذا لم تتجمع لتكون كوكبا كبيراً؟ من الواضح أن ذلك يرجع إلى وقت نشأة المجموعة الشمسية، حيث تكونت هذه الكويكبات في مكانها بين المشتري والمريخ، وبفعل جاذبية الكوكبين أُرغمت على أن تظل في مكانها تحت توازن قوتي الجاذبية للكوكبين، ولو نظرنا لمواقعها فنسجد أنها بعيدة عن المشتري وقريبة من المريخ مما يؤكد الفكرة السابقة، وهي أن الكويكبات تقع في منطقة توازن الجاذبية للمشتري والمريخ. والحزام الأساسي للكويكبات يقع ما بين 2.2 إلى 3.3 وحدة فلكية، شكل 8-3، والمسافة بين كل كويكب والآخر كبيرة إذ تبلغ 5 مليون كم. ومن المدهش حقاً أنها ليست من نفس العمر، ولكن الغالبية منها قد نشأ بين الكواكب أثناء نشأتها. ورغم أن أغلبية الكويكبات خافتة يصعب رؤيتها، إلا أن بعض الكويكبات لها عاكسية عالية مما يؤكد الاختلاف في تربة أسطح الكويكبات، ولكن الغالبية منها تتكون من مواد كربونية أو سيليكا.

والكويكبات ذات العاكسية العالية لها سطح من البازلت كما لو كانت ناتجة عن براكين، والكويكب فيستا Vista أحد الأمثلة لهذه النوعية من الكويكبات. وتفسير وجود السطح من البازلت أن مثل هذه الكويكبات قد تعرضت لحرارة عالية في وقت ما من حياتها. ولكن لماذا هذه المجموعة الصغيرة فقط؟ هذا ما لا نعرف له إجابة شافية حتى الآن. وهناك اعتقاد سائد بأن الكويكبات تعتبر أحد مصادر الشهب، وقد اكتشفت بعض النيازك التي يعتقد أنها ترجع في أصلها إلى أجزاء من الكويكب فيستا حيث أن لها نفس تركيبه. تبلغ كتلة الكويكبات حوالى 0.05 من كتلة القمر مما يؤكد أن كتلتها صغيرة.



شكل 8-2: من الأعلى: الكويكب جاسبرا Gaspra على بعد 5300 كم من المركبةGalileo عام 1991. الوسط: الكويكب إيروس Eros كما صور من المركبة NEAR (Near Earth Asteroid Rendezvous) عام 2000. الأسفل: الكويكب ماثيلد Mathilde على بعد 2400 كم من المركبة NEAR في عام 1997 (NASA)



شكل 8-3: غالبية الكويكبات تقع على بعد يتراوح بين 2.2 إلى 3.3 وحدة فلكية

تسمية الكويكبات Naming of asteroids

في الكواكب نتعامل مع عدد محدود جدا وهو ثمانية كواكب فقط، أما في الكويكبات فإن الوضع يختلف تماما، حيث أننا نتعامل مع عدد كبير من الكويكبات يتجاوز المائة ألف، هذا الأمر دفع الفلكيون إلى وضع نهجا خاصا في تسمية الكويكبات. النهج المتبع في تسمية الكويكبات هو أن يتكون اسم الكويكب من جزأين، الأول رقم يدل على ترتيب ظهور الكويكب في كتالوج الكويكبات، والثاني اسم الكويكب والذي يترك لمكتشف الكوكيب. فمثلا نتكلم عن الكويكبات: 1 Ceres, 2 Pallas, 3 Juno, 433 Eros, 243 Idah, ... وهكذا. والأسماء التي يطلقها مكتشف الكويكب كانت تؤخذ عادة من أسماء آلهة الإغريق والرومان. وحينما أُستوعِبت هذه الأسماء، استخدمت أسماء شخصيات الأساطير في الملحمات. ثم استخدم أي أسم يطرأ في مخيلة المكتشف، فنجد أسماء غريبة مثل اسم زوجة المكتشف أو زهرة من الزهور أو مدينة من المدن أو تخليدا لذكرى معينة مثل: 1000 Piazzia, 1001 Gaussia وهكذا.

مدارات الكويكبات Orbits of asteroids

تتحرك جميع الكويكبات في مدارات مباشرة حول الشمس من الغرب إلى الشرق في اتجاه حركة الأرض حول الشمس. ومعظم مداراتها يميل بمقدار بسيط على مستوى مدار الأرض حول الشمس، فمتوسط ميل مداراتها يبلغ حوالى 9.5 درجة، غير أن هناك مجموعة منها يصل ميلها إلى 24 درجة، كما أن هناك كويكب يصل ميله إلى 64 درجة. وأغلب الكويكبات تقع في حزام الكويكبات Asteroidal belt . ويتراوح بعدها عن الشمس ما بين 2.2 إلى 3.3 وحدة فلكية كما هو مبين في شكل 8-3 أي أنها تدور بين المريخ والمشتري ، ومدة دورتها حول الشمس تتراوح ما بين 3.3 إلى 6 سنوات تقريبا. النسب المبينة في أعلى الشكل هي نسب توافق تلك المواقع مع المشتري في الدوران Resonance points. وهذه النقاط تخلوا من الكويكبات نتيجة تأثير جاذبية المشترى عند تلك النقاط.

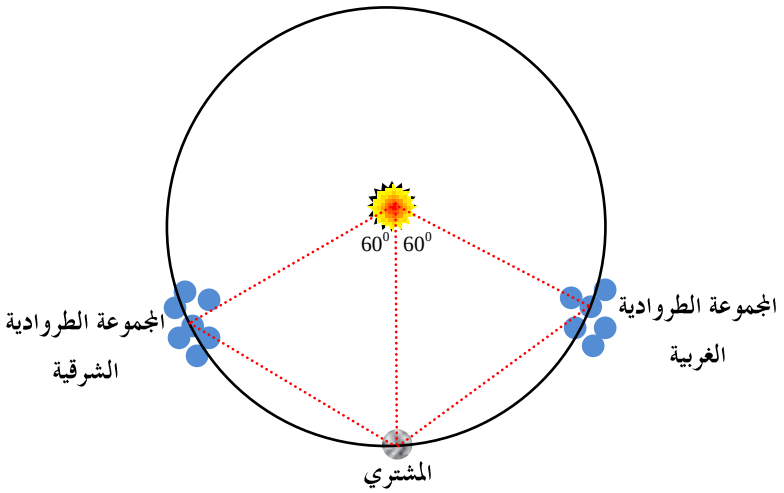
يبلغ متوسط إهليجيته مدارات الكويكبات حوالى 0.15 وهي أكبر من متوسط إهليجية مدارات الكواكب. وفي العموم يمكن تقسيم الكويكبات طبقاً لمداراتها إلى أربعة أقسام هي: الكويكبات في منطقة الحزام

والتي سبق ذكرها ثم الكويكبات ذات المدارات البعيدة، والكويكبات التي تقطع مدار الأرض، والمجموعة الطروادية. وفيما يلي بعض تفاصيل المجموعات الثلاثة الأخيرة:

١) الكويكبات ما بعد كوكب نبتون Trans-Neptunian objects: يوجد بعد كوكب نبتون فيما يعرف باسم حزام كويبر عدد كبير من الكويكبات وقد صنف بلوتو على أنه كوكب قزمي ومن أكبر الأعضاء في كويكبات ما بعد نبتون. ولبلوتو رغم صغره ثلاثة أقمار اكتشف اثنان منها سنة2005.

٢) الكويكبات التي تقترب من الأرض: تمكن الفلكيون من تتبع مدارات حوالى 100 كويكب تقترب من الأرض ويعتقد أنه يوجد ما بين 1000 إلى 2000 كويكب يمكن أن تقترب من الأرض. ولقد اقترب أحد هذه الكويكبات، وهو الكويكب ايكاروس من الأرض على بعد 6.4 مليون كم، وكان ذلك في 14 يونيو 1968م. ونظرا لخطورة هذه الكويكبات لذا اهتم الفلكيون برصدها وتتبع حركتها بصفة مستمرة.

٣) المجموعات الطروادية Trojan Groups: وهي عبارة عن كويكبات تدور مع كوكب المشتري على نفس مداره حول الشمس، وهي كويكبات بدائية وداكنة والكبير منها قد يصل قطره لحوالى 150 إلى 200 ويبلغ عدد الكويكبات التي تسبق المشتري في مداره حوالى 1000 كويكب و 250 تتبعه، ورغم أن عدد هذه الكويكبات صغير بالنسبة لما في حزام الكويكبات، إلا أنها تعادلها في الكتلة. وهذا يعني أن المشتري بقوة جاذبيته قد جذب مجموعة ذات ثقل من الكويكبات لتدور معه على نفس مداره. دراسة حركة مثل هذه الكويكبات يطلق عليها حركة ثلاثة أج رام، وهذه الأ جرام الثلاثة في حالتنا هي: الكويكب والمشتري والشمس. أثبت لاجرانج Lagrange أنه من الممكن أن هذه الكويكبات تكوِّن مع الشمس والمشتري مثلثا متساوي الأضلاع؛ أي أن مدة دوران الجسم حول الشمس تساوي مدة دوران المشتري حول الشمس (حوالى 12 سنة). يبين شكل 8-4 رسم تخطيطي للكويكبات الطروادية . كما يوجد عدد قليل من الكويكبات المتفرقة بالقرب من زحل وأورانوس.



شكل 8-4: الكويكبات الطروادية

عائلات الكويكبات Families of asteroids

يمكن تقسيم الكويكبات إلى مجموعات، كل مجموعة تكون ما يطلق عليه الفلكيون المجموعة التي تنتمي إلى عائلة معينة، وهناك عدد كبير من هذه العائلات. لو تتبعنا مدارات أفراد كل عائلة من هذه العائلات في الماضي السحيق لوجدنا أنها تكاد تلتقي في نقطة معينة في الفضاء مما يدل على أن أفراد هذه العائلة نتجت عن تصادم بين جسمين أو انفجار جسم عند هذه النقطة. يبدو أن جزءا كبيرا من الكويكبات قد تكون خلال هذه التصادمات.

طرق قياس حجم الكويكب Measurement of Asteroid size

هناك عدة طرق لقياس حجم الكويكب سنذكر منها:

١) طريقة قياس القطر الظاهري: قليل من الكويكبات يظهر كقرص في السماء، وبقياس أبعاد هذا القرص ومعرفة بعده عنا بالكيلومترات يمكن إيجاد نصف قطره بالكيلومترات وبالتالي حجمه. هذه الطريقة تسري فقط على الكويكبات الكبيرة الحجم بحيث تبدو لنا على شكل قرص. وهذه الطريقة تتطلب مجهودا كبيرا في قياس أبعاد القرص، بسبب أن الكويكبات صغيرة الحجم. وأكبر قرص شوهد للآن لا يتعدى 0.7 ثانية قوسية. الشكل-5 8 يوضح الحجم الظاهري لكويكب، حيث R نصف قطره، s نصف قطره الزاوي، d بعده عن الأرض. من المثلث القائم يمكن كتابة (الزاوية s صغيرة ومقاسة بالثواني القوسية):

$\sin(s) = \tan(s) = s$ (in radians)

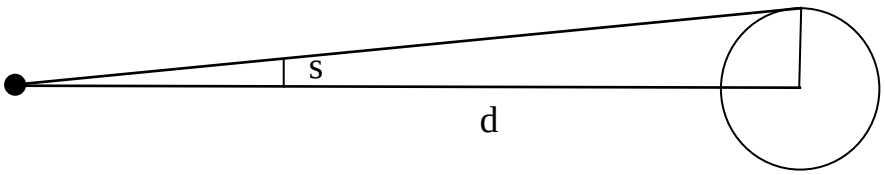
تذكر أن الزوايا تقاس بالدرجات والدقائق والثواني، هذا القياس يسمى القياس الستيني. كذلك يمكن قياس الزوايا بالقياس الدائري أو النصف قطري. حيث أن:

360^0 تقابل $2\pi = 6.28$ radians

$$1 \text{ radian} = \frac{360}{2\pi} = 57.3^0 = 3438' = 206265''$$

أو للسهولة كنوع من التقريب:

$1 \text{ radian} \sim 200\,000'' = 2 \times 10^5$



شكل 8-5: قياس القطر الزاوي لكويكب

$$\tan(s) = s = \frac{R}{d} \qquad \text{in radian}$$

$$s'' = \frac{R}{d}\ 2 \times 10^5$$

بمعلومية بعد الكويكب d ، وقياس نصف قطره الزاوي s يمكن حساب نصف قطره R ومن ثم حجمه.

٢) طريقة قياس لمعانها المرئي: قياس شدة لمعان الكويكب في الضوء المرئي وشدة لمعانه في الضوء تحت الأحمر ومقارنة هاتين الشدتين لإيجاد عاكسيته، ثم استخدام تلك العاكسية لإيجاد مساحة سطح الكويكب الذي يتواءم مع شدة لمعانه في الضوء المرئي.

٣) طريقة الاستتار بالنجوم: خلال حركة الكويكبات في السماء نتيجة حركتها وحركة الأرض حول الشمس يحدث في بعض الأحيان أن يمر الكويكب أمام اتجاه نجم معين، ونتيجة لذلك يختفي ضوء النجم عن الراصد أثناء فترة مرور الكويكب أمام النجم، تسمى هذه الظاهرة استتار النجم Occultation. الفترة الزمنية التي يستتر فيها النجم خلف الكويكب تتوقف على طول قطر الكويكب وسرعة حركته في الفضاء في الاتجاه العمودي على اتجاه النجم. من قياس هذه الفترة الزمنية ومعرفة سرعة الكويكب، يمكن إيجاد طول نصف قطره وبالتالي حجمه.

كتلة الكويكبات Mass of asteroids

أمكن تعيين كتل بعض الكويكبات الكبيرة مثل سيريز، بالاس، فيستا وذلك من قياس تأثير جاذبيتها على جاذبية الكويكبات الأخرى. وبمقارنة الكتل المقاسة بأحجام هذه الكويكبات يمكن قياس متوسط كثافتها والتي وجدت أنها تقع بين 2 إلى 4 جم/سم^3. بالنسبة للكويكبات الصغيرة، يمكن تقدير كتلها من قياس حجمها بطريقة قياس اللمعان أو الاستتار –كما ذكرنا سابقاً– وتقدير متوسط كثافتها. وجدير بالذكر هنا أن كتل الكويكبات مجتمعة صغير جدا، لا يتجاوز 0.0005 من كتلة الأرض.

أنواع الكويكبات Types of asteroids

طبقا لدراسة عاكسيتها للضوء ولمعانها في الأطوال الموجية المختلفة وأطيافها يمكن تقسيم الكويكبات إلى الأنواع التالية:

١) كويكبات كربونية C asteroids ويبدو سطحها كربوني التكوين، مائل للسواد.

٢) كويكبات سيليكانيه S asteroids ويبدو سطحها مكون من السليكات.

٣) كويكبات معدنية M asteroids ويبدو سطحها معدني التكوين.

٤) مجموعة فيستا

أصل الكويكبات The origin of Asteroids

النظرية السائدة الآن هي أن الكويكبات تكونت في نفس ظروف تكوين المجموعة الشمسية، ولكن لم يتح لمكوناتها فرصة التجمع Accretion لتكوين أجرام كبيرة وذلك بسبب تأثير قوى الجذب بواسطة كل من المريخ والمشتري عليها مما منعها من التجمع، وهذا الاستنتاج يأتي من ملاحظة أنها تنتشر في منطقة توازن جاذبية الكوكبين أي بالقرب من المريخ.

الفصل الثاني

المذنبات Comets

"فمن الحوادث فيها سنة (330 هـــ) أنه ظهر في المحرم كوكب مذنب رأسه إلى المغرب وذنبه إلى المشرق وكان عظيماً جداً منتشر الذنب وبقي ثلاثة عشراً يوماً إلى أن اضمحل" ابن الجوزي في المنتظم

مذنب 2001 Q4 كما صوره مرصد كيت بيك الوطني بأمريكا Kitt Peak بتلسكوب 0.9 متر في عام 2004 (NASA)

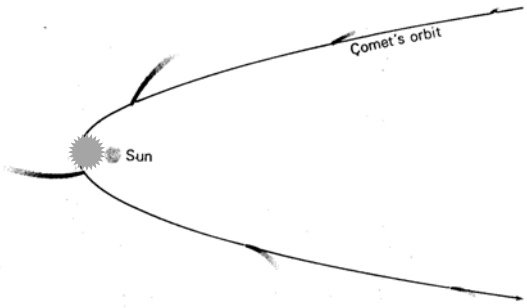
خصائص عامة General properties

يمكنك مشاهدة أحد المذنبات عند اقترابها من الأرض أثناء دورانها حول الشمس إما باستخدام تلسكوب بسيط، أو بالعين المجردة حينما تكون لامعة، وستظهر كنجمة يتبعها ذيل واضح. وقد حفلت سجلات المؤرخين من مختلف الحضارات بالكثير من مشاهدات المذنبات، وقد كانت بالفعل مصدر دهشة لهم للشكل الغريب الذي يظهر

به المذنب. في سنة 1997 ظهر مذنب هيل–بوب Hale-Bop لامعا في السماء ورآه الناس بوضوح بالعين المجردة. كما تم رصد العديد من المذنبات باستخدام المراصد الفضائية والأرضية. يوجد لدينا سجلات بأكثر من ألف مذنب تم رصدها.

تعتبر المذنبات من أعضاء المجموعة الشمسية فهي تدور حول الشمس ولكن مداراتها تتميز بأنها شديدة الاستطالة إذا ما قارناها بمدارات الكواكب حول الشمس. ولذلك فهي عند الحضيض تكون قريبة جداً من الشمس، وفي الأوج تكون بعيدة كثيراً بحيث قد تكون أبعد من جميع الكواكب مما يدل على الاستطالة الشديدة في مداراتها حول الشمس. ولذلك تقطع مدارات المذنبات مدارات الكوكب وهي في طريقها عند الاقتراب من الشمس. ولقد غمرت مادة ذيل مذنب هالي الأرض في عام 1910 وهو في طريقه ليدور حول الشمس، أما في عام 1985 فقد كان بعيداً عن الأرض. وتقول الحسابات الفلكية أن مذنب هالي سيقترب كثيراً من الأرض في زيارته القادمة للشمس عام 2061. ورغم شهرة مذنب هالي إلا أنه ليس المذنب الوحيد من نوعه فهناك العديد من المذنبات التي رصدت، ومنها ما هو قصير في دورته حول الشمس (أقل من 200 سنة). ومذنب إنك Enck من أقصر المذنبات في دورته حيث أنه يدور حول الشمس في 3.3 سنة، ومنها ما هو طويل الدورة (أكثر من 200 سنة) كمذنب هيل–بوب.

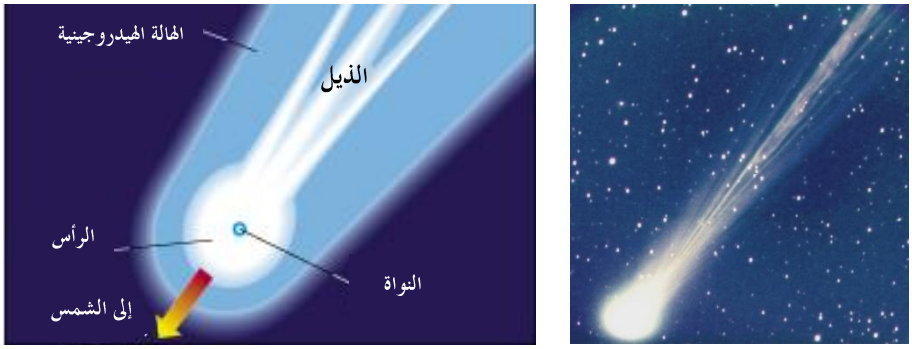
مدارات المذنبات ليست بالضرورة قريبة من مستوى دائرة البروج فقد تكون أحيانا عمودية عليها، ومن المدهش حقاً أن حوالى نصفها يتحرك حول الشمس بشكل تراجعي. ومما لاشك فيه أن قوة جاذبية الكواكب والمشتري بصفة خاصة تؤثر بشكل كبير على مسارات المذنبات. وأحدث ما يؤيده الفلكيون أن هناك مصدرين للمذنبات هما مصدر للمذنبات طويلة الدورة فيحتمل أنها نشأت في الجزء الخارجي من السديم الشمسي والذي يبلغ قطره حوالي مائة ألف وحدة فلكية وهو السديم الذي تكونت داخلة المجموعة الشمسية، والمصدر الآخر للمذنبات قصيرة الدورة فيبدو أنها نشأت من قرص يعرف بحزام كويبر والذي يوجد بعد آخر الكواكب. حينما تكون المذنبات بعيدة جداً فإنها تكون عبارة عن رأس فقط، ثم حينما تقترب من الشمس يظهر الذيل وذلك نتيجة تبخر المادة الثلجية بفعل حرارة الشمس، شكل 8-6. ونلاحظ أنه بفعل ضغط الرياح الشمسية فإن اتجاه الذيل يكون في الاتجاه المعاكس للشمس دائماً. ويمكن حساب مدارات المذنبات بحيث يمكن معرفة وقت اقترابها من الأرض حتى يمكن رصدها، وهناك جداول بأسماء العديد من المذنبات وموعد قدومها.



شكل 8-6: يتغير شكل المذنب عند اقترابه من الشمس

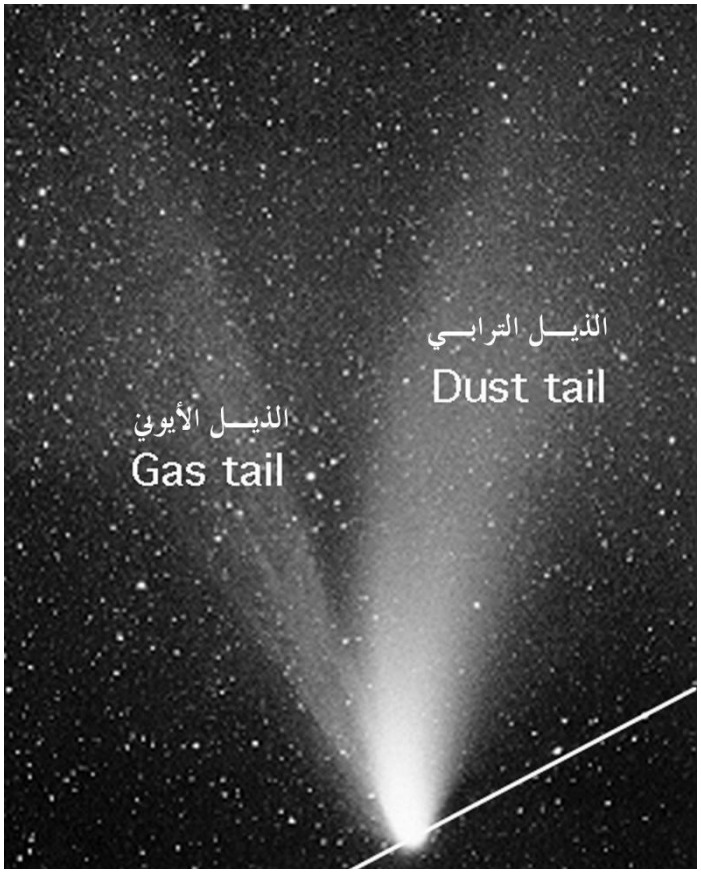
تركيب المذنبات The structure

يتكون المذنب من نواة ورأس وهالة من الهيدروجين وذيل، شكل 8-7. نواة المذنب عبارة عن كرة ثلجية تحوي شوائب من الصخور والمعادن ، قطرها عدة كيلومترات، وكثافتها تتراوح بين 0.5 إلى 1 جم/سم ^{3} ويحيط رأس المذنب coma بالنواة وهو مادة ثلجية تحتوي على جزيء الماء بنسبة 0.80 وبعض مركبات الكربون مثل أول وثاني أكسيد الكربون CO, CO_2 والأمونيا وسيانيد الهيدروجين HCN وفورمالدهايد H_2CO والميثانول CH_3OH ومركبات أخرى أقل في التركيز، ويبلغ قطر الرأس مائة ألف كم. يحيط برأس المذنب هالة من الهيدروجين تمتد إلى عشرات الملايين من الكيلومترات. أما ذيل المذنب فهو في الحقيقة ذيلين يختلفان في التركيب، الذيل الأيوني أو البلازمي ويتكون من جزيئات مأينة مثل $CO^+, N_2^+, CO_2^+, CH^+$ ويمتد في خطوط مستقيمة إلى مسافات بعيدة تقدر بمئات الملايين من الكيلومترات ، والذيل الآخر هو ذيل الغبار و يتكون من دقائق ترابية تعكس ضوء الشمس، ويمتد إلى عشرات الملايين من الكيلومترات ، يبدو أن الذيل الترابي أكثر انحناء من الذيل الأيوني وذلك بسبب تأثير القوى الطبيعي الذي يفوق قوة جاذبيه الشمس، شكل 8-8. تم الكشف عن تكسر الجزيئات الأساسية بواسطة أشعة الشمس وتشكل جزيئات تظهر في الرأس والذيل مثل H, OH, O, NH, NH_2 .



شكل 8-7: يمين: المذنب 2002 V1 ، يسار: تركيب المذنب

يغطي النواة مادة داكنة مما يجعلها تمتص أشعة الشمس بكفاءة عالية ولذلك ترتفع درجة حرارة سطح النواة بحيث يتحول الثلج إلى بخار مباشرة بالتسامي، شكل 8-9. ولأن ثلج الماء يتبخر بفعل حرارة الشمس؛ فللمذنبات عمر محدود يعتمد على ما يتبقى من مادة المذنب وبالتالي فإن أي مذنب قد يستمر لعدة دورات لينتهي بعدها، وتكون مادته قد تحولت إلى غاز وغبار وشظايا صخرية دقيقة تتبعثر هنا وهناك في أرجاء المجموعة الشمسية. كما أن بعض الأحجار المتفتتة عنه تصبح جزءاً من مادة الشهب. ومن المفترض أن مذنب هالي قد فقد 50 طنا كل ثانية من ثلج الماء عندما كان قريباً من الشمس في عام 1986 ولكنه رغم ذلك قد يستمر لمائة ألف عام قادمة قبل أن تتلاشى مادته بالكامل، وغالباً ما يكتسب المذنب مادة ثلجية عندما يكون بعيداً عن الشمس عند أطراف المجموعة الشمسية الخارجي حيث تنتشر المادة المتجمدة مما يطيل عمره بعض الشيء ولكنه في النهاية يتبخر ليكون من مادة الشهب. ومن أحدث الاكتشافات أن للمذنبات مجالاً مغناطيسياً يكون له جبهة في اتجاه الشمس تماماً كما هو الحال في المجال المغناطيسي للكواكب أما في الناحية الأخرى من المذنب فتمتد خطوط المجال المغناطيسي مكونة طبقة تحتوى على الشحنات وتسمى طبقة التيار وفيها يمتد ذيل الأيونات.



شكل 8-8: الذيلان الترابي والأيوني (NASA)

احتراق المذنب شوميكر– ليفي 9 في غلاف المشتري

في منتصف يوليو من عام 1994 بدأت تتساقط قطع من مذنب شوم ىيكر–ليفي9 على كوكب المشتري واحترقت في غلافه الجوي، كانت شتى المراصد في العالم وتلسكوب هابل الفضائي وكذلك الأقمار الفضائية تترقب هذه الظاهرة الفريدة. وامتلأت وسائل الإعلام بالموضوعات المزودة بالصور والتي تم رصدها لسقوط واحتراق قطع المذنب في الغلاف الجوي للمشتري. غلاف المشتري سميك ولذلك لا توجد أية احتمالات لوصول شيء من قطع المذنب إلى سطحه علاوة على أن سطحه من الهيدروجين السائل فلا توجد فكرة ارتطام قطع المذنب بسطح صلب كالذي على الأرض. ولقد حدث الاصطدام في الجهة البعيدة من الكوكب عن الأرض ولكن نتيجة سرعة دوران المشتري حول نفسه تمكن الفلكيون من تصوير عملية احتراق مجموعة من الأماكن التي سقطت فيها قطع من المذنب على المشتري. قبلها بعامين في 7 يوليو من عام 1992 حيث كان المذنب في طريقه حول الشمس مر بالقرب من المشتري فجذبه إلى منطقة روش Roche وهي منقطة حول كل كوكب إذا دخلها جسم غريب تكسر إلى قطع حسب صلابته وطبيعة مادته. وهذا ما حدث بالضبط للمذنب شوم ىيكر– ليفي حيث تفتت إلى قطع عند اقترابه من كوكب المشتري، شكل 8-10. بعدها حاول العلماء جاهدين بكل ما أوتو من وسائل حديثة تجميع شتى المعلومات عن حركة قطع المذنب ومعرفة مدارها. وفي ديسمبر 1993 تم التعرف على مسار 9 قطع من أجزاء المذنب ويبلغ نصف قطر أكبر 21 قطعة منها ما بين 1 إلى 2كم. بالطبع هذه الحادثة جعلتنا نتساءل هل هناك مذنبات يمكن أن تقترب من الأرض وتدخل غلافها الجوي، وهل يمكن أن يرتطم جزء منها بسطح الأرض؟ بالطبع

ستكون كارثة، ولكن عقول الفلكيين تعمل وتدرس المذنبات التي تقترب منا تخوفاً من شيء مخيف كهذا. وقد تكون كارثة الانفجار التي وقعت عام 1908 في منطقة تنجسكا Tunguska في سيبريا ناتجة عن دخول قطعة من نواة مذنب (ربما بقطر مائة متر) مخلفة تدمير مئات الكيلو مترات المربعة من الغابات، شكل8-11.

مستقبل المذنبات Future of a comets

من خلال تتبع ما يحدث مع المذنبات في تاريخ تطور حياتها، نلاحظ أنه توجد ثلاث احتمالات وهي:

١) أن يصبح المذنب قطعة آيس كريم للشمس وهذا ما يحدث لمذنب واحد في المتوسط كل سنة.
٢) المذنبات قصيرة الدورة يمكن أن تتكسر وتصبح قطعا من الأحجار المنتشرة بين الكواكب.
٣) عند اقتراب المذنب من أحد الكواكب فتوجد ثلاث احتمالات:
أ) أن يصطدم بالكوكب كما حدث مع شوميكر- ليفي 9.
ب) أن يُقذف المذنب في مدار خارج المجموعة الشمسية.
ج) أن يتحول المذنب لمدار أقصر.

الشهب والنيازك ومادة ما بين الكواكب Meteors, meteorites and meteoroids

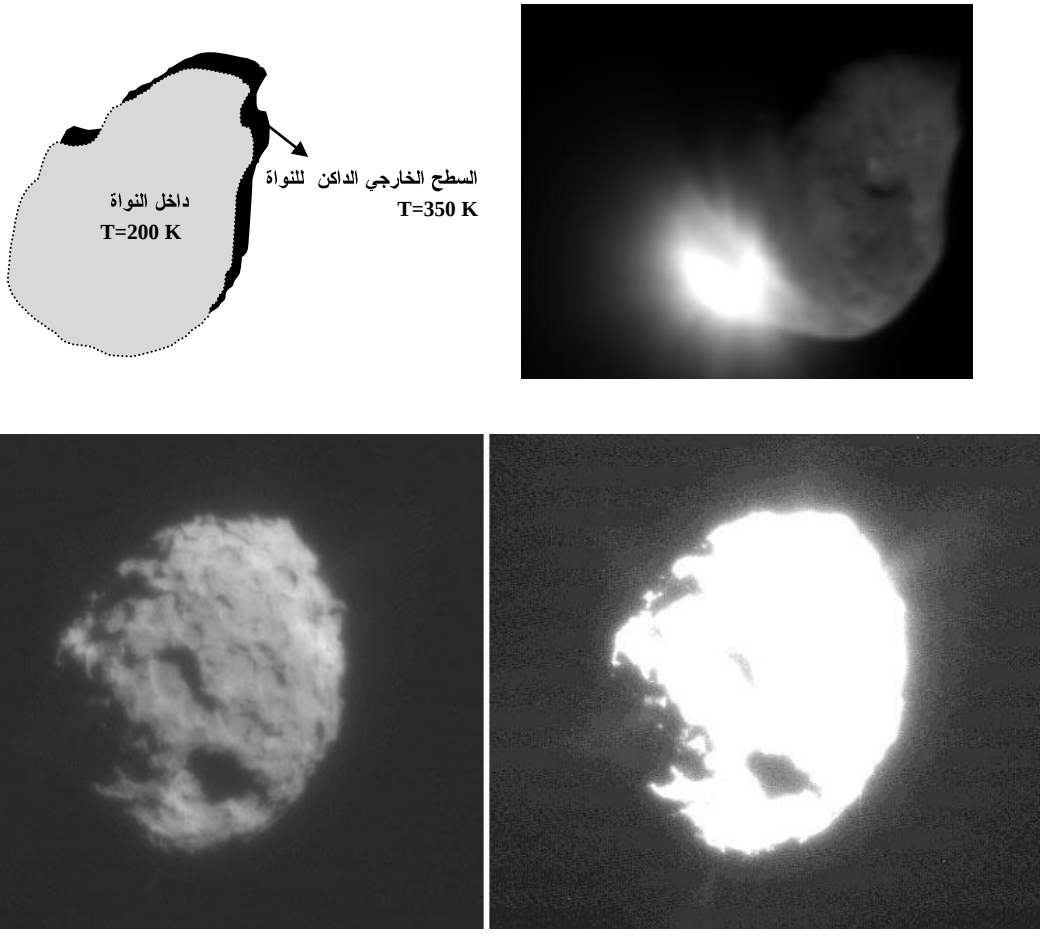
تتكون الشهب إما من مواد صخرية وتمثل 0.93 من مكونات الشهب أو من الحديد ويمثل 0.06 من مادة الشهب أو 0.01 من خليط من مواد أخرى. ويعتقد العلماء أن مصدر الشهب هو في الغالب الكويكبات أو المذنبات كما أن جزءاً كبيراً منها لابد وأن يكون قد تكون أثناء نشأة المجموعة الشمسية نفسها. والشهب قبل أن تصبح شهبا في الأغلفة الجوية للكواكب فإنها تكون عبارة عن أحجار تتحرك حركة عشوائية بين كواكب المجموعة الشمسية وتدخل في أغلفتها الجوية ولكنها تحترق نتيجة الاحتكاك بجزيئات الهواء ولذلك تعرف بالشهب. وغالباً ما تحترق الشهب بالكامل ولا يصل منها شيء إلى سطح الأرض. أما إذا كان الشهاب يحتوي على حديد ومعادن ثقيلة وكان كبيرا نسبيا فإنه يتحمل درجات الحرارة العالية ولذلك يستمر جزء منه حتى يسقط على سطح الكوكب ويسمى حينذاك نيزكا، ولنا أن نتخيل حجم الكارثة في المكان الذي تنـــزل فيه النيازك، شكل 8-12 يبين فوهة أريزونا الشهيرة الناتجة عن سقوط نيزك قطره 30 مترا فقط ووزنه مائة ألف طن قبل حوالى خمسون ألف محدثا هذه الحفرة الهائلة بعمق 200 متر وعرض 1100 متر، وكانت سرعة ارتطامه بالأرض 20 كم/ث. وهذا يذكرنا بقول الله تعالى: "أم أمنتم من في السماء أن يرسل عليكم حاصبا فستعلمون كيف نذير". ومن لطف الله أن النيازك غالباً ما تنـــزل في الصحاري أو في البحار والمحيطات، وأكبر الحفر الناشئة عن سقوط النيازك يبلغ قطرها 300كم وهي في المحيط الهندي، وأقلهم صغراً له قطر في حدود 2 كم على السطح.

ذكرنا أن المذنب في كل دورة له يفقد جزء من مكوناته تتبعثر في الفضاء الخارجي وقسم منها يبقى قريب من المذنب في صورة حشد من النيازك meteoroid swarm، ومع مرور الأزمنة وانتهاء المذنب، لا يلبث هذا الحشد النيزكي أن تنتشر مكوناته على طول مدار المذنب لتدور حول الشمس، شكل 8-13 . فإذا عبرت الأرض في مدارها حول الشمس مدار المذنب تنهال النيازك عليها كوابل من الشهب وهي التي تعرف بظاهرة الزخ الشهبي،

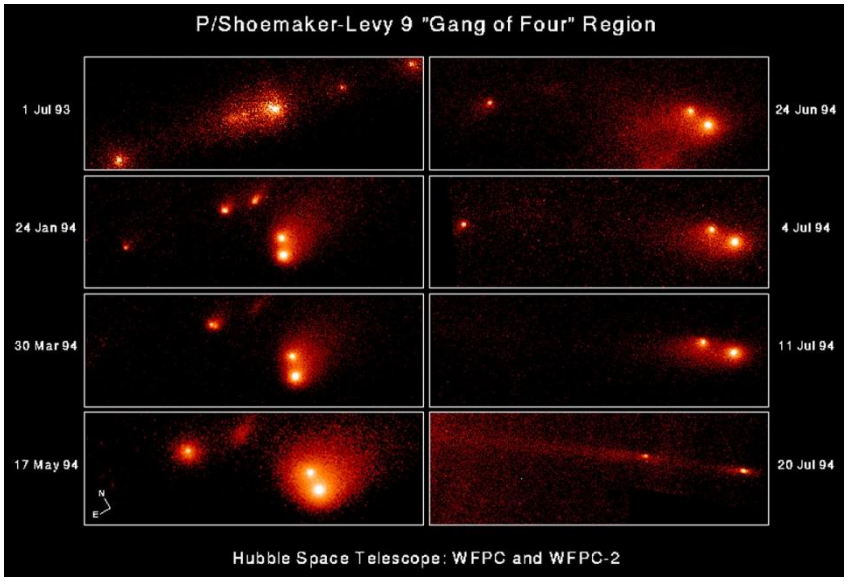
ويبلغ الزخ الشهبي أشده عندما تعبر الأرض الحشد النيزكي. يحدث سنويا العديد من الزخات الشهبية، وفي جدول 8-1 بعض أشهر هذه الزخات والمذنب المسبب لها.

جدول 8-1: بعض الزخات الشهبية المشهورة

الزحة الشهبية	تاريخ الذروة	السرعة (كم/ث)	المذنب المسبب لها	مدة دورته	المعدل شهاب/ساعة
Quadrantid	Jan 3	43	-	7	40
السلياقيات Lyrid	Apr 21	48	1861 I (Thatcher)	415	10
إيتا الدلويات Eta Aquarid	May 4	59	Halley	76	20
دلتا الدلويات Delta Aquarid	Jul 30	43	-	3.6	20
البرشاويات Perseid	Aug 11	61	1862 III (Swift-Tuttle)	105	50
التنينيات Draconid	Oct 9	24	Giacobini-Zinner	6.6	500
الجباريات Orionid	Oct 20	66	Halley	76	30
الثوريات Taurid	Nov 7	30	Encke	3.3	10
الاسديات Leonid	Nov 16	72	1866 I (Tuttle)	33	12
التوأميات Geminid	Dec 13	37	Phaethon	1.6	50



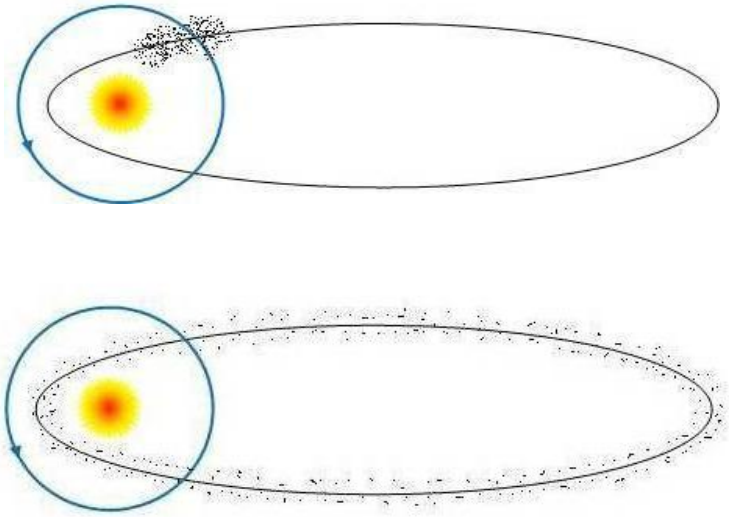
شكل 8-9: في الأعلى: نواة المذنب Tempel 1 عند ألتحام المجس Deep Impact بها في يوليو 2005، وتوضيح لدرجة حرارة النواة. في الأسفل: أوضح صورة أخذت لنواة مذنب وهي لنواة المذنب Wild 2's كما صورتها المركبة Stardust في يناير 2004 وقطرها حوالى 5.5كم ، على اليمين يتضح دقائق من الاتربة والغازات النفاثة تنطلق من النواة (NASA)



شكل 8-10: تظهر الصورة العليا متابعة لقطع مذنب شوميكر– ليفي (HST)، وفي الأسفل (يمين)مكان احتراق قطع المذنب في جو المشتري، وفي اليسار صورة مكبرة لمكان الارتطام (ESA)

شكل 8-11: الدمار الناتج في منطقة تنجسكا Tunguska في روسيا.

شكل 8-12: فوهة أريزونا بعمر حوالى خمسون ألف سنة، وعمق 200 متر وعرض 1100 متر، ناشئة عن سقوط نيزك قطره 30 مترا ووزنه مائة ألف طن مرتطما بالأرض بسرعة 20 كم/ث



شكل 8-13: عند فناء المذنب تكون الجسيمات مجتمعة على صورة حشد نيزكي (أعلى)، ومع مرور الزمن تنتشر هذه الجسيمات على طول مدار المذنب (أسفل) وعند مرور الأرض بمدار المذنب يحدث الزخ الشهبي

ونتيجة عدم وجود غلاف جوي على القمر نجد أن سطحه مليء بالحفر الناشئة عن اصطدام هذه الأحجار بسطحه، أما الأرض فإن الله قد حماها بالغلاف الجوي. بالإضافة إلى هذه الأحجار التي تتحرك بين الكواكب فإن هناك مادة من الغازات والأتربة تملأ الفراغ بين الكواكب، وتتكون حبيبات الأتربة الموجودة في مادة ما بين الكواكب من عناصر مختلفة بشكل معقد وتتميز بأنها ذات كثافة صغيرة جداً ومادتها هشة.

نشأة المجموعة الشمسية Origin of the solar system

لقد ظهرت عدة نظريات لمحاولة فهم عملية نشأة المجموعة الشمسية وتتبع تطورها حتى وصلت إلى ما هي عليه الآن، وأحدث سيناريو يمكن تقبله هو ما سنحاول وصفه في السطور التالية. كانت البداية وجود سحابة كبيرة من الغاز، وتحت تأثير عوامل خارجية بدأت السحابة في الانكماش، استمر الانكماش تحت تأثير قوة الجاذبية الذاتية للسحابة بحيث تزداد كثافة المادة كلما اقتربنا من مركز السحابة، وهذه السحابة تدور كبقية الأجرام في الكون حول نفسها أثناء الانكماش كما أن لها مجالا مغناطيسيا يحد من سرعة الانكماش، وبعد حوالى 400 ألف سنة ارتفعت درجة الحرارة للجزء الداخلي للسحابة بحيث يحدث نوع من الاتزان بين الضغط وقوة الجاذبية ولكن مازالت المادة تنكمش في اتجاه المركز، وبعد حوالى مليون سنة بدأت مرحلة أخرى من الانكماش حيث يتكون في المركز مرة أخرى لب مستقر مع زيادة عالية في التسخين نتيجة تأثير زيادة قوة الجاذبية. ويشكل اللب الداخلي مرحلة ما قبل تكون النجم، وبقية المادة تتجمع وتحيط بالجزء الداخلي نتيجة استمرار الانكماش، وبعد فترة تقدر بحوالى من 1 إلى 10 مليون سنة بدأت المادة المحيطة باللب في تكوين مادة الكواكب وتجمع كل جزء منها ليكون أحد الكواكب، وبعد حوالى من 1 إلى 100 مليون سنة ترتفع الحرارة لملايين الدرجات المطلقة فيتحول اللب إلى نجم جديد وهو ما يعرف بـــ (T Tauri) حيث تبدأ في داخل هذا النجم التفاعلات النووية والتي تعتبر مصدر الطاقة الهائلة للنجوم.

ونتيجة لتكون الكواكب حول النجم (الشمس) الجديد ودورانها حوله فإن جزءاً من طاقة دوران الشمس تذهب إلى هذه الكواكب التي تدور حول الشمس مما يبطيء من حركة الشمس الدورانية وهذا يأخذ من 0.1 إلى 1 بليون سنة، وفي هذه الأثناء تحدث الحفر العميقة على أسطح الكواكب من الأحجار التي تنتشر بشكل كبير بين الكواكب.

هذا سيناريو بسيط ومختصر جداً عن كيفية نشأة وتطور المجموعة الشمسية. ويبقى أن نفسر من خلال هذه النظرية الظواهر المختلفة التي نراها من خلال دراستنا للمجموعة الشمسية، ومن ذلك أن الكواكب كانت قد تكونت بفعل اصطدام الحبيبات المختلفة وتجمعها معاً ولابد وأن الظروف كانت ملائمة لعملية التصاق الحبيبات معاً وبطريقة أدت على تكون اللب الساخن جداً كما هو الحال في أغلب الكواكب. وحينما تكونت الكواكب فإنها بفعل قوة جاذبيتها القوية جذبت إليها الغازات مكونة أغلفتها الجوية، ولعبت الشمس في ذلك دوراً مهما حيث منعت الشمس بفعل حرارتها الكواكب شبيهة الأرض من جذب هذه الغازات بل العكس هو الصحيح. وهو أن الغازات الخفيفة التي قد كانت موجودة حول هذه الكواكب هربت منها بسهولة. أما الكواكب العملاقة فإنها بفعل جاذبيتها جذبت الغازات الخفيفة لتكون بها الغلاف الجوي المحيط بها وهذا ما نجده بالفعل حول الكواكب العملاقة. إن غلافها الجوي يتركب من الغازات الخفيفة ومركباتها.

وبالطريقة نفسها تكونت الكويكبات، أما المذنبات فإنه يعتقد أنها تكونت بالقرب من أورانوس ونبتون (مثلاً) ثم أرغمت على الحركة في مداراتها الشديدة الإهليجية حول الشمس. وقد تكون الرياح الشمسية القوية التي بدأت بعد تكون الشمس وكانت في البداية ذات قوة ضغط شديد بحيث أرغمت جميع المواد والأتربة والأجسام الخفيفة على أن تتباعد عن الشمس. فقد تكون هذه الرياح هي السبب في عملية انتشار مادة ما بين الكواكب داخل المجموعة الشمسية وتباعدها عن الشمس وكذلك الحال بالنسبة للمذنبات. أما الأقمار فإننا يمكن أن نقول أن الأقمار التي تدور في نفس اتجاه حركة الكوكب الأم فإنها نشأت معه في نفس الوقت من القرص الغازي المحيط

بالكوكب أثناء تكونه، أما الأقمار التي تدور في اتجاه تراجعي فإنها في الغالب نشأت كأحجار مختلفة الأحجام ثم جذبها الكوكب وجمعها لتكون قمراً يدور حوله. وغالباً ما تكون هذه الأقمار صغيرة الكتلة والحجم.

هل توجد مجموعات شمسية أخرى؟ Are there other solar systems?

في الحقيقة تبعاً لما نفهمه عن نشأة المجموعة الشمسية فإنه يصبح من المتصور أن تكون هناك نجوماً كثيرة تدور حولها كواكب كما هو الحال في مجموعتنا الشمسية وقد تم بالفعل رصد العديد من النجوم التي تدور حولها كواكب. وتجري الآن دراسات عميقة ومستفيضة عن هذه المجموعات النجمية الأخرى لرسم صورة واضحة عن نظم الكواكب حول النجوم ومدى تشابهها أو اختلافها عن منظومتنا الشمسية. بالرغم من أن الكثير من المعلومات عن المجموعة الشمسية أصبحت معروفة لنا إلا أننا نجد بين ثنايا ما نعرفه الكثير من النقاط الغامضة التي لم نفهمها بعد، كما أن نشأة المجموعة الشمسية وتطورها مازال أمراً محيراً مليئاً بالأسرار والظواهر الغامضة والتي تحتاج إلى أدلة وشواهد تفصيلية أكثر حتى يمكن لعقولنا أن تهتدي إلى فهم هذه الأسرار وتلك الغوامض. وصدق الله حيث يقول: "إن في خلق السماوات والأرض واختلاف الليل والنهار لآيات لأولى الألباب" صدق الله العظيم.

ملخص Summary

١) عدد الكويكبات يزيد عن 100 ألف كويكب وهي تتحرك فيما يعرف بحزام الكويكبات ويقع بين المريخ والمشتري.
٢) بعض الكويكبات تدور في مدارات شديد الاستطالة بحيث تقترب من الأرض.
٣) تعتبر الكويكبات من مصادر الشهب.
٤) احتمال التصادم بين الكويكبات صغير جداً لدرجة الندرة.
٥) المذنب عبارة عن رأس ثلجي من مواد مختلفة أهمها ثلج الماء وذيلان أحدهما من الغازات والآخر من الأيونات.
٦) للمذنبات مجال مغناطيسي.
٧) تدور المذنبات حول الشمس في مدارات إهليجية شديدة الاستطالة.
٨) يكون ذيل المذنب في الاتجاه البعيد عن الشمس دائماً.
٩) تسبح في الوسط بين الكواكب مواد صخرية أغلبها سهلة الاحتراق عند دخولها في الأغلفة الجوية للكواكب. وعند احتراقها نطلق عليها اسم الشهب، وإذا كان جزء من مادتها يتحمل درجات الحرارة العالية فإنه سيستمر حتى يسقط على أسطح الكواكب ونسميه في ذلك الوقت نيزكا.
١٠) مصادر الشهب والنيازك في الوقت الحالي اثنان: الكويكبات والمذنبات.
١١) تنتشر في الوسط بين الكواكب مادة رقيقة تعرف بمادة ما بين الكواكب.
١٢) نشأت المجموعة الشمسية داخل سحابة غازية حيث انكمشت مادة السحابة وكونت الشمس في المركز والكواكب وأقمارها حول المركز وكذلك بقية أعضاء المجموعة الشمسية.

أسئلة

١) ماذا تعرف عن الشهب؟.

٢) ما الفرق بين الشهب والنيازك؟

٣) اذكر تركيب المذنبات باختصار.

٤) كيف نفسر وجود الكويكبات؟

٥) هل توجد كويكبات تقترب من الأرض؟ لماذا؟

٦) ما الفرق بين الكواكب والكويكبات؟

٧) ما هي مصادر الشهب؟

٨) هل يوجد فراغ حقيقي بين الكواكب؟

٩) أذكر العوامل المختلفة التي تؤثر على اللمعان المرئي لكويكب، وكيف يتأثر اللمعان بهذه العوامل ؟.

١٠) اشرح طريقة إيجاد حجم الكويكبات بمشاهدة استتار النجوم بها.

١١) كيف يتمكن الفلكيون من معرفة كتلة الكويكبات الصغيرة التي تأثير جاذبيتها على الأجرام الأخرى صغير جدا لدرجة إهماله ؟.

١٢) تكلم عن: (أ) الكويكبات التي تقطع مدار الأرض (ب) الكويكبات الطروادية. (جـــ) الكويكبات ذات المدارات البعيدة (د) عائلة الكويكبات.

١٣) تكلم عن خصائص مدارات الكويكبات من حيث متوسط بعدها عن الشمس، إهليجيتها، ميل مداراتها.

١٤) بعض الأحجار السابحة في الفضاء الخارجي تدخل غلافنا الجوي وتصل إلى سطح الأرض. كيف نفسر ذلك؟

١٥) أصبح لدينا تصور دقيق عن نشأة وتطور المجموعة الشمسية، بين ذلك.

١٦) ما هو متوسط بعد كويكب عن الشمس لو كان مدة دورته تساوي نصف مدة دورة المشتري ؟.