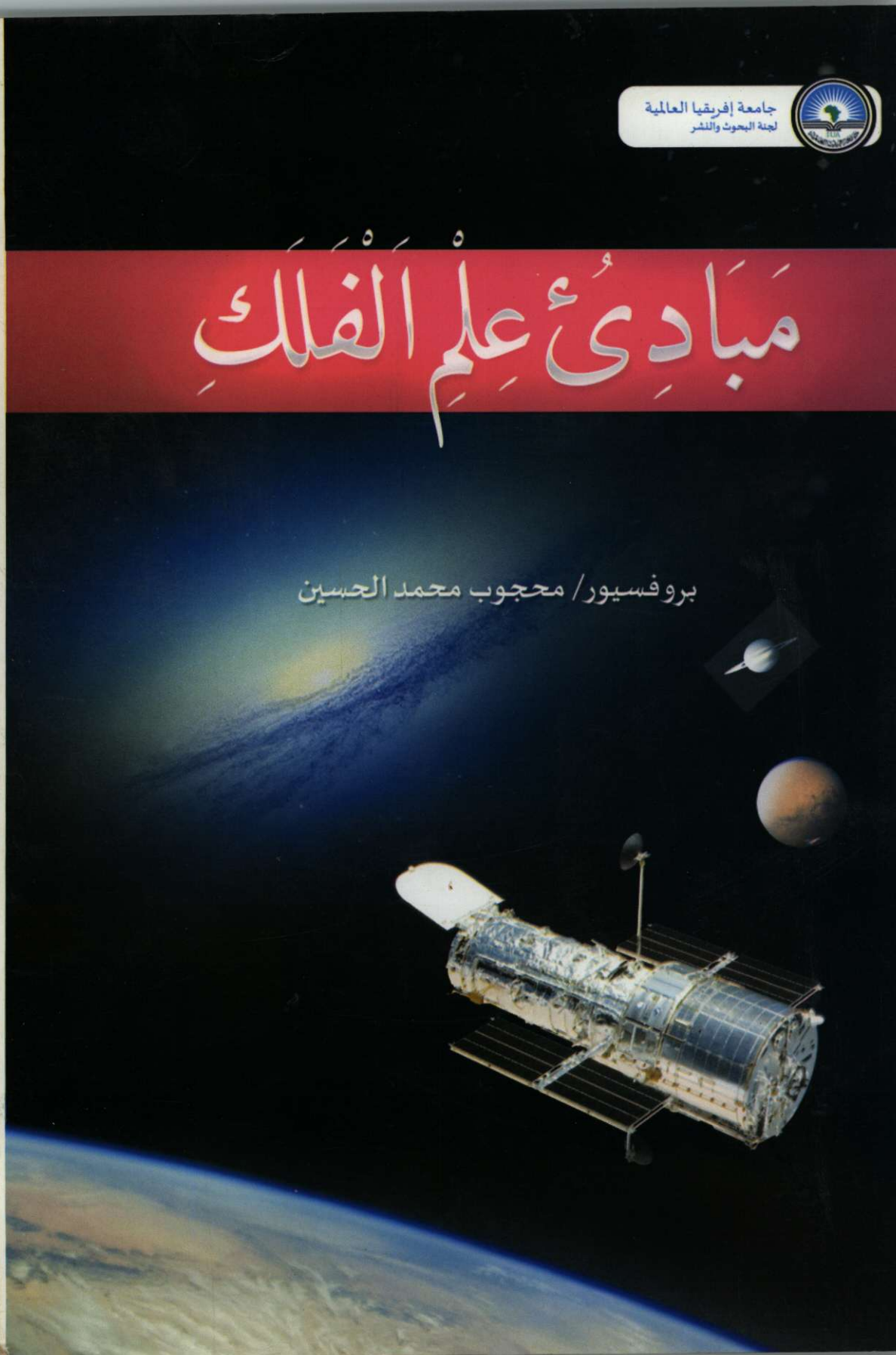
جامعة إفريقيا العالمية
لجنة البحوث والنشر

مَبَادِئُ عِلْمِ الْفَلَكِ

بروفسيور/ محجوب محمد الحسين



جامعة إفريقيا العالمية - لجنة البحث العلمي والنشر

مبادئ علم الفلك

بروفسيور/ محجوب محمد الحسين

بسم الله الرحمن الرحيم

الاستهلال

وَءَايَةٌ لَّهُمُ ٱلَّيْلُ نَسْلَخُ مِنْهُ ٱلنَّهَارَ فَإِذَا هُم مُّظْلِمُونَ ﴿٣٧﴾ وَٱلشَّمْسُ تَجْرِى
لِمُسْتَقَرٍّ لَّهَا ۚ ذَٰلِكَ تَقْدِيرُ ٱلْعَزِيزِ ٱلْعَلِيمِ ﴿٣٨﴾ وَٱلْقَمَرَ قَدَّرْنَٰهُ مَنَازِلَ حَتَّىٰ
عَادَ كَٱلْعُرْجُونِ ٱلْقَدِيمِ ﴿٣٩﴾ لَا ٱلشَّمْسُ يَنۢبَغِى لَهَآ أَن تُدْرِكَ ٱلْقَمَرَ وَلَا
ٱلَّيْلُ سَابِقُ ٱلنَّهَارِ ۚ وَكُلٌّ فِى فَلَكٍ يَسْبَحُونَ ﴿٤٠﴾

سورة يس: الآيات 37 - 40

الإهداء

إلى روحِ والديَّ عليهما رحمةُ اللهِ تعالى ورضوانهِ.

إلى أفرادِ أسرتي الذين مضوا منهم إلى بارئهم عليهم الرحمة والرضوان، والذين ينتظرون؛ بارك الله لهم في أعمارهم في طاعة الله.

إليهم جميعاً أهدي هذا الجهد المتواضع راجياً المولى تعالى أن ينفع به طلاب العلم. إنه سميعٌ مجيبٌ.

المؤلف،،

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة الطبعة الأولى

أن علم الفلك من أكثر العلوم تغيراً وتبدلاً. فلا يكاد يمر يوم إلا وأتى فيه جديد، ولذلك فإن عمر كتاب الفلك لا ينتظر أن يكون طويلاً قبل أن تصبح معلوماته غير مواكبة للتطور العلمي. وقد يجد القارئ أن بعض المعلومات، وخاصة الواردة عن الكواكب، قد تبدلت بفضل الاكتشافات العلمية. ففي الوقت الذي تماثل الكتاب للطبع أرسل الأمريكان مركبتين آليتين إلى كوكب المريخ لدراسة إمكانية وجود الحياة عليه. ولم يسفر حتى الآن عن الدراسة شيء جديد يحل لغز الحياة على هذا الكوكب الذي شغل أذهان العلماء منذ عهد بعيد.

لقد قصد من تأليف هذا الكتاب أن يسد حاجة طلاب معهد معلمي المرحلة المتوسطة، فقد ظللنا في بخت الرضا منذ أدخل علم الفلك ضمن مناهجه، نستعمل كتباً باللغات الإنجليزية. وشعرنا بالحاجة إلى كتاب باللغة العربية. ولكن زحمة العمل لم تترك لنا وقتاً ليرى هذا الكتاب النور، رغم أن التفكير الجدي في تأليفه قد بدأ منذ أكثر من أربع سنوات.

وينتظر أن يستفاد من الكتاب أيضاً مرجعاً لمعلم العلوم بالمرحلتين المتوسطة والابتدائية؛ فهو يغطي المقرر في المرحلتين بشيء من التوسع يجعل المعلم متأكداً من معلوماته. كما أنه يمكن أنه يستعمل في معاهد التربية وكليات المعلمات وقد وضعه السيد رئيس شعبة العلوم ضمن المراجع قبل أن يرسل إلى المطبعة.

وقبل أن أختم هذه المقدمة أود أن اشكر كل من ساهم بفكره وتشجيعه كي يرى هذا الكتاب النور. وأخص بالشكر الأساتذة عبد الفتاح محمد هجين، وكمال حسن بشير، والرشيد علي إبراهيم الذين قاموا بإعداد الرسوم، وعصمت عبد الصمد الذي أعد الصور الفوتوغرافية، ووداعة محمد الحسن عكود الذي قام بمراجعة الكتاب، وحقق أسماء العلماء المسلمين، وعلى محمد يوسف رئيس شعبة العلوم. معهد التربية ببخت الرضا الذي ما فتئ يشجعني للشروع بإعداد الكتاب.

أخيراً وليس آخراً الشكر والتقدير للأستاذ محمد طالب الله الذي أثار فيّ الرغبة لدراسة علم الفلك، فقد تعلمت على يديه مبادئه عندما كنت أحضر معه مستمعاً محاضراته الشيقة في

كلية المعلمين الوسطى ببخت الرضا. وقد استفدت كثيراً من مذكراته وأفكاره في إعداد هذا الكتاب. فلهم جميعاً منى الشكر ومن ثم الجزاء الأوفى من الله تعالي.

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة الطبعة الثانية

لقد مضى نحو ثلاثين عاماً منذ صدور الكتاب في طبعته الأولى. ولسوء الحظ فإن الكتاب لم يوزع على نطاق واسع، بل ظل حبيساً في ردهات مصلحة المخازن والمهمات لفترة طويلة. وذلك لأن الطبعة الأولى جاءت حافلة بالأخطاء، إذ صدر أمر الطبع قبل أن تعرض النسخة الأخيرة على المؤلف وكان رأي المؤلف ألا توزع هذه الطبعة قبل تصحيح الأخطاء، وجاء الاتفاق – كحل وسط- أن تعد قائمة بالأخطاء وتصحيحها لتضاف إلى كل النسخ المطبوعة. وهذا ما لم يحدث لأسباب تتعلق بتغيير موقع عمل المؤلف. ولعدم اهتمام أصحاب الشأن بالأمر.

وبعد مضي وقت طويل تخلصت مصلحة المخازن والمهمات من الكتاب، فظهر معروضاً للبيع في قارعة الطريق وكان يباع بسعر رمزي. وبالطبع فإن الأخطاء لم تصحح. وهو أمر يؤسف له حقاً. وقد حصل المؤلف على نسخة من الكتاب من أخ صديق اشتراها من أمام المسجد الكبير بالخرطوم.

ورأى المؤلف أنه من الأوفق مراجعة الكتاب بصورة جذرية نظراً للحاجة الملحة له في كليات التربية وأقسام الفيزياء والفلك بالجامعات، وفي المدارس في مرحلة الأساس يصلح مرجعاً للمعلمين الذين يدرسون منهج الإنسان والكون. كما يصلح مرجعاً لمدرسي الجغرافيا بالمرحلة الثانوية.

تجدر الإشارة إلى أن كتب الفلك التي تتناول الكواكب والتوابع تحتاج إلى مراجعة بين الفينة والأخرى لجعل المعلومات عن الأجسام الفلكية مواكبة لأحدث المعلومات المستجدة. وقد يلاحظ القارئ أن الطبعة الجديدة عالجت أمر تحديث المعلومات عن الكواكب والتوابع. ولكن عملية المراجعة والتنقيح لكتب الفلك عملية لابد أن تستمر بسبب الكم الهائل من المعلومات الجديدة التي يتحصل عليها بواسطة سفن ومجسات الفضاء التي يحفل بها الفضاء المحيط بالأرض. ولا غرابة أن يصدر هذا الكتاب وتكون بعض المعلومات الواردة فيه قد تجاوزها الزمن. وشملت التعديلات والتصحيحات بعض المعلومات عن الكواكب وتوابعها؛ مثل كواكب الزهرة

والمريخ وعطارد والمشتري وزحل وبلوتو. كما شملت مجهودات العلماء في الكشف عن كواكب خارج المجموعة الشمسية.

فمما جد من أمر، ما قرر بشأن كوكب بلوتو. فقد قرر اتحاد الفلكيين عدم الاعتراف ببلوتو كوكباً ضمن كواكب المجموعة الشمسية، حدث ذلك في أغسطس 2006م. ويستند القرار إلى أن بلوتو لم يستوف الشروط التي وضعت لتعريف الكوكب. ولذلك فقد أعتبر بلوتو من الكواكب الأقزام.

وفيما يلي أورد التعديلات والتصحيحات التي أدخلت على الطبعة الأولى:

أولاً: صححت الأخطاء اللغوية والعلمية التي لا تخفى على القارئ المدقق. فقد وردت معادلات غير صحيحة ومصطلحات وكلمات كتبت خطأ.

ثانياً: حُدِّثت المعلومات، وبخاصة المعلومات عن بعض الكواكب وتوابعها فقد تدفقت معلومات هائلة في فترة الثلاثين عاماً الأخيرة – نتيجة للتقدم العلمي والتقني في علم الفلك – أوجبت أخذها في الاعتبار.

ثالثاً: زيد الجزء المخصص لتطور علم الفلك بالفصل الأول. خاصة في الحقبة الإسلامية وذلك بإضافة معلومات عن إسهامات الحضارة الإسلامية في علم الفلك.

رابعاً: كذلك حدثت إضافات معتبرة في الفصل الخامس عن الشمس وبقية النجوم فقد أضيف لهذا الفصل شيء عن أبعاد النجوم، وشيء عن النجوم المتغيرة.

خامساً: وسع الفصل السابع عن ارتياد الفضاء. فقد حُدِّثت فيه المعلومات وأضيف إليه معلومات جديدة تمثلت في منظار هابل(Hubble space Telescope)، ومشروع ساليوت الفضائي والمختبر الفضائي والمحطة العالمية الفضائية، كما أضيف إليها شيء عن الأقمار الصناعية ومساراتها.

سادساً: أضيف إلى الفصل الرابع الآتي:

أ- التوسع في رؤية الأهلة.

ب- قائمة بمواقيت دخول الشهور القمرية حتى 1432هـ/2011م.

ج- جدولان للتنبؤ بمواقيت الكسوف للفترة من 1951 إلى 2050م وآخر لخسوف القمر للفترة 2008 إلى 2015م.

سابعاً: أضيف للفصل الثالث مزيد من المعلومات عن الكويكبات ومساراتها وصور فتوغرافية لبعضها. كما أضيف شيء عن المذنبات ونشأة المجموعة الشمسية.

ثامناً: أعطيت أجوبة للمسائل الواردة في نهاية كل فصل. ويجد القارئ قائمة بالأجوبة في نهاية الكتاب قبل ملحق بعض الثوابت والمصطلحات العلمية)

وقبل أن انهي هذه المقدمة يجدر بي أن أتقدم بجزيل الشكر للابن/ ياسر خليفة الذي قام بطباعة هذه التعديلات. واشهد له بالصبر على إدخال التعديلات وإدخال الأشكال والصور في مواضعها بالكتاب. كذلك أشكر الدكتور مبارك درار على مراجعة هذه الطبعة وتصويب الأخطاء وتشجيعه لإكمال تنقيح ونشر الكتاب سائلاً الله التوفيق والسداد. كذلك الشكر موصول إلى الأستاذ الكبير حسن الناطق الذي راجع الكتاب للتأكد من التدقيق اللغوي وأخيراً وليس آخراً الشكر إلى الأبن محمد الذي راجع الإخراج وأعد تصميم الغلاف، وقام بتصحيح بعض الأخطاء الطباعية.

المحتويات

مقدمة الطبعة الأولى ..... أ

مقدمة الطبعة الثانية ..... ج

المحتويات ..... و

قائمة بالأشكال والصور ..... ي

الجداول ..... ن

الفصل الأول 1

1- تطور علم الفلك 1

1-1 الصينيون 1

1-2 البابليون (3500 ق.م): 2

1-3 المصريون: 2

1-4 الإغريق: 3

1-5 الحقبة الإسلامية: 9

1-6 الأوربيون: 15

1-7 الأسئلة 28

الفصل الثاني 30

2- صورة الكون 30

2-1 أنواع الأجسام الفلكية في المجموعة الشمسية 30

2-2 المجرات 35

2-3 سمات ثلاث 38

4-2 الأسئلـة 42
الفصل الثالث 43
3- المجموعة الشمسية 43
1-3 الكواكب: 43
2-3 الكويكبـات: 73
3-3 المذنبات 80
4-3 الشهب والنيازك: 88
5-3 توزيع المادة في المجموعة الشمسية: 93
6-3 نشأة المجموعة الشمسية: 94
7-3 الأسئلة: 98
الفصل الرابع 99
4- الأرض والقمر 99
1-4 الأرض: 99
2-4 القمر: 115
3-4 الكسوف والخسوف: 134
4-4 المد والجزر: 156
5-4 الأسئلة: 160
الفصل الخامس 163
5- الشمس وبقية النجوم 163
1-5 الشمس: 163
2-5 بقية النجوم: 180

3-5 أبعاد النجوم: 187
4-5 الأسئلة: 192
الفصل السادس 194
6- الكوكبات 194
1-6 مقدمة: 194
2-6 ظهور الكوكبات: 194
3-6 أولاً كوكبات الشتاء والربيع: 201
4-6 ثانياً: كوكبات الصيف والخريف 206
5-6 البروج: 207
6-6 الأسئلة: 210
الفصل السابع 211
7- ارتياد الفضاء 211
1-7 نبذة تاريخية 211
2-7 كيف تم للإنسان غزو الفضاء: 217
3-7 سفن الفضاء المأهولة: 227
4-7 الأقمار الصناعية: 231
5-7 أهداف استكشاف الفضاء: 232
6-7 الرحلة التاريخية: 236
7-7 التعاون بدلاً عن التنافس: 244
8-7 السفر إلي الكواكب: 248
9-7 الأسئلة: 251

أجوبة المسائل 253
ملحق (1) 256
ملحق رقم (2) 258
ملحق رقم (3) 268
8- المراجع 275
أولاً: المراجع العربية: 275
ثانياً: المراجع الأجنبية: 276

قائمة بالأشكال والصور

الرقم	الشكل	الصفحة
1-1	قياس قطر الأرض	6
2-1	نظام بطليموس	8
3-1	رسم الشكل الإهليلجي	17
4-1	قياس الاختلاف المركزي	18
5-1	تمسح الكواكب مساحات متساوية في أزمنة متساوية	19
1-2 أ	القوة المركزية الطاردة للكواكب	31
2-2	المجموعة الشمسية	33
3-2	مجرة إهليلجيه	37
4-2	مجرة حلزونية	38
5-2	العديد من المجرات مأخوذة بمنظار هايل	38
6-2	خط سير الشمس والأرض والقمر في الفضاء	39
1-3	سطح كوكب عطارد	43
2-3 أ-ب-جـ	أجزاء من سطح عطارد	45
3-3	الزهرة	45
4-3	صورة الزهرة التي التقطها المستكشف 1979	47
5-3	أطوار كوكب الزهرة	48
6-3	كوكب المريخ	50
7-3	مرتفعات ووهاد المريخ	52
8-3	فوهة بركانية علي المريخ	53
9-3	المشتري	55
10-3	أحزمة المشتري	56
11-3أ	حلقات زحل	59
11-3ب	حلقات زحل	59

12-3	حلقات زحل التقطها كاسيني	60
13-3	القمر تيتان	63
14-3	كوكب أورانوس	64
15-3	حلقات أورانوس	67
16-3	كوكب نبتون	68
17-3	سطح قمر نبتون ترتبون	71
18-3	كوكب بلوتو	72
19-3	كويكب سيريز	74
20-3	4 صور لكويكب سيريز	75
21-3 إلي 24-3	صور فوتوغرافية للكويكبات	77 - 78
25-3	كويكبات طروادة	79
26-3	مذنب هالي	82
27-3	مسار المذنب	83
28-3	الشكل العام للمذنب	84
29-3	صورة لمذنب نيدو حوله نجوم	84
30-3	مذنب الاسكافي	86
31-3	الشكلان 3-31 مذنب هيل هوب	87
32-3	شهب	88
33-3	مسارات الشهب	89
34-3	مسارات شهب سنوية	90
35-3	حفرة نيزك ولاية أريزونا بأمريكا	92
36-3	صورة صخور نيزكية	93
37-3	طريقة تكوين الكواكب	95
38-3	نظرية السديم	96
1-4	الأجسام القريبة تبدو أكبر من القريبة	100
2-4	طريقة بدفورد لحساب قطر الأرض	100
3-4	المسافة القصيرة على محيط كبير تبدو أقرب إلي الخط	102

	المستقيم	
4-4	تغير اتجاه الرياح نتيجة دوران الأرض حول محورها	105
5-4	حركة الأرض حول الشمس	106
6-4	تغير مواقع النجوم بسبب حركة الأرض	107
7-4	الدائرة الكسوفية	107
8-4	أهمية ميلان الأرض لحدوث الفصول	109
9-4	ميلان أشعة الشمس يوم 6/21 و 12/22	111
10-4	الأشعة المائلة والعمودية	112
11-4	الشهر النجمي والشهر الاقتراني	117
12-4	أوجه القمر	118
13-4	أهمية حركة القمر حول محوره وحول الأرض لحدوث أوجه القمر	119
14-0	إمكانية رؤية هلال ذو العقدة عام 1327هـ	124
15-4	جزء من سطح القمر	133
16-4	جزء من سطح القمر الذي يقابل الأرض	133
17-4	تكوين الظلال	135
18-4	أثر حجم الجسم في تكوين الظل	135
19-4	أثر بعد الجسم على طول الظل	135
20-4	أثر قطر القمر على طول ظله	136
21-4	أثر ميلان مسار القمر على حدوث الكسوف	138
22-4	كسوف الشمس	138
23-4	خسوف القمر	139
24-4	الكسوف الحلقي	140
25-4	احتمال حدوث الكسوف والخسوف	141
26-4	قوة جذب القمر والأرض	156
27-4	المد والجزر	157
28-4	المد والجزر	157

29-4	المد الأكبر	158
30-4	المد الأصغر	158
1-5	الزاوية التي يعملها قطر الشمس على سطح الأرض	165
2-5	..... يمثل جزءاً من محيط الأرض	166
3-5	أجزاء الشمس	175
4-5	الحبيبات	176
5-5	البقع الشمسية	177
6-5	الوهج الشمسي	178
7-5	الألسن الشمسية	180
8-5 (أوب)	الكورونا	180
9-5	شدة لمعان الثنائي الكسوفي	184
10-5	لمعان النجوم المتغيرة	186
11-5	قياس عرض النهر	188
12-5	مسار الأرض حول الشمس	189
13-5	الانحراف الظاهري للنجم	190
1-6	كوكبتا الدب الأكبر والدب الأصغر	197
2-6	..... في أربعة مواضع حول القطب الشمالي	198
3-6	كوكبة ذات الكرسي	200
4-6	كوكبة العواء	200
5-6	كوكبة فرساوس	201
6-6	كوكبة الجبار	202
7-6	كوكبة ذو العنان	203
8-6	كوكبة الثور	204
9-6	كوكبات (المثلث الشتوي)	205
10-6	كوكبة الأسد	205
11-6	كوكبات المثلث الصيفي	206
12-6	كوكبتا العقرب ورامي القوس	207

13-6	البروج	209
1-7	مسار القطع المكافئ	219
2-7	أجزاء المناورة	225
3-7	سفينة الفضاء المتجهة إلى القمر	227
4-7	الدوران حول القمر	238
5-7	رحلة الهبوط على القمر	239
6-7	الهبوط على بحر الهدوء	240
7-7	رحلة الإقلاع من القمر	241
7-8 أ	الرحلة كاملة إلى القمر	242
8-7 ب	العودة من القمر	243
(9-7)،(10-7)*	تصويب حركية نحو كوكب الزهرة	249 و250

الجداول

الرقم	الجدول	الصفحة
1-2	المجموعة الشمسية	32
1-3	أقمار المريخ	54
2-3	أقمار المشترى	58
3-3	أقمار زحل	62-61
4-3	أقمار أورانوس	66
5-3	أقمار نبتون	70
6-3	أقمار بلوتو	73
7-3	الكويكبات	76
8-3	معلومة عن بعض المذنبات	85
9-3	مواقيت الشهب	90
10-3	توزيع المادة في المجموعة الشمسية	94
1-4	تواريخ سقوط أشعة الشمس على خطوط العرض	110
2-4	معلومات عن القمر	116

3-4	طول الشهر القمري	121
4-4	زمن رؤية الهلال بعد اقتران	122
5-4	زمن أوائل الشهور القمرية (1427)	128
6-4	زمن أوائل الشهور القمرية (1428)	129
7-4	زمن أوائل الشهور القمرية (1429)	129
8-4	زمن أوائل الشهور القمرية (1430)	130
9-4	زمن أوائل الشهور القمرية (1431)	131
10-4	زمن أوائل الشهور القمرية (1432)	132
11-4	عدد مرات الكسوف في القرن الواحد	142
12-4	قائمة بكسوف الشمس في للفترة 1951-2050	151-143
13-4	ملخص لأعداد أنواع الكسوف في الفترة 1951 - 2050	152
14-4	خسوف القمر	152
1-5	بعض النجوم العملاقة	182
1-6	النجوم اللامعة مرتبة حسب شدة لمعانها	197-196
2-6	نجوم البروج	208
1-7	الرحلات الفضائية غير المأهولة	213
2-7	الرحلات الفضائية المأهولة	217-214

الفصل الأول

1- تطور علم الفلك

لقد استرعت النجوم بأعدادها الهائلة انتباه الإنسان منذ أقدم العصور. ولا شك أن الأوائل قد دهشوا لطلوع الشمس والقمر والنجوم. ولعلهم لاحظوا بمرور الزمن أيضاً الصلة بين مواضع الشمس في قبة السماء والتغيرات التي تحدث في الفصول. ففي مصر لاحظ الناس تطابق وقت ارتفاع نجم الشعرى اليمانية في كبد السماء وفيضان النيل. وهكذا بدأ الأقدمون في ملاحظة الظواهر المتصلة بالنجوم وحاولوا أن يربطوا بينها وبين الأحداث مما أدى إلى نمو وازدهار علم الفلك.

وسنحاول في الصفحات التالية إعطاء نبذة موجزة لما قدمته بعض الحضارات والشعوب لعلم الفلك.

1-1 الصينيون

تدل الدراسات أن الصينين قد سجلوا مشاهداتهم وملاحظاتهم عن النجوم منذ أقدم العصور. وقد صنعوا المزولات التي ساعدتهم في دراسة الشمس والقمر والكواكب. كما أنهم لاحظوا ميلان محور الأرض منذ عهد طويل قبل الميلاد.

وسجلوا ملاحظاتهم عن الكسوف والخسوف وحاولوا التنبؤ بمواقيت حدوثها بناء على مشاهداتهم. ومن الظواهر التي استرعت انتباههم المذنبات والهالات وغيرها من الظواهر العابرة. ولكن نظريات الصينين الكونية ظلت بدائية ولم تتطور كثيراً. وكانت تعنى أساساً بالشمس والقمر. ولكن رغم ذلك فقد استحدثوا تقويماً شمسياً منذ القرن الرابع عشر قبل الميلاد. وقدروا طول السنة الشمسية بثلاثمائة وخمسة وستين يوماً وربع اليوم. وهو كما يبدو تقدير صحيح ودقيق. ليس هذا فحسب بل أنهم أعدوا أطالس نجمية حوت عدداً كبيراً من النجوم ومواقعها.

لقد كان الصينيون ينظرون إلى الشمس والقمر والنجوم نظرة إجلال وتقدير لاعتقادهم بأنها نوع من الآلهة.

2-1 البابليون (3500 ق.م):

امتاز البابليون بمشاهداتهم الدقيقة؛ فقد تركوا ذلك على الحجارة في شكل نقوش. وكان تصورهم الكوني وصفياً أكثر منه كمياً.

ويعتبر البابليون أول من حاول الربط بين مواقع الكواكب في قبة السماء، وما يحدث للإنسان من كوارث وأحداث مثل زوال الممالك ووقوع الحروب وحدوث الأوبئة. وبذلك فهم أول من وضع أسس ما يسمى بعلم التنجيم. وهو يختلف عن علم الفلك رغم ارتباطه به، إذ مجال كليهما النجوم. ولكن علم التنجيم خرافي بينما يعتمد علم الفلك على الأسلوب العلمي في التوصل إلى التعميمات والاستنتاجات، ويمكن تلخيص ما قدمه البابليون في النقاط الآتية:

1. صمموا المزولات وأعدوا تقويماً شمسياً طول السنة فيه 360 يوماً.
2. استحدثوا تقويماً قمرياً طول الشهر فيه يتراوح بين ثلاثين وتسعة وعشرين يوماً.
3. لاحظوا وقاسوا الفروق بين أطوال الأيام في الفصول المختلفة.
4. اعتبروا أن الأرض جسم مسطح ومحاط بالماء، وأن السماء عبارة عن قبة تدور حول الأرض. وقالوا بثبوت الأرض.

3-1 المصريون:

كانت فكرة قدماء المصريين عن الكون فكرة بدائية بعض الشيء إذ اعتقدوا أن الكون عبارة عن صدوق مستطيل. يقع الضلعان الطويلان منه في اتجاه النيل من الشمال إلى الجنوب بينما يكون سطح الصندوق الأرض. وتقع مصر في منتصف هذا السطح. أما السماء فقد اعتبرت سقفاً لهذا الصندوق. ويتدلى من السماء مصابيح معلقة بحبال طويلة. وتحمل السماء جبالاً ضخمة.

ويختلف فكر المصريين الفلكي عن البابليين في أن الأول كان مشوباً بنظرياتهم الدينية. ومهما يكن الأمر فقد قدموا الكثير إلى علم الفلك مما يستحق التقدير والإشادة. ونوجز فيما يلي بعض إسهاماتهم:

1- لقد قدروا طول السنة الشمسية بدقة (365.25 يوما).

2- وكانت سنتهم تبدأ في يوليو مع طلوع نجم الشعرى اليمانية وفيضان النيل.

3- وربما كانت أهم مساهمة لهم هي استحداث نوع من الرياضيات التي ساعدتهم في حل بعض المعضلات العلمية مثل حساب المساحات. وهذا تطور أملته عليهم حاجتهم العملية في مجال الزراعة.

4- أهتم المصريون بقياس الزمن، واستعملوا المزولات لهذا الغرض.

4-1 الإغريق:

لقد تصور اليونانيون الكون من خلال نظرتهم الهندسية. فقد تصوروا أن الكون كرة هائلة. وأن الأرض عبارة عن جسم مسطح يطفو على الماء. أما النجوم فمثبتة في قبة السماء التي تحيط بالأرض.

وفي الصفحات التالية نورد نبذة عن نظرياتهم الكونية كما صورها علماؤهم وفلاسفتهم.

1-1-1 طاليس (640-545 ق.م):

نشأ طاليس في آسيا الصغرى. ويبدو أنه قد زار مصر حيث تزود بمعلومات أساسية عن الكسوف والخسوف وبعض المعلومات الهندسية. وكان طاليس يعتقد بكروية الكون. أما الأرض فكان يرى أنها مسطحة. كما كان يرى الماء هو المادة الأساسية في الكون.

2-1-1 الكسيمندر (610-545 ق.م):

وينتمي هو أيضاً إلي آسيا الصغرى. ويروى عنه أنه أستعمل المزولة لمراقبة الظلال في أزمنة مختلفة، ومن أهم نظرياته اعتقاده بأن الشمس والقمر جسمان مضيئان ذاتياً. بمعنى أن لهما المقدرة على إنتاج طاقتهما.

3-1-1 انكسقورس (505-432 ق.م):

تصور انكسقورس الأرض قرصاً مائلاً إلى أسفل واستطاع أن يعطى تفسيراً صحيحاً لأوجه القمر.

4-1-1 فيثاغورث (580-500 ق.م):

كان رياضياً بارعاً. ومن الذين أشاروا بكروية الأرض والنجوم. وتصور الأرض ثابتة في مركز الكون. وكانت نظريته الكونية خطوة صحيحة إلى الأمام إذا قورنت بأفكار البابليين والإغريق الذين سبقوه.

5-1-1 فيلولوس (450 ق.م):

رغم أن فيلولوس ينتمى إلى المدرسة الفيثاغورثية، إلا أنه قد طور نظريته الخاصة عن الكون. ومؤدى هذه النظرية أنه افترض وجود نار كبيرة للغاية في مركز الكون، وأن الكواكب والأرض والشمس والقمر تدور حولها في مسارات دائرية. وافترض فيلولوس اتجاه اليونان ومنطقة البحر الأبيض المتوسط بعيداً عن النار. وهذا الافتراض قد بني على عدم رؤية هذه النار في اليونان ومنطقة البحر الأبيض المتوسط.

ونادى فيلولوس أيضاً بوجود كوكب بين النار والأرض ليفسر به حدوث ظاهرتي الكسوف والخسوف. وفي هذا النظام الكوني تدور الأرض حول النار المركزية في 24 ساعة، وهذا يفسر حركة النجوم الظاهرية.

6-1-1 أفلاطون (430-347.ق.م):

تبنى أفلاطون نظرية كروية الأرض تمشياً مع من سبقه من علماء الفلك اليونانيين، ولكنه نادى بوجود الأرض في مركز الكون، ولم يشرح ما يحملها. وفي نموذج أفلاطون هذا تدور الكواكب حول الأرض في مسارات دائرية.

وافترض أفلاطون الحركة الدائرية للكواكب لأنه كان يعتقد أن الأجرام السماوية مخلوقات مقدسة والحركة الدائرية أقرب إلى الكمال. ولذلك فإنه من المناسب في رأيه أن تكون حركة الكواكب أقرب إلى الكمال.

وذكر ترتيب الكواكب ابتداء من أقربها إلى الأرض هو: القمر والشمس والزهرة وعطارد والمريخ والمشترى.

1-1-7 أرسطو (384-322 ق.م):

لم يقدم أرسطو شيئاً جديداً بالنسبة للنظريات الكونية، إذ انه تبنى أفكار من سبقوه عن كروية الأرض وثباتها في مركز الكون. واستطاع أن يفسر أوجه القمر. وقد هيمنت الأفكار الفلكية التي تبناها على علم الفلك نسبة لشهرته العظيمة في مجال الفلسفة.

1-1-8 هيراقليدس (576-480 ق.م):

إن أهم ما قدمه هيراقليدس إلى عالم الفلك أنه افترض دوران عطارد والزهرة حول الشمس. أما الكواكب الأخرى فتدور حول الأرض. وهو بذلك قد جمع بين فكرة مركزية الأرض للكون، وفكرة مركزية الشمس. ولكن أفكار هراقليدس رغم أصالتها لم تجد قبولاً في الوسط العلمي في الفترة التي عاش فيها. ولعل ذلك يعزى لشهرة من سبقوه مثل الفيلسوف الشهير أرسطو.

1-1-9 أبولونيوس:

الجديد في أفكار أبولونيس افتراضه حركتين للكواكب: إحداهما حول الأرض والأخرى حول مركز متحرك على مسارها الدائري حول الأرض. وقد اقتبس بطليموس منه هذه الفكرة لنموذجه الكوني.

1-1-10 أرستاركيوس:

أعتقد بثبات القبة السماوية بما فيها من نجوم. وتصور الشمس في مركز هذه القبة بينما تدور حولها الكواكب والأرض. وبذلك كان أرستاكيوس أول من نادى بالنظام الشمسي المعروف حالياً لدى الوسط العلمي.

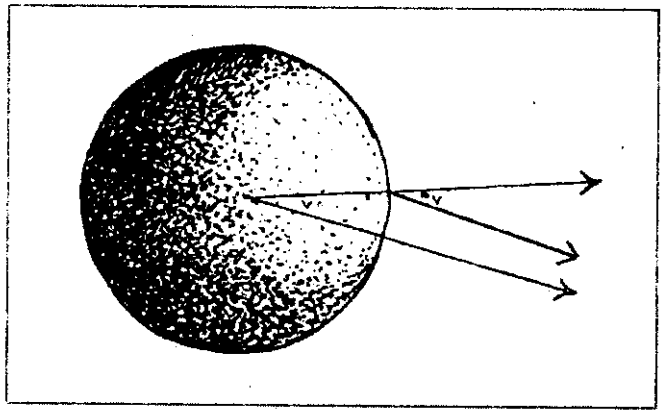
ولتفسير ثبات النجوم بالنسبة لبعضها البعض، افترض أن تكون بعيدة للغاية من مسار الأرض حول الشمس. وهذه أيضاً حقيقة مهمة اكتشفها هذا العالم.

ومما يذكر عن أرستاركيوس أنه استطاع استنباط طريقة لقياس المسافة بين الشمس والقمر منسوبة إلى بعد الأرض من الشمس.

1-1-11 أرتوسين (276-195 ق.م):

كان أميناً لمكتبة في متحف الإسكندرية..ولعل ذلك ساعده في الاستفادة من دراسة ما كتب عن علم الفلك. واستطاع بداية أن يستنبط طريقة ذكية لقياس قطر الأرض.

وتعتمد طريقته على كروية الأرض، ومعرفة المسافة بين الإسكندرية وأسوان. حيث إن أشعة الشمس تسقط على أسوان عمودية في بداية الصيف (6/23) ولكن الأشعة في هذا الوقت تصل سطح الأرض على الإسكندرية مائلة بمقدار سبع درجات مع خط عمودي على السطح. أنظر الشكل 1-1



شكل 1-1 (قياس قطر الأرض)

والزاوية 7° يمكن قياسها بقياس طول ظل حائط عند الظهر وبمعرفة طول الحائط وطول الظل يمكن حساب الزاوية باستعمال حساب المثلثات.

من الشكل رقم 1-1

$$\frac{\text{أ ب}}{7} = \frac{\text{محيط الدائرة}}{360}$$

أو

$$\text{محيط الدائرة} = \frac{360}{7} \times \text{أ ب}$$

وبما أن محيط الدائرة هو القطر × π

$$\text{القطر} \times \pi = \frac{360}{7} \times \text{أ ب}$$

$$\text{القطر} = \frac{360}{\pi 7} \times \text{أ ب}$$

ومنها يكون القطر:

وبما أن أب معروفة فيمكن حساب القطر. وجاءت حساباته أن القطر = 7850ميلاً؛ وبنيت على أن الإسكندرية تبعد عن أسوان 5000 استاديوم، والاستاديوم يساوي عُشْر الميل وبذلك تقل النتيجة عن المقدار الحقيقي بنحو 122 ميلاً عند خط الاستواء ونسبة الخطأ تقل عن 2%.

واستطاع أرتوسين أيضاً قياس زاوية ميل محور الأرض ووجدها تعادل حوالى 24°. ويرجع الفضل إليه أيضاً في قياس خطوط العرض لعدد من المدن مثل أسوان و الإسكندرية وقرطاجنة.

1-1-12 هيباركوس (150 ق.م):

يعتبر هيباركوس من أشهر الفلكيين المشاهدين القدماء. فقد أمضى وقتاً كبيراً في مشاهدة النجوم وتسجيل ملاحظاته. وربما توضح قائمة أعماله التالية هذا الرأي:

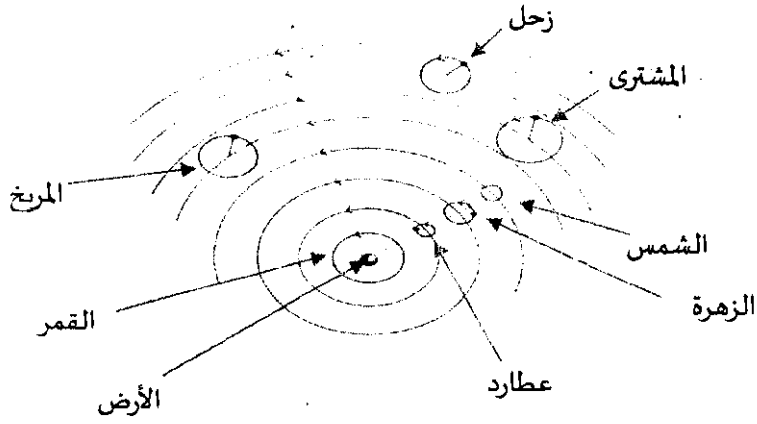
أول من أعد كتالوجاً للنجوم. فقد شاهد وسجل أسماء النجوم في القبة السماوية إلى القدر السادس (Sixth magnitude). ويضم كتلوج هيباركوس النجمي 850 نجماً.

1. استطاع أن يبتدع نوعاً من حساب المثلثات لحل معادلات المثلث.
2. قاس طول السنة الشمسية، وكانت قياساته مضبوطة جداً. والفرق بين قياساته وقياسات المحدثين في حدود 6 دقائق فقط.
3. استطاع أن يتنبأ بظهور الكواكب مما ساعد أخيراً على التنبؤ بمواعيد الكسوف والخسوف.
4. شعر بالخلل في اعتبار الأرض مركزاً للكون. وذلك من خلال مشاهداته: ولذلك فقد اقترح أن تدور الشمس حول مركز يبعد قليلاً عن الأرض. وهذا الاقتراح جعل المشاهدات تتفق أكثر مع النظريات السائدة. ولكن ذلك لم يفسر حركات القمر. وألمح هيباركوس إلى فشله في ذلك. وذكر أنه ترك المشكلة لتحل في المستقبل بعد تطوير نظرية أفضل.

13-1-1 بطليموس:

أهم أعمال هذا العالم قد أنجزت في الإسكندرية في الأعوام: 128-145م. فقد ألف كتابه الشهير المجسطي في هذه الفترة. وشرح فيه أفكاره ولخص النظريات والأفكار التي سبقته في علم الفلك.

وفي كتابه اقترح بطليموس نظاماً فلكياً معقداً مبنياً على حركة كل الأجسام الفلكية حول الأرض. وفي هذا النظام لم يكن للشمس والقمر حركات أخرى غير حركتهما حول الأرض أما بقية الكواكب الأخرى المعروفة في زمنه فقد اقترح لكل واحدة حركة أخرى حول كوكب خيالي ليفسر بها حركتها بين النجوم الثوابت. أنظر الشكل (1-2)



شكل 1-2 (نظام بطليموس)

ففي هذا الشكل تدور الشمس والقمر والكواكب كل في مسار دائري حول الأرض؛ وزيادة على ذلك تدور عطارد والزهرة والمريخ والمشترى وزحل حول مركز متحرك على مسارها حول الأرض. ويسمى المسار ذو المركز المتحرك بالفلك الدائر. أما المسار حول الأرض فيسمى بفلك التدوير.

لم يكن بطليموس فلكياً مشاهداً مثل هيباركوس بقدر ما كان فلكياً نظرياً وقد استفاد من نظريات من سبقوه. ولكن الفضل يرجع إليه لأنه استطاع أن يطور نظرية شاملة تربط الحقائق بعضها ببعض في نظام بديع تمكن به من تفسير المشاهدات المعروفة في الحقبة التي عاش فيها، وفي حدود الدقة المتوقعة بالوسائل المتاحة للعلماء آنذاك. وكان ينقد نظامه المرة

بعد المرة ويعدَّ له ليتفق مع المشاهدات. ويعزى تعقيد نظامه إلى هذه التعديلات التي كان يجريها لتتفق مع المشاهدات.

كان بطليموس يعتقد بخلود القمر والشمس والكواكب. ولذلك فقد كان يرى أن الشهب والمذنبات ظواهر جوية. وهذا رأي كان قد نادى به هيراقليدس في القرن الرابع قبل الميلاد.

وأجرى بطليموس بعض القياسات. فقد استنبط بعد القمر عن الأرض ووجد أنه يساوى حوالى 59 مرة مثل نصف قطر الأرض. وهو كما ترى تقدير لا باس به.

5-1 الحقبة الإسلامية:

يعتقد أن اهتمام المسلمين والعرب بعلم الفلك يرجع إلى عدة أسباب - نذكر منها:

1. أن معرفة علم الفلك تساعد في تحديد الاتجاهات. وهذا أمر ضروري لمعرفة اتجاه القبلة لأداء الصلوات.
2. أن معرفة حركة القمر وتحديد أوائل الشهور القمرية تساعد في معرفة التقويم العربي الذي يستعمل في بعض الدول الإسلامية. كما يعين ذلك في معرفة شهور العبادة؛ مثل شهر رمضان والأعياد.
3. كان التنجيم معروفاً في المنطقة التي نشأت فيها الدولة الإسلامية، ولذلك فلا عجب أن يهتم الناس بمعرفة النجوم ومواقع الكواكب التي يبني عليها المنجمون تنبؤاتهم.
4. لم تكن هناك جفوة بين العلم والدين الإسلامي كما كان الحال مع رجال الكنيسة في القرون الوسطى.

بعد التوسع في رقعة الدولة الإسلامية، بدأت الجهود تتجه نحو المعارف وخاصة تلك التي وجدها المسلمون في البلاد الخاضعة لهم. وبدأت حركة نشطة للترجمة في مجال علم الفلك للأسباب التي ورد ذكرها.

ويعتقد أن أبا علي الحسين بن محمد الآدمي هو الذي أعطى الوقائع التفصيلية لكيفية وصول علم الفلك الهندي إلى العرب. ويقال إن هندياً يدعى مازكا قدم إلى الخليفة المنصور جداول رياضية وفلكية تساعد في التنبؤ بمواعيد وقوع الخسوف والكسوف ومواقع الكواكب.

وفي عام 156هـ الموافق 773م وجه المنصور بترجمة كتاب السند هند إلى اللغة العربية، وهو كتاب جامع في علم الفلك. وقام بالترجمة محمد بن إبراهيم الفزاري، وأطلق على ترجمته السند هند الكبير.

ولخص كتاب السند هند الكبير جعفر محمد بن موسى الخوارزمي. وقدمه إلى الخليفة المأمون.

وبعد إقامة دار الحكم[1] في عام 215هـ الموافق 830م في عهد المأمون نشأت حركة نشطة للترجمة وأقبل العلماء إلى بلاطه ووجدوا منه التشجيع والتقدير. ومن أهم الكتب التي ترجمت إلى العربية كتاب المجسطي.

ويذكر الغربيون أن الترجمات العربية للفكر والتراث اليوناني كانت تتصف بالدقة والأمانة العلمية. وانتقل الفكر اليوناني إلى أوروبا عن طريق هذه الترجمات[2].

بعد هذه المقدمة يجدر بنا أن نعطي عرضاً موجزاً لما قدمه العرب والمسلمون في علم الفلك عامة.

1-1-14 ثابت بن قرة (221-288هـ الموافق (835-900م):
درس ثابت بن قرة النظام البطليموسي، ولكنه لم يكن مقتنعاً به تماماً. وقد أجرى بعض القياسات والملاحظات عن رؤية الأهلة.

ومما كتبه في ذلك أن الهلال لا يرى في أول الشهر القمري إلا إذا كان ارتفاعه فوق الأفق يتراوح بين اثنتين إلى أربع وعشرين درجة. ولكن أهم إسهامات ثابت كانت في الرياضيات.

1-1-15 أبو الوفاء البوزجابي (328-388هـ) الموافق (940-998م):
عمل محمد بن محمد بن يحي البوزجابى في مرصد شرف الدولة في عام (377هـ- 988م) وأجرى قياسات وملاحظات دقيقة. وألف كتاباً بسط فيه علم الفلك ليستفيد منه الرجل العادي. وشرح المجسطي وهندسة اقليدس وتبلغ مؤلفاته في الفلك والرياضيات اثنى عشر كتاباً.

---

[1] دار الحكمة عبارة عن مجمع علمي ومرصد فلكي ومكتبة ضخمة.
[2] زكريا، مرجع سابق، ص 523.

16-1-1 الفرغاني:

حاول محمد بن كثير الفرغاني إيجاد أبعاد الكواكب والشمس والقمر. وحسب بعد القمر عن الأرض فكان 64 مرة مثل نصف قطر الأرض. وقاس ميل محور الأرض بالنسبة للدائرة الكسوفية بدقة كبيرة ووجدها 23 درجة و35 دقيقة. وألف الفرغاني كتاباً عن الفلك ضمنه آراء من سبقوه، وترجم هذا الكتاب إلى اللاتينية وأستفاد منه الأوربيون في نهضتهم العلمية. وقد توفي في عام 681هـ الموافق 1457م.

17-1-1 البيروني (362-440هـ) الموافق (973-1048م):

ناقش محمد بن أحمد البيروني الخوارزمي حركة الأرض حول نفسها وقاس خطوط الطول والعرض لبعض المدن المهمة. وله معادلة سميت باسمه لقياس قطر الأرض.

والبيروني أول من أشار إلى دوران الأرض حول محورها؛ وبرهن أن الشمس أكبر من الأرض، والأرض أكبر من القمر. كذلك علل وجود الشفق عند شروق الشمس وغروبها.

وألف البيروني كتاباً في الفلك يعد أشهر كتاب ظهر في القرن الحادي عشر الميلادي، وهو كتاب التفهيم لأوائل التنجيم. وهو ليس كتاباً في علم التنجيم وإنما هو كتاب علمي في علم الفلك.

ونختم الكلام عن البيروني بما ذكره عنه المستشرق الأمريكي بول "إن اسم البيروني ينبغي أن يحتل مكانة رفيعة في أية قائمة لأكابر العلماء. ومحال أن يكتمل أي بحث في الرياضيات، أو الفلك أو الجغرافيا، أو علم الإنسان، أو المعادن، دون الإقرار بمساهمته العظيمة في كل تلك العلوم. والبيروني أبرز العقول المفكرة في جميع العصور؛ فهو يتميز بصفات جوهرية تظهره بمظهر الشمول، وعدم التقيد بالزمان، شأن العقول العظيمة"[1].

[1] علي الدفاع، الموجز في التراث العلمي العربي الإسلامي، (نيويورك: جون وايلي وأولاده، 1979م)، ص 139.

1-1-18 الصوفي (376هـ) الموافق (987م):

أعد أبو الحسن عبد الرحمن بن عمر الصوفي جداول دقيقة لبعض النجوم وعمل لها الخرائط المصورة (الزيج) التي جمع فيها أكثر من ألف نجم. ورسمها في شكل كويكبات[1] وهذه الخرائط مبنية على إرصادات. والصوفي يعد من الفلكيين المتميزين.

1-1-19 الخازني (النصف الأول من القرن الثاني عشر الميلادي):

وهو أول من اقترح أن الضوء القادم من النجوم والكواكب ينكسر أثناء مروره خلال الغلاف الهوائي للأرض مما ينتج عنه اختلاف مواقع النجوم الظاهرية عن المواقع الحقيقية.

1-1-20 نصير الدين الطوسي (597-672هـ)(1201-1273م):

عندما ضرب المغول بغداد بما فيها مرصدها الفلكي الشهير حاول هولا كوخان أن يبني مرصداً عظيماً يفوق مرصد بغداد. وشيده في شمال فارس وأطلق عليه مرصد مراقة. وعين نصير الدين الطوسي مشرفاً عليه، وزوده بعدد كبير من الأجهزة والأدوات. والجدير بالذكر إن عدداً كبيراً من هذه الأجهزة كانت مصنوعة محلياً وكانت الأجهزة من نوع راق، حتى إن الفلكي الغربي تيكوبراها قلد بعضها فيما بعد.

وينسب إلى الطوسي أنه قد انتقد كتاب المجسطي، واقترح نظاماً بديلاً أبسط من النظام الذي وضعه بطليموس. وفي ذلك يقول عنه سارطون: "أن الانتقاد الذي وضعه الطوسي للمجسطي يدل على عبقريته وطول باعه في علم الفلك ويمكن القول إن انتقاده هذا كان خطوة تمهيدية للإصلاحات التي قام بها كوبرنيك"[2] وبعد 12 عاماً من القياسات الدقيقة والعمل الدؤوب أخرج نصير الدين الطوسي جداوله النجمية التي أطلق عليها اسم الجداول الخانية - نسبة إلى هولاكوخان.

ولعل أعظم ما قدمه الطوسي إلى علم الفلك كتابه عن حساب المثلثات الكروي وهو أول من استحدث هذا النوع من الرياضيات، ولولا هذا النوع من الرياضيات لأصبح من الصعب حدوث تقدم يذكر في هذا المضمار.

---

[1] سيأتي الحديث عن الكويكبات.

[2] حفاظ قدري طوقان، تراث العرب العلمي في الرياضيات والفلك. (بيروت: دار الشروق، ط3، 1963م)، ص 413.

1-1-21 ابن الشاطر (704-177هـ) الموافق (1304-1575هـ):

وهو ابن الحسن علاء الدين علي بن إبراهيم بن محمد الأنصاري، وقد قام بتأليف زيخ للخليفة العثماني مراد، ضمنه نظريات ومعلومات مبتكرة في الفلك، وسماه (الزيج الجديد). وابن الشاطر أول من أشار إلى أن الكواكب تدور حول الشمس، وأن القمر يدور حول الأرض. وقد نسبت هذه النظرية خطأ إلى كوبرنيك[1]. وفي هذا الصدد ذكر الدكتور ديفيد كنج في مقالة نشرت في قاموس الشخصيات العلمية عام 1950م - وهو يكتب عن مآثر ابن الشاطر:- "إنه ثبت أن كثيراً من النظريات المنسوبة إلى كوبرنيك، قد أخذها هذا الأخير من العالم المسلم ابن الشاطر وفي عام 1913م، عثر على مخطوطات عربية في بولندا - مسقط رأس كوبرنيك - اتضح أنه كان ينقل من تلك المخطوطات العربية وينحلها لنفسه[2].

ابتكر ابن الشاطر العديد من الآلات والأجهزة العلمية، مثل الإسطرلاب والمزولات الشمسية. وصنع ساعة لضبط أوقات الصلاة. ومما تجدر الإشارة إليه هنا انه كان مؤذناً في المسجد الأموي. ولم يمنعه ذلك من البحث العلمي.

1-1-22 البتاني (235-317هـ) الموافق (850-924م):

وهو أبو عبد الله بن منان الحراني المولود في بتان من أطراف حران، وهى التي إليها نسب. وقال عنه سارطون: "إنه أعظم فلكي في العالم لما قدمه من خدمة للبشرية[3] وقد سمى بطليموس العرب لهذا السبب.

ورأي البتاني أن شروط التقدم في علم الفلك التبحر في نظرياته ونقدها، والمثابرة على الإرصاد والعمل على إتقانها، ذلك أن الحركات السماوية لا يحاط بها معرفة مستقصاه حقيقية، إلا بتمادي العصور والتدقيق في الرصد[4].

---

[1] الدفاع، مصدر سابق، ص 191.

[2] المصدر نفسه ص 189.

[3] طوقان، مصدر سابق، ص 413.

[4] المصدر نفسه.

ومن الملاحظات التي وقف عليها البتانى مبادرة الاعتداليين. وقاس البتاني ميلان محور الأرض على دائرة البروج، ورصد كسوف الشمس وكسوف القمر وسجلهما مما ساعد على معرفة تسارع القمر خلال قرن من الزمان[1] ومن أهم مؤلفاته زيج الصابي الذى يعتبر من أدق الأزياج[2].

وهناك عدد كبير من علماء الحقبة الإسلامية الذين أسهموا في تقدم العلوم والفلك بطريق مباشر أو غير مباشر مثل ابن الهيثم الذي درس انكسار الضوء وبرهن أن الرؤية تحدث بانعكاس الضوء من الأشياء، وليس من خروج شيء من العين إلى الجسم المرئي، وهذا المفهوم الذى كان سائداً قبل ابن الهيثم. كما أن ابن الهيثم ناقش زيادة الحجم الظاهري في كل من القمر والشمس عند الأفق، وذكر أن ذلك توهم من المشاهد وليس حقيقياً.

ونختم هذا العرض السريع للحقبة الإسلامية قائلين أن العلماء العرب والمسلمين قد كرسوا جهودهم في القياس الدقيق وتجويد الأجهزة المؤدية إلى ذلك أكثر من اهتماماتهم بالنظريات الكونية. وترجموا العلوم الإغريقية والهندية وغيرها إلى اللغة العربية ترجمة دقيقة وأمينة. وأضافوا إليها شروحهم الخاصة وتعليقاتهم وآراءهم. ويرجع إليهم الفضل الأكبر في نقل الفكر اليوناني إلى أوروبا. وكان لأوصافهم الدقيقة المدعمة بالرسم الأثر الأكبر في استفادة الغرب من هذه الأجهزة وتطويرها.

ويرجع الفضل الأكبر لهم في اختراع الجداول الرياضية وحساب المثلثات الكروي والجبر والأرقام العربية واستعمال الصفر. وساعدت هذه المعارف في تقدم الرياضيات والعلوم والفلك فيما بعد.

كذلك يرجع الفضل إليهم في اكتشاف قوانين الحركة التي كانوا أول من صاغها: يرجع الفضل في ذلك إلى ابن سينا في صياغة القانون الأول وإلى أبو البركات في صياغة القانونين الثاني والثالث.

كذلك تعرض علماء الحضارة الإسلامية إلى جاذبية الأرض منذ القرن التاسع الميلادي. ومن أوائل هؤلاء العلماء الهمداني والبيروني والخازني و الإمام الرازي. وأوضح شرح لجاذبية الأرض

---

[1] المصدر نفسه، ص 245.

[2] حاجي خليفة، كشف الظنون، مجلد 2، ص 97.

جاء في كتاب البيروني المسمى (القانون المسعودي) على النحو التالي: (الناس على الأرض منتصبو القامات على استقامة أقطار الكرة، وعلها أيضاً نزول الأثقال إلى أسفل)، وذكر الخازني أن الأجسام الساقطة تنجذب في سقوطها نحو مركز الأرض. وفطن الإمام الرازي إلى تعميم فكرة الجاذبية الأرضية على كل ما في الكون من أجسام، فتحدث عن انجذاب الجسم نحو الجسم المجاور له[1].

وأخذ كل ذلك طريقه إلى الغرب عن طريق إسبانيا وصقلية والقسطنطينية وغيرها من المدن. وتدل المخطوطات والكتب في مكتبات أوروبا - غربها وشرقها على ذلك.

6-1 الأوربيون:

لم يظهر من العلماء من يعتد به قبل مجيء كوبرنيك. فقد كان العلماء منهمكين في استيعاب العلوم التي وصلتهم عن طريق العرب والمسلمين.

1-1-23 كوبرنيك (1473-1543م):

ألمَّ كوبرنيك بنظرية بطليموس. ولكنه رأي فيها تعقيداً لا لزوم له ولذلك لم يقتنع بها. وبدأ يفكر في نظرية بديلة تفسر المشاهدات المعروفة لدى الوسط العلمي. وفي عام 1543 - قبل موته بقليل - نشر نظريته عن المجموعة الشمسية بغرض تبسيط نظرية بطليموس. ولكن نظرية كوبرنيك رغم وجاهتها قوبلت بالرفض من الكنيسة والوسط العلمي السائد. وقد رأت الكنيسة فيها تحدياً لها لأنها تتبنى نظرية بطليموس.

ونظرية كوبر نيك تجعل الشمس مركزاً تدور حوله جميع الكواكب -ومن ضمنها الأرض- في مسارات دائرية. وميزة هذه النظرية أنها فسرت كل المشاهدات التي كانت تفسرها نظرية بطليموس بطريقة مبسطة وخالية من التعقيد. وعلى الرغم من أن معظم المراجع الغربية تنسب هذه النظرية إلى كوبرنيك إلا أنه ظهر أنه كان ينقلها من مخطوطات عربية وينحلها إلى نفسه كما سبقت الإشارة إلى ذلك عند الكلام عن ابن الشاطر.

---

[1] محجوب محمد الحسين: إسهامات الحضارة الإسلامية في العلوم الطبيعية الكونية، (الخرطوم: هيئة رعاية الإبداع العلمي، 2005م)، ص 40.

1-1-24 برانو:

أيد برانو نظرية كوبرنيك الفلكية التي كانت الكنيسة قد أدانتها ومنعت تداولها بين الناس.

ويرى برانو أن الكون لا نهائي في اتساعه. ونادى بحركة الشمس والنجوم وفسر ثبوتها الظاهري بأنه نتيجة طبيعية لبعدها الشديد عنا. وأشار برانو أيضاً إلى أن الشمس لا تختلف في طبيعتها عن بقية النجوم، وناقش فكرة النجوم الثنائية (Binary Stars).

وضاقت الكنيسة الكاثوليكية بأفكاره الجريئة فأعدمته لأنه قد تمسك بأفكاره وسخر من رجال الدين.

1-1-25 تيكوبراها (1546-1601):

اشتهر تيكوبراها بعنايته الفائقة وصبره الشديد على تجويد القياسات. وتجمعت لديه ذخيرة مهمة من المعلومات عن مواقع الكواكب مما ساعد كبلر لاحقاً إلى التوصل إلى قوانينه الشهيرة.

وفي عام 1571م استدعاه الملك فردريك الثاني من باسل لإنشاء مرصد في جزيرة هافين (Haveen). وكان مرصداً كبيراً أطلق عليه "قلعة السماء" وكان مزوداً بالأجهزة العلمية المختلفة. وأمضى تيكوبراها في هذا المرصد زهاء واحد وعشرين عاماً في جمع المعلومات المبنية على القياس الدقيق والتنقيب والملاحظة الفاحصة. ولكن بعد موت الملك فردريك في عام 1597م ترك تيكوبراها جزيرة هافين وذهب إلى براغ حيث استقر فيها. ومن أهم منجزاته:

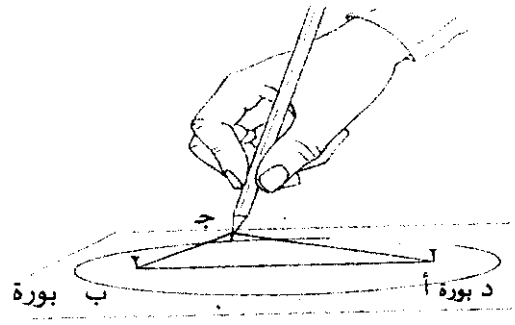
1. أنه راقب الكواكب لمدة طويلة ومتواصلة وسجل ملاحظاته وقياساته عنها.
2. جمع أطلساً نجمياً حوى 777 نجماً.
3. لم يقبل بنظرية كوبرنيك عن النظام الشمسي لأنه كان بروتستانياً. ورفض نظام بطليموس أيضاً، واقترح نظامه الخاص الذي يقضي بأن يدور كل من القمر والشمس حول الأرض بينما تدور بقية الكواكب والمذنبات حول الشمس. وفي نظامه هذا تكون النجوم ثابتة في قبة السماء.

1-1-26 جون كبلر (1571-1630):

لقد بدأ عمله مع تيكو براها في براغ 1600. ولكن بعد عام واحد مات براها وترك له ثروة هائلة من المشاهدات والإرصادات الفلكية المدونة. وهي معلومات دقيقة إلي حد كبير كما ذكر من قبل.

وحاول كبلر تطبيق مشاهدات براها عن مواضع كوكب المريخ بغرض معرفة مساره. ووضع نظريات كثيرة قبل أن يصل إلي الحل الصحيح. وبعد خمسة أعوام من المحاولات المضنية توصل كبلر إلي أن المسار الوحيد الذي يتفق مع المشاهدات هو المسار الإهليلجي الذي تكون الشمس في إحدى بؤرتيه.

ولمعرفة المسار الإهليلجي أحضر خيطاً ووصل طرفيه مع بعضهما البعض، ثم ثبت دبوسين على قطعة كرتون رأسياً. ومرر الخيط حول الدبوسين وبقلم رصاص شد الخيط حول الدبوسين ورسم منحنى بحيث يكون الخيط مشدوداً دائماً. وستكون النتيجة مساراً إهليلجياً. (أنظر الشكل 1-3)



شكل 1-3 (رسم الشكل الأهليلجي)

في هذا الرسم يوضح الحرفان (أ) و (ب) الدبوسين. وهما بمثابة مركزين للمنحنى. ويطلق على كل من أ و ب تعبير "بؤرة" ويلاحظ في هذا الشكل أن مجموع أجـ + ب جـ يساوى كمية ثابتة. و جـ تمثل نقطة متحركة على المسار.

والمسافة أب في الشكل منسوبة إلي دهـ هي التي توضح إلي أي حد يكون استطالة المسار" وهي كمية مهمة في المسار الإهليلجي، وتسمى بالاختلاف المركزي (Eccentricity).

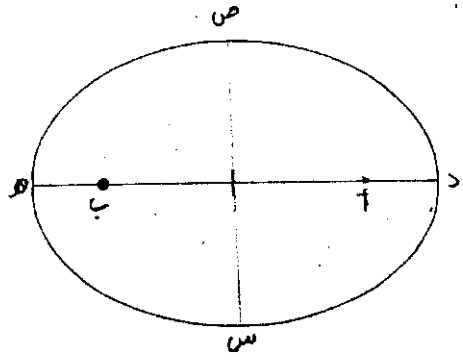
ويعبر عنها رياضياً

$$\text{الاختلاف المركزي} = \frac{\text{أ ب}}{\text{د هـ}} \qquad (1)$$

أو البعد بين البؤرتين مقسوماً على طول المحور الرئيسي في الشكل 1-4

دهـ = المحور الرئيسي

س ص = المحور الثانوي



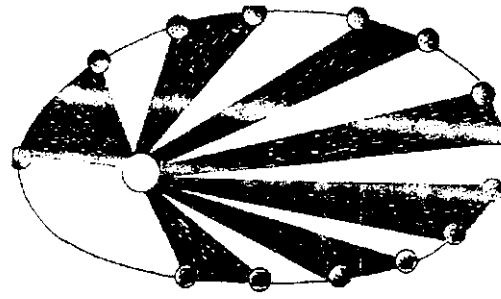
شكل 1-4

ومن المعادلة (1) أعلاه يلاحظ أنَّ الاختلاف المركزي لا يزيد عن واحد صحيح ويصبح صفراً عندما تكون المسافة بين البؤرتين صفراً، وهذه في حالة الدائرة.

وقد سدد اكتشاف كبلر هذا ضربة قاضية للمسارات الدائرية للكواكب. وصاغ كبلر ما توصل إليه عن طريق الاستقراء في قانونيه الأول والثاني:-

أ- تدور كل الكواكب حول الشمس في مسارات إهليلجية وتقع الشمس في إحدى بؤرتي المسار.

ب - تمسح المسافة بين البؤرة والمسار مساحات متساوية في أزمنة متساوية (انظر الشكل 5-1)



شكل 1-5 (تمسح الكواكب مساحات متساوية في أزمنة متساوية)

وفي عام 1609 نشر كبلر كتابه "الفلك الجديد" والذي وصف فيه كل النتائج التي توصل إليها.

وكان كبلر يبحث عن نوع من التوافق في النظام الشمسي، وفي بحثه المستمر توصل إلي قانونه الثالث:-

$ز^2$ D $م^3$	$p^2 \alpha r^3$ (2-1)*

حيث ز (p) تمثل مدة دوران الكواكب حول الشمس. وتمثل م (r) متوسط بعد الكوكب عن الشمس. ومنطوق القانون لفظياً هو:

يتناسب مربع مدة دوران الكوكب حول الشمس طردياً مع مكعب متوسط مسافته من الشمس. ويمكن كتابة العلاقة (1-2) في شكل معادلة:

$ز^2 = ث \times م^3$ $\quad p^2 = cr^3$ (3-1)

---

* الرمز المستعمل في كتب المرحلة الثانوية السودانية(ف) بدلاً من (م).

حيث ث(c) = ثابت

وإذا أخذنا المسافة بين الأرض والشمس = 1 ومدة دوران الأرض حول الشمس = 1 سنة تصبح المعادلة (1-3):

$$ز^2 = م^3 \qquad p^2 = r^3 \qquad (4\text{-}1)$$

ويمكن صياغة المعادلة (1-3) بطريقة أخرى إذا عرفنا المسافة والمدة لكوكبين 1و 2، فمثلاً بالنسبة للكوكب 1 يكون:

$$ز^2_1 = م^3_1 \qquad p^2_1 = r^3_1 \qquad (5\text{-}1)$$

وبالنسبة للكوكب 2 يكون:

$$ز^2_2 = م^3_2 \qquad p^2_2 = r^3_2 \qquad (6\text{-}1)$$

أقسم المعادلة (1-5) على المعادلة (1-6):

$$\frac{ز^2_1}{ز^2_2} = \frac{م^3_1}{م^3_2} \qquad \frac{p^2_1}{p^3_2} = \frac{r^3_1}{r^3_2}$$

أو

$$\left[\frac{1ز}{2ز}\right]^2 = \left[\frac{1م}{2م}\right]^3 \quad \text{أو} \quad \left[\frac{r1}{r2}\right]^3 = \left[\frac{p1}{p2}\right]^2$$

ونستطيع حساب المدة أو المسافة لأي كوكب باستعمال المعادلة (1-4) ولكن في هذه الحالة تكون المدة بالسنوات، والمسافة بالوحدات الفلكية.[1]

[1] الوحدة الفلكية = المسافة بين الأرض والشمس (أي إذا اعتبرت المسافة = 1)

مثال (1):

أوجد المسافة بين المشتري والشمس إذا كانت مدة دورانه حولها 11.9 سنة؟

الحل:

$ز^2 = م^3$

$م^3 = (11.9)^2 = 141.61$

$م = \sqrt[3]{141.61} = 5.2$

وبذلك تكون المسافة 5.2× 148.8 مليون كلم = 774 مليون كلم

مثال (2):

أوجد مدة دوران عطارد حول الشمس بالأيام إذا كان متوسط بعده عن الشمس 57.7 مليون كلم؟

الحل:

$ز^2 = م^3$

$م = \frac{57.6}{148.8}$ وحدة فلكية = 0.387 وحدة فلكية

$م^3 = (0.387)^3 = 0.05796$

وبما أن:

$ز^2 = م^3$

$ز = \sqrt{0.05796} = 0.241$ سنة

$ز = 0.241 \times 365.25 = 88$ يوماً (لأقرب يوم)

ويعتبر جون كبلر رجلاً مخضرماً. ويمثل مرحلة التحول من علم الفلك القديم إلى علم الفلك الحديث. واستعمل أسلوب الاستقراء والاستنباط في التوصل إلى قوانينه الشهيرة.

1-1-27 جاليليو (1564-1642):

اطلع جاليليو على مؤلفات كبلر وكوبرنيك، واقتنع بوجاهة ما عرف بنظرية كوبرنيك، واهتم بدراسة حركة الأجسام وعالجها من زاوية تختلف عن الطريقة الارسطوطالية، إذ كان أرسطو يعتقد أن حركة الأجسام في الهواء تحدث نتيجة لدفع الهواء المستمر لها. ودرس جاليليو السطح المائل؛ ورفض فكرة أرسطو عن كبر سرعة سقوط الأجسام الكبيرة نحو الأرض. وبرهن أن الأجسام الصغيرة والكبيرة تسقط في وقت واحد إذا أطلقت في نفس الوقت ومن نفس الارتفاع.

ويرجع الفضل إلى جاليليو في صنع أول منظار فلكي استعمله في دراسة سطح القمر والمشترى والشمس والزهرة؛ فقد لاحظ المرتفعات والوهاد على سطح القمر ورأي أربعة من التوابع التي تدور حول المشترى، كما أنه رأي البقع الشمسية. واكتشف لأول مرة أن الزهرة تمر بأطوار شبيهة بأطوار القمر.

وقد أكدت مكتشفاته نظرية كوبرنيك مما أثار عليه حنق رجال الكنيسة واعتبرت آراؤه عن وجود جبال وأودية على القمر، ووجود بقع سوداء على سطح الشمس، نوعاً من الهرطقة، وذلك لاعتقاد الكنيسة بأن هذه الأجرام أجسام مقدسة وكاملة ومبرأة من كل عيب ونقص.

وأمر ألا ينشر أفكاره هذه، ولكن بالرغم من إبداء موافقته على أوامر الكنيسة فقد ظل يعمل في صمت. وفي 1632م نشر كتابه المشهور الذي يوضح فيه سخريته من الفكر الكنسي.

والكتاب عبارة عن حوار بين رجل عقلاني يؤمن بنظرية كوبرنيك، ورجل جاهل يؤمن بفكر أرسطو. وحوكم مرة أخرى ونفي إلى قرية نائية في إيطاليا حيث مكث فيها حتى مات. ولكن أفكاره وجدت طريقها إلى العلماء وعمت الوسط العلمي في أوروبا.

إن أهم ما قدمه جاليليو إلى العلم طريقته واتجاهه نحو التجريب لحل المشكلات العلمية مقتدياً في ذلك بمن سبقوه من علماء الحضارة الإسلامية أمثال ابن سينا وجابر بن حيان والرازي. ويكون بذلك قد وضع العلوم في أوروبا في مسارها الصحيح، وساعد بذلك في ازدهار

النهضة العلمية. وساعدت أفكاره أن يتوصل نيوتن إلى صياغة قوانين الحركة في شكل معادلات رياضية بسيطة.

1-1-28 اسحق نيوتن (1643-1727م):

اهتم نيوتن بالعمل في حقلي الميكانيكا والبصريات. وسجل أفكاره في كتابه الشهير "الأساسيات" (The Principia) في عام 1687م. وتتجلى عبقرية نيوتن في مقدرته على تبسيط القوانين العلمية وإدراك تعميماتها التطبيقية. وتعتبر أهم منجزاته في الميكانيكا صياغة القوانين الثلاثة للحركة رياضياً. كما أنه عرف مفهوم القوة والكتلة بصورة أوضح. ونورد فيما يلي تلخيصاً لهذه القوانين:

1-1-28-1 قوانين الحركة:

القانون الأول للحركة:

يظل الجسم على حالته من السكون أو الحركة المنتظمة في خط مستقيم إلا إذا تعرض إلى قوة خارجية.

ويعنى ذلك أن الجسم الساكن لا يتحرك إلا إذا عملت عليه قوة كافية لزحزحته عن مكانه. ويظل في حركته المنتظمة في خط مستقيم إلا إذا عملت عليه قوة لتغيير سرعته واتجاهه. ولعل سائل يقول لماذا تقف الأجسام من تلقاء نفسها إذا حركناها؟ والجواب على ذلك سهل ميسور. فعندما تحرك الجسم على سطح ما تتغلب على قوة الاحتكاك بينه وبين السطح. وقوة الاحتكاك تظل تعمل ضد اتجاه الحركة للجسم طالما كان متحركاً. وتقلل هذه القوة من حركة الجسم حتى يتوقف كلية.

القانون الثاني للحركة[1]:

عندما يتعرض جسم إلى قوة خارجية تتغير سرعته ويتسارع أو يتباطأ (ويطلق على التسارع العجلة. وهو معدل تغير السرعة)، وتتناسب العجلة طردياً مع القوة العاملة على الجسم وعكسياً مع مقدار كتلته. ويكون اتجاه العجلة دائماً في اتجاه القوة التي تحدثها.

---

[1] ولا يفوتنا أن نذكر أن لقوانين الحركة -حسبما صاغها نيوتن - حدوداً تعمل فيها. وهي أن تكون سرعة الأجسام أقل بكثير من سرعة الضوء فإذا اقتربت سرعة الأجسام المتحركة من سرعة الضوء يحدث خلل في القوانين. لأنها تفترض ثبات الكتلة ومطلقية الزمن وهما كميتان تعتمدان على سرعة الأجسام وفقاً لنظرية أينشتاين.

ويمكن صياغة هذا القانون رياضياً:

$$\text{ق} = \text{ك} \times \text{جـ} \qquad \left[F = cm\right] \qquad (7\text{-}1)$$

أو

$$\text{جـ} = \frac{\text{ق}}{\text{ك}} \qquad C = \left[\frac{F}{m}\right]$$

حيث ق = القوة الخارجية المؤثرة على الجسم.

ك(m) = كتلة الجسم

جـ (C)= التسارع على القوة العاملة عليه.

ووحدات قياس القوة هي الداين والنيوتن:

والداين هو القوة اللازمة لتغيير سرعة جسم كتلته جرام واحد - بمقدار سنتمتر واحد في الثانية الواحدة.

أما النيوتن فهو القوة اللازمة لتغيير السرعة بمقدار متر واحد - في الثانية الواحدة على كتلة تساوى كيلو جراماً واحداً.

واستطاع نيوتن أن يبرهن أن عجلة الجسم الذي يدور حول مركز في مسار دائري تساوي:

$\frac{\text{ع}^2}{\text{نق}}$ وبذلك تكون القوة الطاردة = ك جـ = $\frac{\text{ك ع}^2}{\text{نق}}$ $\qquad Cm = \left[\frac{mv^2}{r}\right]$

حيث ع (v)= سرعة الجسم، و م(r) = نصف قطر الدائرة، وك (m)= كتلة الجسم الدائر.

<u>القانون الثالث للحركة:</u>

لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه.

والأمثلة المؤيدة لهذا القانون كثيرة - منها على سبيل المثال لا الحصر - انطلاق الرصاصة من البندقية يقابله حركة عنيفة للبندقية عكس اتجاه حركة الرصاصة. وحركة البندقية هي رد

فعل. والفعل هو انطلاقة الرصاصة. ومثال آخر لذلك - عند القفز من مركب صغير يتحرك المركب عكس (رد الفعل) اتجاه القفز (الفعل).

وتعمل الطائرات النفاثة والصواريخ على مبدأ رد الفعل. إذ تندفع الغازات المتحركة بسرعة عالية من خلال فتحة صغيرة (الفعل) محدثة حركة جسم الصاروخ أو الطائرة (رد فعل) عكس اتجاه حركة الغازات المندفعة خلال الفتحة الصغيرة. وقد ذكرنا من قبل فكرة هذه القوانين قد سبقه عليها ابن سينا وأبو البركات والرازي.

2-28-1-1 قانون الجاذبية:

ومن أهم أعماله صياغة قانون الجذب الكوني رياضياً والذي يسمى أيضاً قانون الجاذبية أو قانون الجذب الكوني. وتتجلى عبقرية نيوتن هنا في مقدرته الفائقة للربط بين سقوط الأجسام نحو سطح الأرض وحركة القمر حول الأرض. إذ رأي أن كلتا الظاهرتين تعمل بقانون واحد. وهو نفس القانون الذي يحكم حركة الكواكب حول الشمس.

ويعتبر قانون الجذب الكوني من أقوى الأدلة على وحدة القوانين الكونية، إذ إنه ينطبق على كل الأجسام في الوجود صغيرها وكبيرها. وعلى المادة في كل حالاتها كما أشار على ذلك الإمام الرازي من قبل.

كل جسم يجذب الجسم الآخر بقوة تتناسب طردياً مع مضروب كتلتيهما، وعكسياً مع مربع المسافة التي تفصلهما.

كما هو واضح من عمومية القانون أنه لا يفترض وجود وسط تعمل فيه القوة، كما أن وجود وسط لا يؤثر على القوة، وهناك متغيران فقط هما المسؤولان عن مقدار القوة وهما كتل الأجسام والمسافة التي تفصلها.

وقوة الجذب الكوني موجودة أو (التثاقل) بين أي جسمين. ولكننا لا نشعر بها لصغرها بين الأجسام العادية.

ونستطيع وضع القانون في العلاقة الرياضية:

$$F \propto \left[\frac{m_1 m_2}{r^2} \right] \qquad \text{ج} \propto \frac{\text{ك}_1 \text{ك}_2}{\text{م}^2} \qquad (8\text{-}1)$$

حيث:

ق(F) = القوة بين الجسمين

ك1(m1) = كتلة الجسم الأول

ك2 (m2) = كتلة الجسم الثاني

م(r) = المسافة بين مركزي ثقل الجسمين

ويمكن تحويل العلاقة (1-8) إلى معادلة

$$F = G \times \left[\frac{m_1 m_2}{r^2}\right] \qquad (9\text{-}1) \qquad \text{ق} = \text{ج} \times \frac{\text{ك}_1 \text{ك}_2}{\text{م}^2}$$

و ج هنا عبارة عن كمية ثابتة. ويمكن قياسها باستعمال ميزان حساس. ويستعمل لهذا الغرض ميزان كافندش الحساس. وفي هذا الميزان تقرب كتلة كبيرة من كتلة صغيرة وتحسب القوة بين الجسمين بمعرفة المسافة التي تفصلهما.

ومن المعادلة (1-9):

$$G = \left[\frac{Fr^2}{m_1 m_2}\right] \qquad (10\text{-}1) \qquad \text{ج} = \frac{\text{ق} \times \text{ف}^2}{\text{ك}_1 \text{ك}_2}$$

والمتغيرات على الطرف الأيسر من المعادلة (1-10) معروفة. ولذلك يمكن معرفة ج وهو يساوى داين

$$\text{ج} = 6.67\times10^{-8} \frac{\text{داين. سم}^2}{\text{جم}^2} \text{ أو } 6.67\times10^{-11} \frac{\text{نيوتن. متر}^2}{\text{كجم}^2}$$

وبمعرفة ثابت الجاذبية يمكن حساب كتلة الأرض إذا علمنا قوة الجاذبية على كتلة صغيرة ك. وهكذا يمكن معرفه كتلة الأرض من معرفة عجلة الجاذبية الأرضية. (د) (g) وتساوى الأخيرة 980 سم/ثانية/ثانية.

وباستعمال قانون الحركة الثاني:

ق = ك1 × د وهى القوة الجاذبة على الكتلة ك1. وإذا اعتبرنا أن كتلة الأرض ك2 فإن القوة الجاذبة بين كتلة الأرض ك2، والكتلة ك1 تساوى:

$$\frac{\text{ج ك}_1 \times \text{ك}_2}{\text{م}^2}$$

أو ك$_1$ د = ج $\frac{\text{ك}_1 \text{ ك}_2}{\text{م}^2}$ (11-1) لأن القوتين متساويتان

أو د (g) = $\frac{\text{ج ك}_2}{\text{م}^2}$

ك$_2$ = $\frac{\text{د م}^2}{\text{ج}}$

م = نصف قطر الأرض = 6.38 810 x سم

ك$_2$ = $\frac{(6.38 \times 10^8)^2 \times 980}{6.67 \times 10^{-8}}$ = 5.98×10^{27} جرام

أو بالتقريب = 6×10^{27} جم

ك$_2$ = 6×10^{21} طن

7-1 الأسئلـة

1. ما هي الدوافع التي جعلت القدماء يهتمون بعلم الفلك؟
2. اذكر أهم مساهمة قدمها الصينيون لعلم الفلك؟
3. ما هو الفرق بين أفكار البابليين والمصريين الفلكية؟
4. أذكر اسم العالم المسلم الذي أشار أولاً بكروية الأرض؟ واذكر اسم الإغريقي الذى أشار إلى كروية الأرض؟
5. ما هو تصور فيلولوس للكون؟
6. لماذا كان اليونانيون يفترضون مسارات دائرية للكوكب؟
7. ما هو وجه التشابه بين نظام ابولونيوس وبطليموس الكونيين؟
8. ما هي أهم مساهمة قدمها العرب والمسلمون في مجال علم الفلك؟
9. لماذا تزداد سرعة الكوكب عندما يقترب من الشمس أثناء دورانه حولها؟
10. أوجد الاختلاف المركزي لمسار كوكب إذا كانت أبعد نقطة من أحد البؤرتين60 مليون ميل، وأقرب نقطة منها40 مليون ميل؟
11. إذا كان قمر صناعي يدور حول الأرض في مدة ساعتين. أوجد متوسط بعده عن الأرض. (يدور القمر الطبيعي حول الأرض في 27.3 يوماً ومتوسط بعده منها 384000 كلم).
12. يدور أحد أقمار زحل على بعد مليون واحد كلم في حوالى 12 يوماً. فكم مدة دوران قمر آخر يدور على بعد 13 مليون كيلو متر؟
13. إذا كانت عجلة جاذبية القمر 162سم/ثانية/ ثانية وقطره حوالى 3500 كلم

أوجد كتلة القمر إذا كان ثابت الجاذبية 6.67×10^{-11} $\frac{\text{نيوتن - متر}^2}{\text{كجم}^2}$

14. لم يكن كوبرنيك أول من نادى بالنظام الشمسي الحديث، ناقش هذه العبارة موضحاً لمن يرجع الفضل في ذلك.
15. برهن أن الثابت في قانون كبلر الثالث

$$\text{ث} = \frac{\text{ج ك}}{4\pi^2}$$

حيث ك = كتلة الشمس

ج= ثابت الجذب الكوني

π = النسبة التقريبية

16. احسب الثابت في السؤال (15) أعلاه علماً بأن كتلة الشمس = 1.991×10^{30} كجم.

وثابت الجذب الكوني (ج) = 1.67×10^{-11} نيوتن.م^2 كجم^2

الفصل الثاني

2- صورة الكون

إن رسم صورة واقعية للكون يقتضى معرفة الوحدات الصغيرة التي يتكون منها. ولسوء الحظ إننا لا نعرف على وجه التحقيق كل هذه الوحدات. فنحن نعرف شيئاً لا باس به عن المجموعة الشمسية. وإلى عهد قريب (الثمانينيات من القرن الماضي) فإن الإنسان لا يعلم بوجود مجموعات شمسية خارج نطاق مجموعتنا الشمسية. بيد أن التفكير في وجود مجموعات شمسية أخرى ضارب في القدم للاعتقاد السائد بأن مجموعتنا الشمسية ليست فريدة في هذا الكون الواسع الذي يضم مليارات النجوم بل مليارات المجرات. وهذا مما دفع علماء الفلك للبحث عن عوالم أخرى. كذلك فإن قصص الخيال العلمي حافلة بالحديث عن عوالم أخرى.

وتحقق ذلك بفضل تقدم تقنية صناعة تطوير الأجهزة العلمية. فقد تحقق ذلك في بداية العقد الأخير من القرن العشرين عندما اكتشف العلماء أجساماً تدور حول نجوم. ففي عام 1991م اكتشف جسمان يدوران حول نابض يحتضر (dying pulsar). ومن ثم توالى البحث عن عوالم أخرى. وقد وصل عدد الكواكب المكتشفة خارج المجموعة الشمسية حتى عام 2005م قرابة المئتين. والعدد يتوقع أن يتزايد بصورة مطردة: فقد اكتشف في شهر أغسطس 2005م وحده سبعة كواكب خارج المجموعة الشمسية.

وتجدر الإشارة إلي أن معرفة الوحدات التي تتكون منها المجموعة الشمسية تساعدنا في رسم صورة تقريبية للكون. وسنعرض في الأسطر التالية إلى أنواع الأجسام الفلكية التي تكون المجموعة الشمسية. ولن نتعرض للتفاصيل في هذا الفصل لأن غرضنا هنا التعرف على الأنواع وليس دراسة هذه الأجرام. وسيخصص الفصل التالي لمثل هذه التفاصيل.

2-1 أنواع الأجسام الفلكية في المجموعة الشمسية

2-1-1 الشمس

وهى عبارة عن جسم من غازات ملتهبة في درجات حرارة عالية جداً. وهي في ذلك تشبه بقية النجوم.

والشمس هي الجسم الوحيد في المجموعة الشمسية الذى لديه المقدرة على إنتاج الطاقة. وتأتى هذه الطاقة نتيجة تفاعلات نووية. وذلك بتحويل جزء من مادتها إلى طاقة.

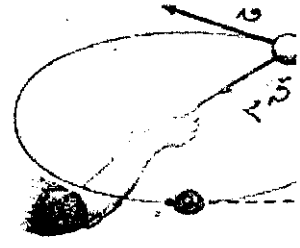
وكتلة الشمس كبيرة جداً إذا قورنت ببقية الأجسام الأخرى في هذه المجموعة؛ وتفوق كتلتها جميع كتل الكواكب والأجسام الأخرى في المجموعة الشمسية، إذ لا تتعدى كتلة الكواكب والتوابع مجتمعة أكثر من 2% من كتلة المجموعة الشمسية ككل. ويمكن القول أن كتلة المجموعة الشمسية تتركز في الشمس، كما تتركز كتلة الذرة في نواتها؛ وبذلك تكون الشمس بمثابة النواة بالنسبة للمجموعة الشمسية.

2-1-2 الكواكب

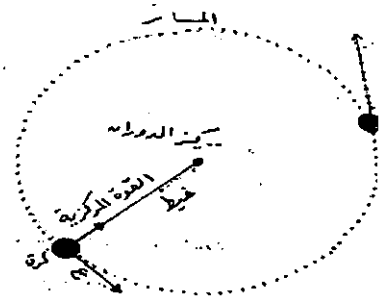
يعرف الكوكب بأنه جرم فلكي يدور حول نجم. وعلى ذلك فالكواكب أجسام فلكية تدور حول الشمس. وتختلف عن الشمس في أحجامها وكتلها. ولكن الاختلاف المهم هو أنها لا تستطيع إنتاج الطاقة ذاتياً. وما نشاهده من الضوء المنبعث منها لا يعدو أن يكون ضوءً منعكساً من سطحها. ومصدر الضوء أساساً هو الشمس.

ذكرنا في الفصل الأول، إن الكواكب تدور حول الشمس في مسارات إهليلجية. ويحكم حركتها قانون الجذب الكوني. ولكن كيف تحتفظ بمساراتها رغم قوة الجذب المشترك بينها وبين الأرض؟ لماذا لا تسقط على الشمس؟

إن حركة الكواكب هي المسؤولة عن احتفاظها بمساراتها. فالحركة في مسار منحن ينشأ منها دائماً قوة مركزية طاردة تساوى القوة المركزية الجاذبة بينها وبين الشمس.



شكل 2-1 أ (القوة المركزية الطاردة للكواكب)



شكل 2-1 ب

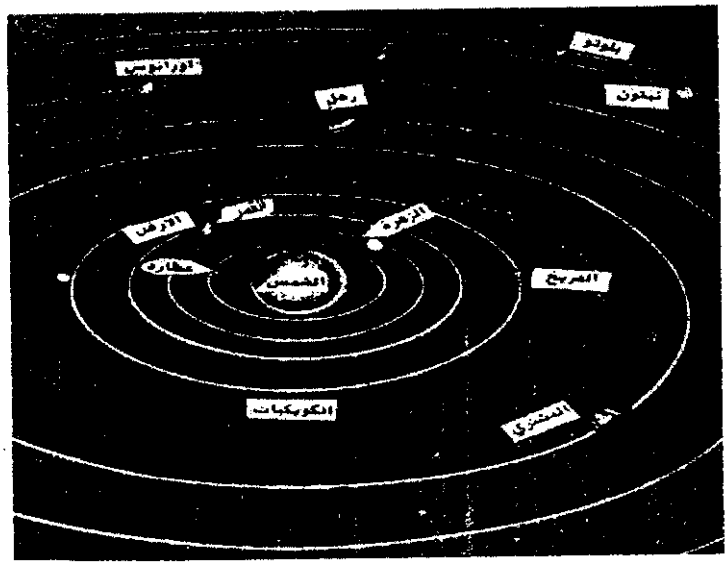
ويلاحظ أن الكواكب جميعها تقع في نفس المسطح تقريباً (يستثنى من ذلك بلوتو الذى يميل مداره 18° عن مسطح دوران بقية الكواكب). وتدور الكواكب حول الشمس عكس اتجاه عقارب الساعة. كما أنها جميعاً تدور حول محاورها في نفس الاتجاه ما عدا كوكبي الزهرة وأورانوس اللذين اكتشف أخيراً أنهما يدوران حول محوريهما عكس دوران الكواكب الأخرى.

ويطلق على المدة التي يستغرقها الكوكب ليدور مرة واحدة حول محوره "اليوم" ويقاس عادة بالأيام الأرضية. أما مدة دورانه حول الشمس فتسمى "السنة" وفيما يلى نعطى جدولاً يحوي أسماء الكواكب مرتبة حسب بعدها من الشمس:

جدول رقم (2-1)

المجموعة الشمسية

الكوكب	القطر(متوسط بالكيلومتر) (كلم)	البعد عن الشمس بملايين الكيلومترات (كلم)	الزمن الدوري حول الشمس	الزمن الدوري حول المحور	عدد الأقمار حول الكواكب في 2003/1/13م
عطارد	4880	58	88 يوما	59 يوما	-
الزهرة	12100	108	225 يوما	243 يوما	-
الأرض	12756	149.5	365.25 يوما	24 ساعة	1
المريخ	6794	228	678 يوماً	24.37 ساعة	2
المشترى	142880	778	11.86 سنة	9.88 ساعة	63
زحل	120920	1427	29.46 سنة	10.43 ساعة	34
أورانوس	47170	2888	84 سنة	10.75 ساعة	21
نبتون	45000	4504	164.8 سنة	15.8 ساعة	26
بلوتو	5800	5900	248.4 سنة	6 أيام	2



شكل 2-2

كيف تتعرف على الكواكب في السماء؟

1. الكواكب تعطى ضواءً ثابتاً بينما تتلألأ النجوم.
2. توجد الكواكب قريبةً من الخط الظاهري الذى تسير فيه الشمس من الشرق إلى الغرب التي يطلق عليه دائرة البروج، وذلك لقربها الشديد من الشمس، بينما توجد النجوم في كل أجزاء السماء.
3. يبدو الكوكب في المنظار الفلكي في شكل قرص بينما يبدو النجم في شكل نقطة صغيرة من الضوء لبعده الشاسع منا.
4. تتحرك الكواكب بين النجوم بينما تبدو النجوم ثابتة في مواضعها بالنسبة للنجوم الأخرى. وكما ذكرنا فإن النجوم تتحرك إلا أن حركتها لا تظهر في قبة السماء بسبب بعدها الشديد منا.

3-1-2 التوابع

وهى أجسام معتمة شأنها في ذلك شأن الكواكب. وتدور التوابع حول الكواكب ولذلك فهي بوجه عام أقل كتلة وحجماً من الكواكب. والتوابع تدور حول الشمس بطريقة غير مباشرة لأنها تدور مع كواكبها أثناء دوران الأخيرة حول الشمس. وعدد التوابع التي اكتشفت في مجموعتنا الشمسية حتى الآن (2006م) 149 تابعاً موزعة حسب الجدول رقم (2-1). وعدد التوابع المكتشفة في تزايد مستمر. والتابع الوحيد الذي وطئته أقدام الإنسان حتى الآن هو القمر تابع الأرض الذى تغنى بجماله الشعراء. ولكن رواد الفضاء لم يروه كذلك عن قرب وبدت لهم الأرض من هناك أجمل وألمع منه. واقتربت إحدى السفن الفضائية من المريخ. وصورت أحد قمرية، ودلت الصور الملتقطة منه أنه يشبه قمرنا بوهاده وجباله وفوهاته البركانية.

4-1-2 الكويكبات

ويطلق عليها البعض النجيمات. ولعل اسم الكويكبات أدق في معناه لأنها عبارة عن كواكب صغيرة. وليست نجوماً صغيرة بأي حال من الأحوال. ويبدو أن تعبير نجيمات قد أطلق عليها قبل معرفة طبيعتها الحقيقية.

والكويكبات عبارة عن كتل ضخمة من الصخور تدور حول الشمس في مسارات إهليليجية ينحصر معظمها بين مساري المريخ والمشترى.

5-1-2 المذنبات

هي أجسام فلكية تدور حول الشمس في مسارات كبيرة الاختلاف المركزي؛ وما يميزها ذنبها الطويل الذى يظهر عندما تقترب من الشمس. ويختفي عندما تبتعد عنها. وقد كان المذنب ولا يزال عند البعض -نذير شؤم وشر- غير أن المذنب جسم فلكي شأنه شأن الأجسام الفلكية الأخرى، وهو صغير الكتلة إذا قيس بالتوابع والكواكب.

6-1-2 الشهب والنيازك

وهي الأخرى أجسام صغيرة تدور في مسارات إهليلجية حول الشمس. وقد تقاطع مساراتها مسار الأرض. وتقترب من الأرض فتنجذب نحوها محتكة بغلافها الهوائي. فإذا كان الشهاب صغيراً تلاشى تاركاً ضوءً لحظياً وراءه في شكل شريط رقيق. أما إذا كان كبيراً فإنه يسقط على الأرض وعندئذٍ يقال عنه نيزك.

2-2 المجرات

هذه هي الأجسام الفلكية التي تنتظم مجموعتنا الشمسية. وكما يتضح من الجدول رقم (2-1) أنها تنتشر في حيز كبير من الفضاء يبلغ حجمه أكثر من 4×4010 سم3. وهو فراغ موحش إذا قارناه بعدد وكمية المادة المبعثرة فيه. ونلاحظ أن أبعد كوكب معروف[1] يبعد عن الشمس بمقدار 5874 مليون كيلومتراً. وهذه مسافة طويلة جداً وتستغرق الرحلة إليها من الشمس 670 عاماً إذا سارت الطائرة بسرعة 1000 كيلو متر في الساعة.

ورغم طول المسافة بالمقاييس الأرضية إلا أنها لا تساوى شيئاً بالنسبة لأقرب جار للشمس من النجوم إذا علمنا أن المسافة بين هذا النجم والشمس تبلغ 6440 مرة مثل المسافة بين (كوكب) بلوتو والشمس. وبمقاييسنا تستغرق الرحلة بين الشمس وأقرب نجم بالطائرة 6440×670=4314800 عام. أي حوالى 4 مليون سنة. هذا أقرب النجوم إلينا فما بال أبعدها عنا؟

من الواضح أن وحدة الكيلومترات لا تصلح لقياس المسافات بين النجوم. لذلك لجأ العلماء إلي وحدة أكبر تصلح لهذا الغرض: تلك هي السنة الضوئية (light year). ولا يغرنك تعبير سنة. فهي لا تمثل زمناً وإنما تمثل مسافة. وتعرف بأنها المسافة التي يقطعها الضوء بسرعة 300,000 كيلومتر في الثانية في سنة. وتبلغ هذه المسافة 9.46 × 10 12 كيلومتر. أو 9.46 مليون مليون كيلومتر أي نحو 9.5 مليار كيلو متر.

وإذا استعملنا وحدة السنة الضوئية نجد أن أقرب النجوم إلى الشمس وهو النجم قنطورس (أ) يبعد عنها 4.3 سنة ضوئية. أي الضوء يحتاج إلى حوالي أربعة أعوام ليصلنا من هذا النجم. ما أبعد النجوم!

عندما يقبل الليل ويخيم الظلام على الكون ونتطلع إلى السماء الصافية نرى أعداداً هائلة من النجوم حيثما اتجهنا. ما بعد هذا العدد الضخم منا؟ كما ذكرنا أن أقربها إلينا تفصلنا عنه مسافة 4.3 سنوات ضوئية. ومعنى ذلك أن النجوم الباقية أبعد من ذلك، بل إن بعضها يبعد عنا آلاف السنين الضوئية.

---

[1] أنظر الملاحظة عنه في الفصل الثالث.

لاحظنا في مجموعتنا الشمسية أيضاً أنها متباعدة عن بعضها البعض وعن المركز الذي تدور حوله، ولكن رغم ذلك يربط بينها نظام جذبي جعل وحداتها تسير في مسارات محددة؛ فهل تكون النجوم أيضاً نظاماً فيما بينها مثل النظام الذي يربط بين أفراد المجموعة الشمسية.

والجواب على هذا السؤال بالإيجاب. نعم هناك نظام يربط بينها. فالنجوم التي نراها بالعين المجردة تكون وحدة كبرى تسمى المجرة (galaxy). وتتكون المجرة من مئات الملايين من النجوم. وشمسنا إحدى هذه النجوم. وتسمى المجرة التي تنتمي إليها شمسنا مجرة الطريق اللبني (Milky way galaxy). أو مجرة درب التبانة. وتمتد هذه المجرة طولاً 100,000 سنة ضوئية وسمكاً 20,000 سنة ضوئية.

ولعلك لاحظت أيها القارئ شريطاً باهتاً يخترق السماء من الشمال إلى الجنوب. يسميه أهلنا في القرى "مجر الكبش" أو درب التبانة كما يسميه المصريون. وتخيله الناس عندنا بأنه أثر جر كبش الفداء لسيدنا إبراهيم عليه السلام، وتخيله المصريون بأنه تبن تبعثر من المزارعين الذين كانوا ينقلون التبن في هذا الطريق فترك أثره باقياً إلى يومنا هذا.

فقد نظر هؤلاء إلى السماء فحار بهم الدليل في معرفة أصل هذا الشريط فحاولوا تفسيره بشيء مقبول لديهم. وهو ما درج عليه الإنسان منذ بدء الخليقة؛ وهو سعيه الدؤوب لتفسير ما يسترعي نظره من الظواهر الكونية.

وهذا الشريط اللبني عبارة عن ملايين من النجوم أختلط ضوؤها لكثرتها وقربها الظاهري لنا، لأنها تقع في خط نظرنا. ويستطيع المنظار الفلكي فصلها للمشاهد فيراها نجوماً منفصلة عن بعضها البعض. وأول من أعطى وصفاً لشكل مجرتنا هو العالم الفلكي هيرشل. وقال أن درب التبانة ما هو إلا جزء من مجرتنا عندما ينظر إليه في اتجاه طول المجرة.

وتفسير ذلك أننا عندما ننظر إلى طرف المجرة الأبعد حيث يوجد عدد أكبر من النجوم يختلط ضوؤها مع بعض فيبدو للناظر في شكل شريط رقيق من الضوء ولكننا عندما ننظر في الاتجاهات الأخرى نرى عدداً قليلاً من النجوم وبعيدة عن بعضها البعض لأنها لا تقع كلها في خط النظر.

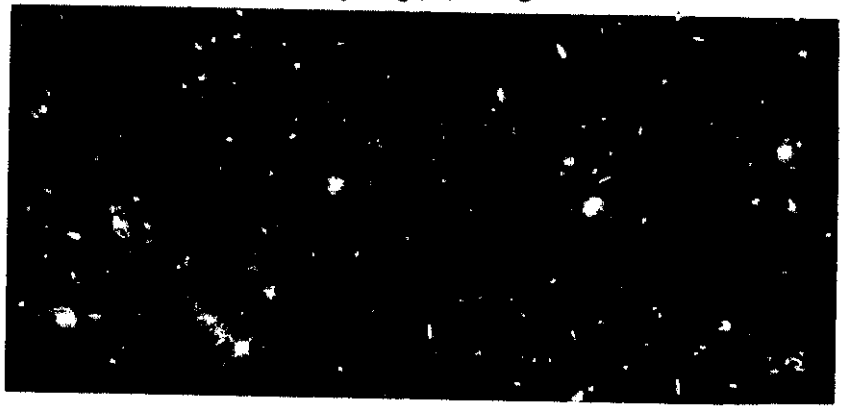
كان هيرشل يتفحص المساء بمنظاره، ويفكر في كشف خباياها. ومما شغل ذهنه كثيراً تلك السدم المنتشرة في السماء. وجرياً وراء تخمين مشاهداته كان يصنع المناظير الكبيرة باستمرار. وكان يلاحظ أن السدم يمكن فصلها إلى نجوم خافتة؛ ولكنه لاحظ أن بعض هذه السدم لا تنفصل إلى نجوم خافتة حتى باستعمال أكبر المناظير الفلكية. ومن هذه السدم سديم يقع في كوكبة المرأة المسلسلة (أنظر الشكل 2-1)؛ ومن هذا توصل هيرشل إلى أن مثل هذه السدم التي تتحدى المناظير الكبيرة، فتعجز عن فصل نجومها، لابد أن تكون بعيدة جداً عن مجرتنا. ومعنى ذلك أن كوننا يمتد إلى مسافات شاسعة في الفضاء إلى ما بعد مجرة الطريق اللبني.

وقاد هيرشل تفكيره إلى أن كل السدم البعيدة عنا عبارة عن مجرات مستقلة خارج مجرتنا. ولاحظ أن بعض هذه المجرات حلزونية الشكل وبعضها أهليلجي وبعضها يتخذ أشكالاً أخرى. وكشفت المناظير الحديثة أن هذه المجرات تتكون من نجوم مثل نجوم مجرتنا. وتوضح الأشكال من 2-3 إلى 2-5 بعض أنواع المجرات.

كم عدد هذه المجرات؟ لقد دلت المشاهدات على أن قبة السماء مليئة بالمجرات ويقدر عددها بمئات الملايين. وأقرب مجرة بالنسبة لمجرتنا مجرة المرأة المسلسلة (شكل 2-2) التي تبعد 750 ألف سنة ضوئية عن مجرتنا.

شكل 2-3 (مجرة المرأة المسلسلة)

شكل 2-4 (مجرة حلزونية)



شكل 2-5 (أخذت بتلسكوب هابل الفضائي ويوضح العديد من المجرات)

2-3 سمات ثلاث

2-1-7 الحركة

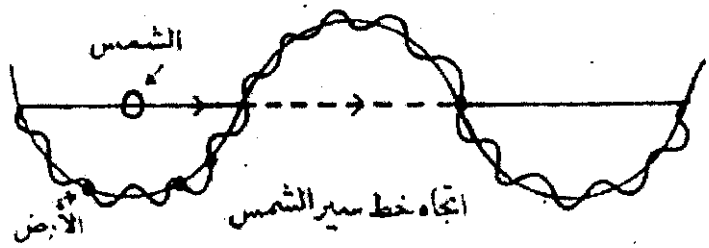
الحركة سمة واضحة في النظم الفلكية التي استعرضناها. ففي النظام الشمسي تتحرك الكواكب كل حول محوره، وتتحرك جميعاً حول الشمس في مسارات معلومة وتتحرك حول الكواكب أقمار، والأقمار تتحرك كل حول محورها. والشمس هي الأخرى تتحرك حول محورها مرة كل 25 يوماً. وتتحرك بين النجوم

بسرعة 96 كيلومتراً في الثانية. وكذلك تتحرك للنجوم الأخرى في مجرتنا ويمكن تشبيه حركة النجوم في مجرتنا بحركة سرب من النحل. إن السرب يتحرك سوياً وفي داخله أثناء ذلك

يتحرك أفراده في اتجاهات مختلفة والمجرة شأنها شأن السرب تتحرك في الفضاء بنجومها، ونجومها تتحرك داخلها بكل ما يتبعها من كواكب وما يتبع الكواكب من أقمار. وهكذا نرى أن كل الأجسام الفلكية في الكون متحركة لا تتوقف لحظة من زمان وهذا يتفق مع الآية الكريمة (وَهُوَ الَّذِي خَلَقَ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ كُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ)[1].

وهذا يوضح أن الأرض لا تعود إلى نفس مكانها في الفضاء ولا يعود القمر إلى نفس المكان، وما يحدث أن الأرض تعود لنفس الموضع بالنسبة إلى الشمس، فنقول إنها أكملت دورة واحدة. ويعود القمر لنفس موضعه بالنسبة إلى الأرض، فنقول إنه قد مضى شهر قمري.

ويلاحظ من الشكل 2-6 مسار الأرض حول الشمس منحن ومسار القمر منحن أكثر تعقيداً ولا يقاطع المسار الحقيقي نفسه أبدا. ولقد بسطنا هذا في نقاشنا عن مسارات الكواكب ليسهل فهمه. ويصدق المثل القائل "إنك لا تستطيع أن تقطع نفس النهر مرتين". وإذا عدلنا المثل بالنسبة للكون إنك لا تستطيع أن تقطع نفس المكان مرتين- كل ذلك نتيجة الحركة الدائمة لكل الأجرام الفلكية في الفضاء.



شكل 2-6 (خط سير الشمس والأرض والقمر في الفضاء)

ويوضح هذا الرسم أن الأرض والقمر يتحركان إلي اليمين بنفس السرعة التي تتحرك بها الشمس: أي 96 كلم/ث. بالإضافة إلي ذلك فإن الأرض تتحرك فتكمل دورة كاملة حول

[1] سورة الأنبياء الآية رقم (33).

الشمس ويكمل القمر 12 دورة حول الأرض. وبذلك تكون الأرض قد قطعت 9.4×10^{8} كلم حول الشمس وقطع القمر نحو 2.9×10^{7} كلم حول الأرض بينما تكون الشمس ومعها كل المجموعة الشمسية قد قطعت 3.0×10^{9} كلم في الفضاء (أحسب ذلك).

والحركة لا تقتصر على الأرض والنجوم والمجرات وإنما تنتظم الوحدات الصغرى التي تتكون منها كل الأجسام. فالجزيئات داخل المادة تتحرك، والإلكترونات في الذرات تتحرك حركة سريعة حول نوى ذراتها؛ بل إن النوى تتكون من جسيمات أصغر هي الأخرى في حركة دائمة.

إن الحركة سمة غالبة على الكون من أصغر وحدة فيه إلى أكبر وحدة. وبدون هذه الحركة ينهار كل النظام الكوني وتتلاشى الحياة من سطح الأرض.

2-1-8 الفراغ

رغم أن عدد النجوم يقدر بما يصل إلى 10^{20} نجم، فإن نسبة الفراغ تفوق ما يحتويه من مادة بكثير. فالنجوم تفصلها مسافات طويلة أقلها 4 سنوات ضوئية والمجرات تفصلها عن بعضها 750 ألف سنة ضوئية. مما يجعل كل متر مكعب من المادة يقابله 10^{22} متر مكعب من الفراغ. وهذه كثافة صغيرة ممعنة في الصغر. هذه كثافة المادة في المجرة، أما كثافتها في المجرة العظمى فأقل من ذلك بكثير.

وإذا انتقلنا إلى الأجسام، نجد أن هناك مسافات بين بلوراتها ومسافات بين جزيئاتها. وفي داخل الجزيئات هناك فراغ كبير داخل الذرة إذ كتلة الذرة مركزة في النواة ولا يمثل قطر النواة إلا 10^{-5} من قطر الذرة. أو نسبة حجم النواة إلى حجم الذرة تساوى 10^{-15} 1:10.

وإذاً فالذرة فراغ وبالتالي فإن السمة الغالبة على الكون هي الفراغ بدءاً من أصغر وحدة فيه إلى أكبر شيء فيه.

2-1-9 قصور معرفة الإنسان عن مجريات أحداث الكون

والسمة الثالثة تنطبق على الإنسان الذى هو جزء من الكون. إن معرفتنا لأجزاء الكون تعتمد على الضوء، وتعتمد على الموجات اللاسلكية أيضاً. وهما شكلان من أشكال الطاقة الكهرومغناطيسية. ولهذه سرعة محدودة وهي 300 ألف كيلومتر في الثانية الواحدة. وليس

هناك شيء مادي تفوق سرعته هذه السرعة طبقاً للنظرية النسبية. وإذاً فنحن نستعمل أسرع شيء مادي للاتصال بأطراف الكون.

وإذا أردنا أن نتصل لاسلكياً بكوكب مثل بلوتو نحتاج إلى 10.6ساعة. هذا إذا أرسل الرد بمجرد وصول رسالتنا. والرسالة إلى الشمس تستغرق حوالى 16 دقيقة ذهاباً وإياباً. وتستغرق 6 و8 سنة إلى أقرب نجم إلينا ذهاباً وإياباً. أما إذا أردنا أن نتصل بأبعد نجم في مجرتنا، فإن ذلك يستغرق 152 ألف سنة. وإذا حاولنا الاتصال بأقرب مجرة لنا فلابد من الانتظار 1500 ألف سنة قبل أن يصلنا الرد.

ماذا يعنى ذلك؟ أنه يعنى أن معلوماتنا عن مجريات الأمور في أطراف الكون، بل عن أقرب نجم لنا تكون دائماً غير مواكبة؟ إن ما نراه اليوم من نجم قنطورس(1) هو الضوء الذى انبعث منه قبل 3و4 سنوات. ولا نستطيع أن نجزم الآن ما جرى له إلا بعد مضي 3و4 سنوات.

وهذا ينطبق على كل النجوم المنتشرة في فضاء الكون. وكلما كان النجم أبعد عنا، كلما كانت معلوماتنا عنه أقدم وغير مواكبة. ومعلوماتنا عن أقرب المجرات إلينا وهي مجرة المرأة المسلسلة وهي المعلومات التي نعرفها عنها قبل 750 ألف سنة. وإذا حدث شيء لها فاختفت من الوجود لما أمكننا أن نعرفها. وربما يأتي من بعدنا ليعرف ذلك مما نخلفه من آثار ومخطوطات.

إن الإنسان لا يستطيع أن يعلم الغيب، بل لا يستطيع أن يعلم الحاضر في أجزئ الكون المترامية فالحاضر البعيد غيب بالنسبة لنا، سبحان الذى احتفظ بهذا العلم لنفسه، فلا يشاركه فيه أحد. إن هذا يعطي معنى أعمق للآية الكريمة: (وَفَوْقَ كُلِّ ذِي عِلْمٍ عَلِيمٌ)[1] فالذي يعلم مجريات الأمور في كل الكون وقت حدوثها هو خالق الكون وحده ولا أحد غيره، فإن علمه لا يحده مكان أو زمان.

[1] سورة يوسف الآية رقم (76).

4-2 الأسئلـة

1- أعط تعريفاً دقيقاً وموجزاً لكل من الآتي:

أ- الكوكب

ب- التابع

ج- النجم

2- أين تقع معظم الكويكبات؟

3- عرف السنة الضوئية-واحسب مقدارها بالكيلومترات؟

4- أعط وصفاً موجزاً للمجرة؟

5- لماذا يبدو درب التبانة كشريط أبيض للمراقب له من سطح الأرض مع أنه يكون جزءاً من مجرتنا ضمن النجوم الأخرى المكونة لها؟

6- الأرض مركز للكون. ناقش هذه العبارة لتوضح مدى صحتها أو خطئها.

7- افرض أن المجموعة الشمسية عبارة عن كرة ضخمة نصف قطر المسافة بين الشمس وبلوتو. أحسب كثافة المجموعة الشمسية إذا كانت كتلة الشمس وبقية الأجسام الأخرى في المجموعة الشمسية تساوى 2×10^{33} جرام (حجم أي كرة $\frac{4}{3}\times\pi\times$ نق^3 حيث نق = نصف القطر).

8- أن معرفة الأنسان لمجريات الأحداث في الكون تعتبر غير مواكبة. ناقش هذه العبارة.

9- لو توقفت حركة كوكب فجأة - فإلى أين يتجه؟ وإذا توقفت الجاذبية بينه وبين الشمس- فإلى أين يتجه؟

10- كيف تبدو الشمس والكواكب لراصد يدور حول نجم الشعري اليمانية؟

11- الحركة سمة ملازمة لكل ما في الكون من أجسام. ناقش هذه العبارة.

12- وضح لماذا يعتبر الفراغ سمة غالبة على الكون؟

الفصل الثالث

3- المجموعة الشمسية

يجدر بنا أن نعود مرة أخرى إلى مجموعتنا الشمسية بعد أن حلقنا في أرجاء الكون الفسيح. ونحاول دراسة مجموعتنا الشمسية بشيء من التفصيل كمثال للمجموعات النجمية الأخرى. وسنحصر دراستنا في هذا الفصل عن الأجسام التي تدور حول الشمس وسنعود مرة أخرى لدراسة الشمس باعتبارها مثالاً للنجوم في الفصل الخامس.

3-1 الكواكب:

لعله من الأفضل أن نقسم الكواكب إلى مجموعتين كبيرتين: الكواكب الداخلية وهي تلك الكواكب الموجودة داخل الدائرة التي محيطها مسار كوكب الأرض حول الشمس وتشمل عطارد والزهرة والمريخ والأرض. والكواكب الخارجية وهي التي تقع خارج الدائرة المذكورة، وتشمل المشترى وزحل وأورانوس ونبتون وبلوتو.

3-1-1 الكواكب الداخلية:

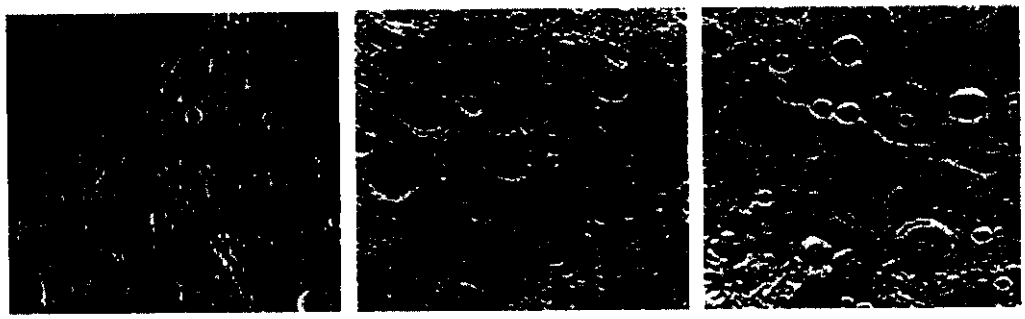
3-1-1-1 عطارد:

شكل 3-1 (سطح كوكب عطارد)

هذا أقرب الكواكب من الشمس. ويكمل دورته حولها في حوالى 88 يوماً. ويدور حول نفسه في 59 يوماً. ويتراوح بعده عن الشمس بين 46 و 70 مليون كيلومتراً ومساره ينحرف عن دائرة البروج بمقدار سبع درجات.

وكوكب عطارد من أصعب الكواكب مراقبة لقربه الشديد من الشمس. فكمية الضوء الساقط عليه كبيرة. كما أنه لا يمكث بعد غروب الشمس أكثر من نصف ساعة و لا يبقى قبل شروقها أكثر من نصف ساعة أيضاً. وهذا يعنى أنه لا يمكن أن يشاهد أبعد من الشمس أكثر من 28°. وقد ظنه قدماء الإغريق نجمين اثنين؛ لأنه يشاهد أحياناً مساء وسموه في هذه الحالة عطارد (Mercury) ويعني رسول الآلهة وعندما يشاهد صباحاً سمي أبولو (Apollo) ويعنى إله الشعر. ويتميز أيضاً إلى جانب ذلك بسرعته الكبيرة وهو أسرع الكواكب على الإطلاق في حركته حول الشمس وتتراوح سرعته بين 53 كيلومتراً في الثانية و43 كيلومتراً في الثانية بمتوسط 48كلم/ث وتغيّر السرعة يعزى إلى قربه وبعده عن الشمس بسب اختلافه المركزي الكبير حسب قانون كبلر الثالث.

والكوكب صغير جداً حجماً وكتلة إذا قورن ذلك ببقية الكواكب، وتغطى سطحه فوهات بركانية ومرتفعات شبيهة بتلك التي تغطى سطح القمر، ونتج عن ذلك ضعف مجاله الجذبي مما جعله لا يستطيع الاحتفاظ بغلاف جوي. والغلاف الجوي عامل مهم في جعل المدى الحرارى بين الليل والنهار صغيراً. ذلك لأنه يوزع الحرارة على كل أجزاء الكوكب بفضل تيارات الحمل. وتصل أعلى درجة حرارة على الوجه الذى يقابل الشمس أثناء النهار 427 درجة مئوية. وهي درجة حرارة تكفي لانصهار الرصاص. أما النصف الآخر (الليل) فتبلغ أدنى درجة حرارة فيه 183 درجة مئوية تحت الصفر.



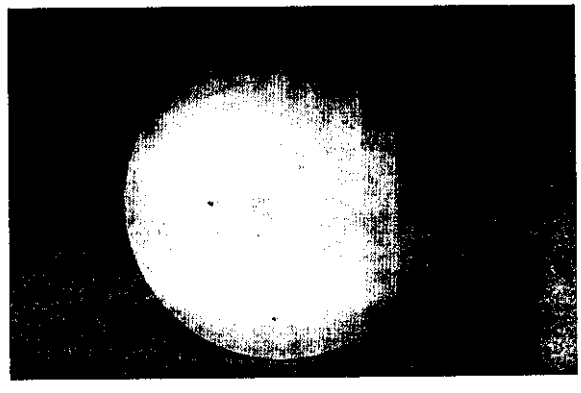
أ ب ج

شكل 3-2 (أجزاء من سطح عطارد)

إن ارتفاع المدى الحراري وعدم وجود غلاف هوائي على سطح عطارد جعل من المستحيل وجود ماء أيضاً. إن هذه الظروف غير مواتية لوجود أي شكل من أشكال الحياة المعروفة لدينا. ولذلك فلا مجال لوجود حياة على عطارد. لقد أرسلت السفينة مارنر10 التي دارت حول الكوكب ثلاث مرات في عامي 1974م و1979م.

كما أطلقت نحوه مركبة أو سفينة الفضاء "ماسنجر" عام 2004م ويتوقع أن تصله في عام 2011م.

3-1-1-2 الزُهَرَة:



شكل3-3

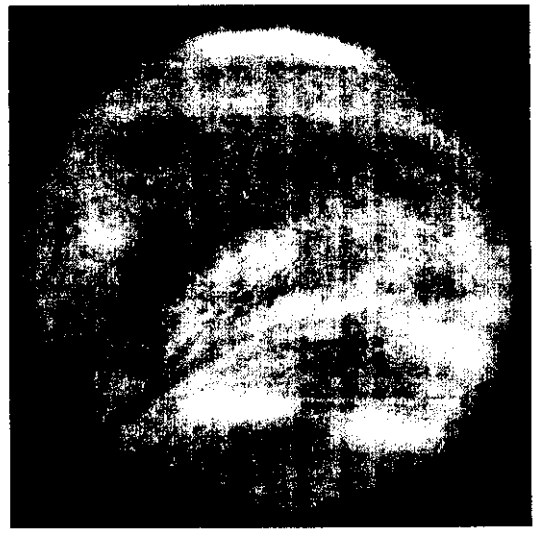
يعتبر كوكب الزهرة ألمع الكواكب على الإطلاق ولا غرو أن أطلق عليه قدماء اليونان اسم إله الجمال.

وتدل الإحصاءات على الجدول رقم (2-1) أن أبعاده تقترب من أبعاد الأرض من كتلة الأرض وقطره 95% من قطر الأرض ولهذا فقد أطلق عليه البعض اسم "توأم الأرض".

ويدور الكوكب حول الشمس في مدار يكاد يكون دائرياً، ويميل بمقدار ثلاث درجات عن دائرة البروج. ويكمل دروته هذه حول الشمس في 225 يوماً ويسير في مداره بسرعة 35 كلم/ث. وهذه هي سنته النجمية. أي المدة التي يكمل دورة واحدة حول الشمس. ولكن بسبب حركة الأرض حول الشمس فإننا لا نراه في نفس موضعه من الأرض إلا بعد حوالي 584 يوماً. أما طول يومه فيبلغ نحو 243 يوماً أرضياً.

ويشاهد الكوكب "كنجمة" مساء حوالي 292 يوماً ونجمة صباح حوالي نفس المدة والسبب في ذلك يرجع إلى موضعه بالنسبة للشمس والأرض. ففي بعض الأحيان يصلنا ضوؤه قبل الشروق فنراه كنجمة صباح وسموه في هذه الحالة الفسفور (الموضع أ في الشكل 3-3) ويصلنا الضوء في الموضع (ب) بعد الغروب ويكون نجمة مساء أما في هذه الحالة فسمي هيربرس (Herperus) ويمكن تطبيق هذا على كوكب عطارد أيضاً.

وبما أن الكوكب أقرب إلى الشمس من الأرض فإنه يستحيل أن يرى في كبد السماء ليلاً. حيث إنه لا يمكن أن تزيد الزاوية بينه وبين الشمس أكثر من 47 درجة غرب أو شرق موضع الشمس في السماء بالنسبة للأرض.



شكل 3-4 (صورة الزهرة التي التقطها المستشكف 1979)

وأطول مدة يبقاها في السماء بعد الغروب لا تتعدى ثلاث ساعات. ويعرف القرويون في السودان هذا الكواكب ويسمونه "نجمة الضيف" كناية -عن أن الضيف الذى يأتي بعد غروب الزهرة في الليل لا يعطي العشاء وإنما يوفر له السرير فقط. أما إذا جاء قبل ذلك فيوفر له الطعام والسرير معاً.

وكما يلاحظ القارئ أن الضيف الذي يأتي بعد غروب الزهرة عند بداية دورتها مظلوم لأنها تغرب بسرعة بعد غروب الشمس. أما عندما تكون في أعلى موضع فتغرب بعد ثلاث ساعات من غروب الشمس.

لقد لاحظ العلماء خلال المنظار الفلكي أن هذا الكوكب يمر بأطوار شبيهة بأطوار الهلال إلى بدر ثم يبدأ مرة أخرى في الاضمحلال حتى يختفي، ويمر بنفس الأطوار مرة أخرى. ويكون الكوكب في بداية أطواره عندما يكون عند أقرب نقطة من الأرض. وعندما يصبح في طور الهلال نراه من الأرض أكثر لمعاناً من أية نقطة في مساره حول الشمس وذلك بعد 36 يوماً من بداية طوره الأول. أما في حالة طور البدر فإنه يكون في أبعد نقطة من الأرض، ولا يرى هنا لأن الشمس تقع بينه وبين الأرض. ولمعرفة الأسباب راجع الجزء الخاص بأوجه القمر في الفصل الرابع.(انظر الشكل 3-5)

شكل 3-4 (أطوار كوكب الزهرة)

ذكرنا أن هذا الكوكب هو ألمع الكواكب على الإطلاق ومن لمعانه فقد يكون ظلالاً في الليالي المظلمة بعيداً عن أنوار المدينة؛ هذا عندما يكون أكثر لمعاناً. ولعل سائلاً يسأل ما سبب هذا اللمعان.

تقول بعض النظريات إن سطح الكوكب مغطى بطبقة كثيفة من السحب البيضاء التي تعكس قدراً كبيراً من الضوء الساقط عليه من الشمس. وهذا الضوء المنعكس جعل من الصعب قياس طول يومه عن طريق رصد المعالم على سطحه، ولكن أمكن ذلك عن طريق الرادار.

وجرت محاولات كثيرة لدراسة سطح الكوكب لمعرفة إمكانية وجود حياة؛ عليه ففي 1961/6/11م أرسلت مركبة فضائية روسية نحو الزهرة. وعندما وصلت إلى أقرب نقطة منه في 1967/10/18م ألقت المركبة أجهزة علمية في مظلة. وأوضحت المعلومات المنبعثة من الأجهزة أن معظم غلافه الجوي مكون من ثاني أكسيد الكربون (90%-95%)، ويكون بخار الماء حوالى واحد في المائة. وتتراوح نسبة الأكسجين بين 0.4% و0.8% من الغلاف الجوي. ولم تكتشف الأجهزة وجود نتروجين، ولكن أجهزة الرائد (1978م) كشفت عن وجود نتروجين في حدود 1 إلى 3% وبخار الماء تحت السحب تتراوح بين 0.4% و10.4%. ويبلغ الضغط الجوي على سطح الزهرة تسعين مرة مثل الضغط الجوي على سطح الأرض وتبلغ سرعة الرياح في الطبقات العليا 350 كلم في الساعة.

وفي نفس الوقت أرسلت سفينة فضائية أمريكية اقتربت حوالي 400 كيلومتر من سطحه في 1967/10/9م. وأوضحت المعلومات المستقاة من أجهزتها أنه ليس للكوكب مجال مغنطيسي، كما أن طبقات الجو العليا عليه تحتوي على أيدروجين مؤين.

أما السفينة الأمريكية مانر(10) التي اقتربت من سطحه في 1973/12/3م فقد أوضحت أن الكوكب يدور حول محوره عكس اتجاه دوران بقية الكواكب في المجموعة الشمسية. كما كشفت أجهزتها عن وجود أكسجين ذري وأيدروجين في طبقات الجو العليا عليه. وقد أيدت ذلك سفينة الفضاء الأمريكية المسماة الرائد (ديسمبر 1978م). وكشفت هذه السفينة عن وجود حبيبات من حامض الكبريتيك في الطبقات العليا من جو هذا الكوكب. كما أشارت بوجود كميات بسيطة من غاز النيون والأرجون.

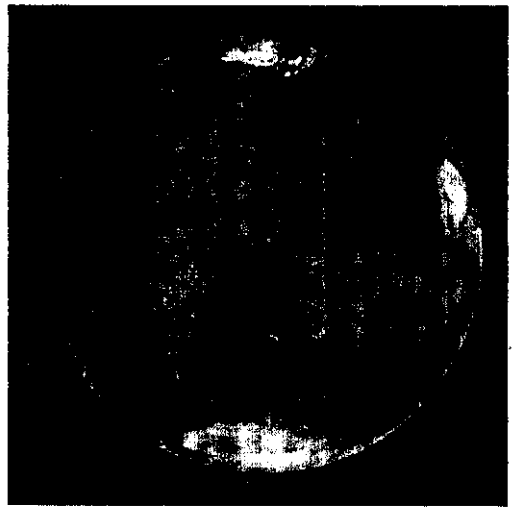
ولا زالت المعلومات ترد من الكوكب إلى الأرض، ومنها ما أرسلته المركبة الأمريكية التي هبطت برفق على الكوكب في أكتوبر 1975م. وتدل معلوماتها على أن سطح الكوكب تغطيه الصخور والمنخفضات. وهو لا يختلف في ذلك عن القمر. ودلت المعلومات أن الضوء يستطيع أن يخترق جوه. وبلغ عدد السفن الفضائية التي أرسلت إلى كوكب الزهرة بنهاية القرن العشرين(20) مركبة. ومنها المركبة الفضائية المسماة ماجلان التي التقطت أجهزتها صوراً رادارية دقيقة لسطح الكوكب وتدل هذه الصور على وجود أخاديد مما ينم عن نشاط بركاني قديم؛ بل تدل أحدث الدراسات على نشاط بركاني حديث في بعض أجزاء الكوكب.

وبما أن الزهرة أقرب إلى الشمس من الأرض فإن كمية الإشعاع الشمسي الذى يسقط على وحدة على الزهرة يبلغ نحو ضعف الإشعاع الذي يصل إلى نفس وحدة المساحة من الأرض. ولذلك يتوقع أن تكون درجة حرارة سطحها أعلى من درجة الحرارة على الأرض. ودلت المعلومات التي أرسلتها سفينة الفضاء الروسية التي سبق ذكرها من قبل - وسفينة الفضاء الأمريكية مارنر(10) 1961م، على أن

درجة الحرارة في حدود 330 درجة مئوية على السطح. أما درجات الحرارة في الطبقات العليا فتتراوح بين 27 تحت الصفر إلى 45 تحت الصفر ولكن سفينة الفضاء السوفيتية فنيرا (9) قد وجدت درجة الحرارة 485م وكان ذلك في أكتوبر/1975.

إن المعلومات المتوافرة لدينا حتى الآن تدل على عدم إمكانية وجود حياة متقدمة على الزهرة. أن عدم وجود الأكسجين والماء بالكميات الكافية، وارتفاع درجة حرارة السطح، ظروف غير مواتية لوجود حياة كما نعرفها على الأرض. وقد يوجد شكل بدائي من الحياة في طبقات الجو حيث تكون درجة الحرارة مناسبة ولكن وجود مخلوقات ذكية كالإنسان تعد في حكم المستحيل.

3-1-1-3 المريخ:



شكل 3-5

يأتي المريخ في المرتبة الثانية في اقترابه من مسار الأرض حول الشمس ويختلف عن الزهرة في أنه أسهل في المراقبة لأنه يمكن أن يشاهد طوال الليل.

ويدور الكوكب حول الشمس في 687 يوماً. ويستطيع المشاهد على الأرض أن يراه في نفس الموضع بعد مضى 780 يوماً. ومساره أقل استدارة من مسار الزهرة والأرض. ويبلغ اختلافه المركزي 0.93

ويدور المريخ حول محوره في 24 ساعة ونصفاً، ويميل المحور بمقدار 25 درجة ويتجه نحو نجم الذنب من كوكبة الإوزة. وقد ساعدت هذه الظروف على

وجود فصول على المريخ. ولكن فصوله أطول من الفصول على الأرض بمقدار 50%. ونسبة لكبر اختلاف مساره المركزي فإن قربه عن الشمس وابتعاده عنها يؤثران في طول الفصول. ويتميز المريخ بلونه الأحمر اللامع، ولذلك يسمى أحياناً بالكوكب الأحمر، وقد لقبه اليونانيون بإله الحرب لأن اللون الأحمر يوحي بلون الدم. ويعتقد الآن أن سطح الكوكب مغطى بأكاسيد الحديد التي تعطى عادة مثل هذا اللون.

أ- غلافه الجوي:

نسبة لصغر كتلة الكوكب فلم يحتفظ بغلاف جوي سميك كالغلاف الجوي على الأرض؛ ويبلغ الضغط الجوي على السطح أقل من 1% من ضغط الغلاف الهوائي على الأرض.

وأول الغازات التي اكتشفت في الغلاف الجوي للمريخ هو ثاني أكسيد الكربون؛ ويمثل 95% من غلافه الجوي. ودلت الدراسات المستقاة من دراسة جوه على وجود كميات بسيطة جداً من بخار الماء (0.03%)، وكميات من النتروجين (2.7%). كذلك يوجد الأرجون (1.6%)، كما دلت الدراسات على وجود كميات بسيطة من الأكسجين في حدود 0.15%.

لقد ذكرنا أن للكوكب فصولاً، ولذلك نتوقع اختلافاً في درجات الحرارة مع مرور الوقت، وفي المناطق المختلفة، وعلى خط الاستواء تبلغ أعلى درجة حرارة 27 درجة مئوية (أثناء النهار). أما في الليل فتنخفض إلى 73 درجة تحت الصفر. وعلى القطب الشمالي قل أن ترتفع درجة الحرارة أكثر من 73 درجة تحت الصفر. أما في القطب الجنوبي فتتراوح بين صفر و100 درجة مئوية تحت الصفر.

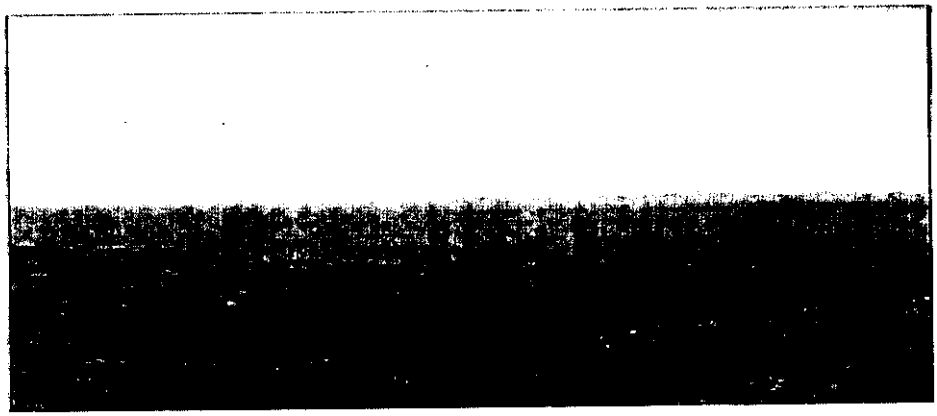
ب- التضاريس:

نسبة لبعد المريخ عن الأرض كان من الصعب على عدسات التصوير أن توضح تفصيلات على سطحه. ولكن بالرغم من ذلك فقد استطاعت المركبة الفضائية مارنر(9) أن تلتقط صوراً يستدل منها على أن الجهة التي وجهت لها العدسة ناعمة المظهر، انظر الشكل 3-7 الذي يوضح صورة ملتقطة بواسطة المركبة الفرصة لوكالة ناسا واكتشفت مارنر أيضاً أربع فوهات بركانية، يعتقد أنها خامدة. وعندما وجهت العدسات نحو قمري المريخ فوبوس وديموس كشفت عن وجود فوهات من أثر النيازك على سطح فوبوس.

وكانت مركبة مارنر(9) مزودة بأجهزة علمية لكشف ما إذا كان لدى الكوكب مجال مغنطيسي وجاءت النتيجة سلبية.

وكانت أول مركبة فضائية تزور كوكب المريخ هي مارنر(4) في عام 1965م. وتلتها العديد من المركبات: ومنها المركبة المسمى المريخ (1). وهذه المركبات لم تنزل على سطح الكوكب. غير أن أول مركبة تحط على سطحه كانت في عام 1976م. وفي 1997م حطت عليه المركبة المسماة كاشفة الطريق (Pathfinder). وفي عام 2004م حط على ظهر الكوكب مسباران لاكتشاف المريخ اللذين أطلق عليهما الشبح (Spirit) والفرصة (Opportunity)؛ وكلاهما التقط العديد من الصور الجيولوجية لسطح الكوكب وقامتا بإرسالها إلى المحطات الأرضية.

وهناك ثلاث كاشفات مدارية تدور حالياً (2004م) حول المريخ. توضح الصور الملتقطة وجود مرتفعات وفوهات بركانية وسهول عميقة. وكان الغرض من المركبتين المشار إليهما اكتشاف ما إذا كان هناك ماء سائل على الكوكب في ماضي حياته البعيد. ولذلك فقد هبطتا في موضعين مختلفين لتحقيق ذلك.



شكل 3-6 (صورة ملتقطة بواسطة الفرصة وتوضح مرتفعات وفوهات بركانية)

وقد أرسلت وكالة ناسا (الأمريكية) المركبة كاشفة الطريق، وهى مزودة بإنسان آلي لإجراء تجارب تتعلق باكتشاف وجود الماء السائل على سطح الكوكب حالياً وقديماً. وقد هبطت هذه المركبة على المريخ في 1997/7/4م. وسبق ذلك جهد أمريكي وروسي مشترك في عام 1996م لنفس الغرض.

وتلا ذلك مركبة المريخ اكسبريس التي أرسلت العديد من الصور لسطح الكوكب. كذلك أرسلت مركبة الشبح ومركبة الفرصة المشار إليهما.

شكل 3-7 (فوهة بركانية على المريخ التقطت بواسطة مركبة الفرصة)

ومن أظهر المعالم على المريخ القلنسوتان البيضاويتان على القطبين الشمالي والجنوبي انظر الشكل (3-6)، وكان البعض يظنهما ماء متجمداً، خاصة بعد ملاحظة مناطق تبدو داكنة في فصل الربيع، فقد ظن هؤلاء أن الجليد ينصهر في هذا الفصل فينبت الزرع في المناطق الداكنة. ولكن تحليل الطيف المنبعث من سطح الكوكب لم يدل على وجود مادة الكلورفيل الذي هو ضروري لأي نباتات راقية. ويرجح العلماء الآن أن تكون القلونستان عبارة عن جليد جاف من ثاني أكسيد الكربون، خاصة وأن أغلب جو الكوكب مكون من ثاني أكسيد الكربون بينما يكون بخار الماء أقل بكثير من 1% منه ومعروف أن الجليد الجاف من أكسيد الكربون يتحول رأساً إلى بخار دون المرور بحالة السيولة. وتدل أحدث الدراسات أن هناك ماء متجمداً تحت القلنوستين في شكل طبقات مخلوطة بالغبار.

جـ- هل من حياة على المريخ؟

لقد أنشغل العلماء منذ عهد بعيد باحتمال وجود حياة راقية على المريخ. ولعل السبب يرجع إلى ملاحظات أوردها عالم إيطالي عن وجود ما يشبه القنوات على الكوكب. واستنتج من ذلك وجود أحياء عاقلة ومتقدمة. ويدل نظام الري على تقدمهم التقني. ولكن لم يشاهد غيره مثل

هذه القنوات؛ والراجح الآن أن تكون تلك الملاحظات عبارة عن خدعة بصرية مبعثها توقع المشاهد لوجود حياة على المريخ، ولا زال النقاش محتدماً حول إمكانات الحياة وعدمها.

ويقول البعض صحيح أن ظروف الكوكب الطبيعية من مكونات غلافه الجوي ودرجة حرارته لا تسمح بوجود حياة راقية فيه، ولكن ربما تكون هناك حياة استطاعت أن تكيف نفسها على العيش في مثل هذه الظروف، خاصة وقد لوحظ وجود حياة تحت ضغط عال جداً في أعماق البحار، ووجود حياة في ظروف غير مواتية مثل الماء في درجة الغليان ودرجة تجمد الجليد، ويرجح هؤلاء وجود شكل من الحياة في صورة بدائية على أقل تقدير.

د - توابعه:

للمريخ تابعان يدوران حوله هما فوبومر وديموس (انظر الجدول 3-1) وقد اكتشفت في عام 1817م ويدور فوبومر على بعد 9380 كيلومتراً في مدة حوالي 7.6 ساعات ويبعد ديموس عن المريخ بحوالي 23500 كيلومتر ويكمل دورته حوله في 30.3 ساعة تقريباً.

جدول (3-1): قمرا المريخ

التابع	تاريخ اكتشافه	بعده عن الكوكب	طول يومه	قطره	الكتلة (كجم)
فوبوس	1877	9380 كلم	0.32 يوم	22 كلم	10.8×10^{15}
ديموس	1877	23500 كلم	1.3 يوم	12 كلم	1.8×10^{15}

3-1-2 الكواكب الخارجية:

وهي المشترى وزحل وأورانوس ونبتون وبلوتو. وكلها فيما عدا بلوتو كواكب ضخمة حجماً وكتلة. وتسمى أحياناً بالكواكب العملاقة وتساوي كتلة الكواكب الداخلية أقل من 0.5% من كتلة الكواكب الخارجية.

1-2-1-3 المشترى:

شكل 3-8 (المشترى)

كوكب المشترى من أكبر الكواكب حجماً وكتلةً. وتساوى كتلته 1.9×10^{27} كجم (أي 317 مرة مثل كتلة الأرض) ولذلك فقد سماه اليونان بقائد الآلهة. ويدور حول الشمس على مسافة 778 مليون كيلومتر في المتوسط في مسار إهليلجي يبلغ اختلافه المركزي 0.048، مما يجعله يبتعد ويقترب من الشمس بمقدار 75 مليون كيلومتر. ويسير حول الشمس بسرعة 13 كيلومتراً في الثانية ليتم دورته حولها في 11.96 عاماً. ولكن يمكن رؤيته في نفس الموضع بالنسبة إلى الأرض بعد كل 398.88 يوماً (398 يوماً و21 ساعة تقريباً).

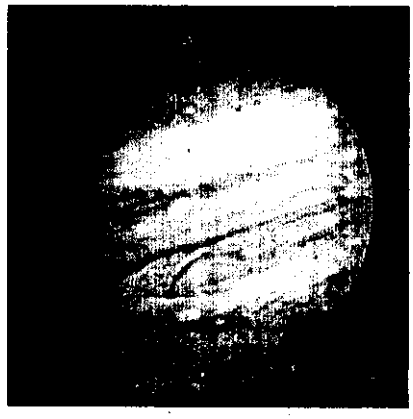
ويدور الكوكب حول محوره بميل بمقدار 3 درجات عن مسطح مساره حول الشمس بسرعة عالية قدرها 13.1كلم/ث مما جعل له انبعاجاً عند خط استوائه. ولذلك فإن قطره عند خط الاستواء يزيد بمقدار 6.7% عن القطر عند القطبين.

ويظهر الكوكب في السماء لامعاً بسبب عاكسيته الكبيرة للضوء ويظهر عليه من خلال المنظار أحزمة حوله موازية لخط استوائه. ومن أوضح العلامات عليه ما يسمى بالبقعة الحمراء. وقد شوهدت ورصدت منذ 1831م.

أ- غلافه الجوي:

نسبة لعظم كتلته، فقد احتفظ بكمية كبيرة من الغازات ويتكون غلافه الجوي في معظمه من الآيدروجين (90%)[1] والهيليوم (10%) وأثر من الميثان والماء والنشادر والغبار الصخري.

وتعتري جو المشترى عواصف عنيفة؛ ويعتقد أن الأحزمة والبقعة الحمراء ناتجة من تحركات الغازات في الغلاف الجوي للكوكب. ويوضح الشكل 3-10 الأحزمة.



شكل 3-9 (أحزمة المشترى)

وتبلغ مساحة البقعة الحمراء 3×10^8 كلم مربع (12000 كلم× 25000 كلم).وهي منطقة ضغط مرتفع، ودلت المشاهدات وجود بقع أخرى أصغر على سطح الكوكب.

ويتوقع أن تكون درجة حرارة الجو عليه منخفضة بسبب بعده عن الشمس وشدة عاكسيته. وتدل القياسات التي أجريت على الضوء المنبعث من السحب عليه أن درجة الحرارة تصل إلى 140 درجة تحت الصفر. ويتوقع أن يتجمد معظم النشادر في الظروف الطبيعية السائدة على الكوكب. وربما تكون الأحزمة البيضاء ناتجة من بلورات النشادر المتجمد.

وتدل المعلومات المستقاة من المستكشفين رقم(10) ورقم(11) في عام (1973م) أن الأحزمة عبارة عن سحب ناتجة من سرعة دورانه حول محوره وبسبب الإشعاع الذاتي الصادر عنه إذ إن درجة الحرارة الداخلية قد تصل إلى نحو 55000 درجة مئوية، ويعتقد العالم وليم هارد -

[1] النسبة بعدد الذرات ولكن النسبة بالكتلة 75%.

من جامعة أريزونا- أن الكوكب ليس به جزء متصلب كما كان يعتقد. وما يمكن أن يقال هنا إن تكوين الكوكب الداخلي ليس معروفاً تماماً.

ولكن المعلومات الملتقطة بطريقة غير مباشرة توحي بأن قلب الكوكب صخري. ويعلو ذلك مباشرة أيدروجين معدني في حالة السيولة. ومثل هذه الحالة للمادة لا تحدث إلا تحت ضغط عال في حدود أربعة ملايين بار (أي حوالي 40 مرة مثل الضغط الجوي على سطح الأرض). وسائل الأيدروجين المعدني عبارة عن بلازما تحتوي على بروتونات وإلكترونات. وهذه الحالة شبيهة بباطن الأرض.

وللكوكب مجال مغنطيسي كبير: وهو أكبر من المجال المغنطيسي للأرض. وهو يمتد نحو 650 مليون كيلومتر (أي أبعد من كوكب زحل): وهو غير منتظم وامتداده نحو الشمس أقل من امتداده في الاتجاهات الأخرى. ولقد أرسلت العديد من المركبات الفضائية والمستكشفات لدراسة الكوكب -وما تزال- منها الرحالات الأول والثاني ويوليس وجاليليو الذي يدور حول الكوكب لمدة 8 سنوات وما يزال. (2005م).

ويوجد في جو الكوكب أحزمة إشعاع شبيهة بأحزمة فان ألن حول الأرض. لكن أحزمة المشترى أقوى عشر مرات: وهي تشكل خطراً على الإنسان إذا لم يكن محمياً منها إذا اقترب من الكوكب.

ب - هل من حياة عليه؟

إن الظروف الطبيعية عليه الآن تدل على عدم إمكانية وجود الحياة عليه، فدرجة الحرارة عليه منخفضة، والغلاف الهوائي مكون من غازات سامة. وهذه الظروف غير مواتية لوجود أي شكل من صور الحياة المعروفة لدينا على الأرض.

ج- أقماره:

يدور حول المشترى 63 قمراً (2004). وإليك قائمة بأهمها

الجدول رقم (2-3) أقمار المشترى [1]

رقم التابع	تاريخ اكتشافه	متوسط بعده عن الكوكب بالكيلومترات	مدة دورانه حول الكوكب الأيام	القطر بالكيلومتر	الكتلة $\times 10^{8}$ كجم
1	1892	180500	0.50	50	717
2	1610	421600	1.8	3240	8940.000
3	1610	670800	3.5	2830	480,000
4	1610	1070000	7.1	4900	480,000
5	1610	1882000	16.7	4570	1080.000
6	1904	11470000	250.6	120	956
7	1905	11800000	259.6	50	78
8	1938	11850000	263.5	20	7.8
9	1951	21200000	631.1	30	3.82
10	1938	22600000	692.5	25	9.6
11	1908	23500000	738.9	50	19
12	1914	23700000	858	22	7.8
13	1974	11100000	240	186	0.57
14	1975	128971	-	-	1.91
15	1979	127969	-	20	9.56
16	1979	221895	-	-	77.7
17	2000	7.435.000	-	8	؟
18	2000	12.654.000	-	4	؟
19	2000	20.375.000	-	3.8	؟
20	2000	20.733.000	-	5.2	؟
21	2000	21.019.000	-	4.4	؟
22	2000	21.162.000	-	6.8	؟
23	2000	21.734.000	-	5	؟
24	2000	21.948.000	-	3.2	؟
25	2000	22.806.000	-	3.8	؟
26	2000	23.521.000	-	5.4	؟
27	2000	24.164.000	-	5.2	؟
28	1999	24.296.000	-	4.8	؟

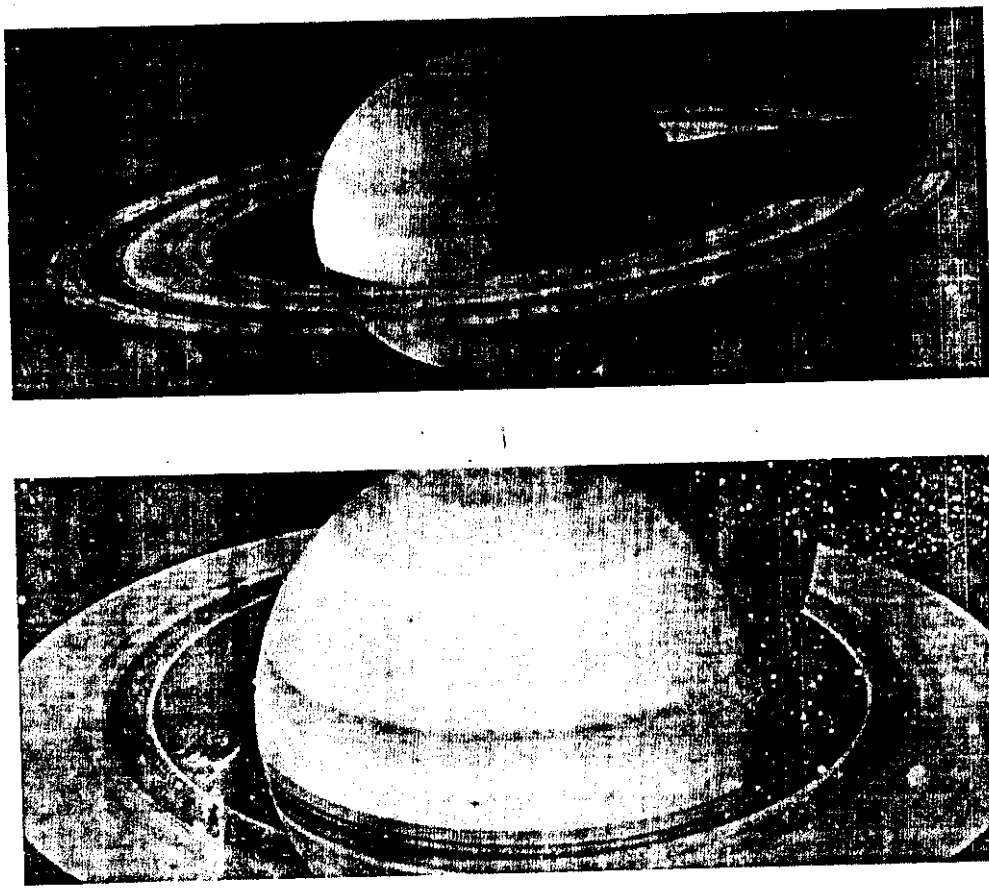
[1] علامة؟ وعلامة – غير معلوم

د- حلقاته:

في رحلة المركبة الفضائية الرحالة الأول اكتشفت ثلاث حلقات للمشترى تشبه حلقات زحل. ولكنها أصغر وخافتة الضوء. وتبعد الحلقات عن الكوكب 100000 و 122000 و 129000 كلم على التوالي.

ولوحظ أن الكوكب يشع طاقة أكثر مما تسقط عليه من الشمس مما يشير إلى أنه يشع طاقة ذاتياً.

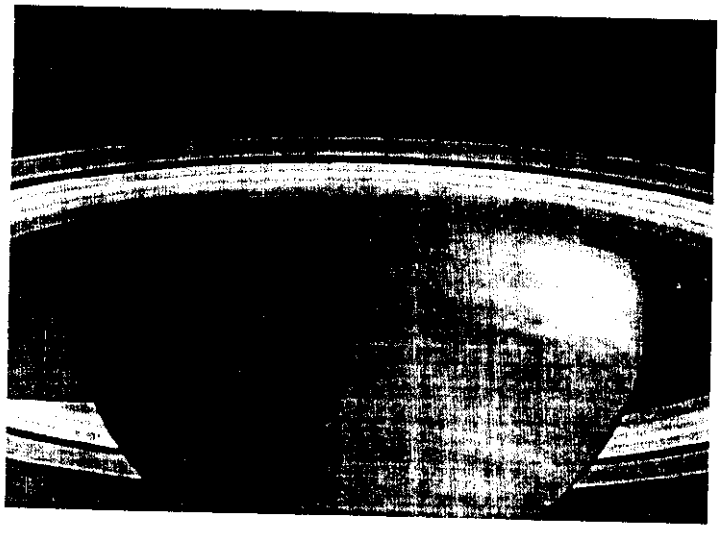
3-1-2-2 زحل:



شكل 3-10 ب

لا شك أن منظر زحل من خلال المنظار جميل ويرجع ذلك إلى حلقاته المميزة التي يمكن مشاهدتها باستعمال منظار صغير، وقد اكتشفت أربع حلقات منها بعد صنع أول منظار فلكي عام 1610م. وعدد هذه الحلقات الآن ثمان ويمكن مشاهدة اثنتين منها بوضوح ولكن الحلقة الداخلية خافتة وتحتاج إلى منظار قوي ليظهرها. ويعتقد أنها تتكون من بلورات ثلجية تعكس ضوء الشمس الساقط عليها. والحلقات ليست سميكة بدليل أنه يمكن رؤية النجوم من خلالها وبعض هذه الحلقات مكونة من حليقات (ringlets).

وأول مركبة فضائية زارت الكوكب هي المستكشف (12) عام 1989م والرحالة (1) و(2). وأخيراً كاسيني (2004م) التي التقطت الصورة التي يوضحها الشكل 3-12 وقد التقطت في 2004/5/21 على بعد 16 مليون كيلو متر من كوكب زحل.



شكل 3-11 (حلقات زحل التي التقطها المستكشف كاسيني)

ويأتي زحل في المرتبة الثانية بعد المشترى من حيث كتلته التي تبلغ 5.7×10^{26} أي 95 مرة مثل كتلة الأرض. ولكن لكبر حجمه فإن كثافته ككل تساوي 0.72 ويعنى ذلك أنه يمكن أن يطفو على الماء.

ويدور زحل حول الشمس في مسار إهليلجى يبلغ اختلافه المركزي 0.056 ويكمل دورته في 29 عاماً ونصفا. كما يدور حول محوره (الذى يميل27 درجة عن مساره حول الشمس) بسرعة

10.7 كيلومترات في الثانية تقريباً مما سبب انبعاجاً عند خط استوائه جعل قطره عند خط الاستواء يزيد 10% عن قطره عند قطبيه، ولذلك يتوقع وجود فصول عليه ولكن طول الفصل الواحد يبلغ 7.4 سنوات. لقد شوهد زحل ضمن كوكبة التوأمين في فبراير 1975م وقريباً من كوكبة التوأمين خلال العامين التاليين. والجدير بالذكر أنه يعود لنفس موضعه بالنسبة للأرض بعد مضى 387.9 يوم (أي بعد عام و 13 يوماً).

أ - الغلاف الجوي:

يتكون غلافه الجوي من الأيدروجين بنسبة 75% والهيليوم بنسبة 25% وأثر من النشادر والماء؛ وجوه بوجه عام يشبه الغلاف الجوي لكوكب المشترى. كذلك باطنه يشبه باطن المشترى. وتبلغ درجة حرارة الباطن 1200 درجة كلفن ويعزى ذلك إلى طاقة الكوكب التثاقلية (Gravitational Potential Energy) التي تتولد بسب الانكماش. وللكوكب مجال مغنطيسي قوي.

وبسبب بعد الكوكب عن الشمس فإن درجة حرارة جوه قد تصل 145 مئوية تحت الصفر أي تقل عن درجة المشترى بنحو 27 درجة مئوية في المتوسط. وجو زحل مضطرب، وتبلغ سرعة الرياح عليه 1700 كلم /ساعة.

ب- هل من حياة عليه؟

الأحوال الطبيعية عليه أقسى من الظروف الطبيعية؛ على المشترى ولذلك لا يتوقع وجود أي شكل من صور الحياة المعهودة على الأرض عليه.

ج- أقماره: يدور حول 34 قمراً انظر الجدول

جدول رقم (3-3) (أقمار زحل)

رقم التابع	تاريخ الكشاف	بعده عن الكوكب بالكيلومترات	القطر بالكيلومتر	مدة دورانه حول الكوكب الأيام	الكتلة $\times 10^{19}$ كجم
1	1966	151000	178	0.75	20
2	1789	186000	392	0.94	380

840	1.4	520	238000	1789	3
7550	1.9	1030	295000	1684	4
10500	2.7	1120	377000	1684	5
24900	4.5	1530	527000	1682	6
177	15.9	4950	1221000	1655	7
1880	21.3	400	1479300	1848	8
18800	79.3	1460	3.561000	1671	9
؟	550.4	300	12952000	1898	10
؟	-	20	134000	1990	11
2.7	-	28	138000	1980	12
2.2	-	96	139000	1980	13
5.6	-	96	142000	1980	14
؟	-	114	151000	1980	15
؟	-	30	295000	1980	16
؟	-	26	295000	1980	17
؟	-	32	377000	1980	18
24900	-	1530	52700	1972	19
177	-	286	1481000	1948	20
			137450	1995	21
؟	؟	؟	139700	1995	22
؟	؟	؟	141050	1995	23
؟	؟	؟	146450	1995	24

؟ و - = غير معروف

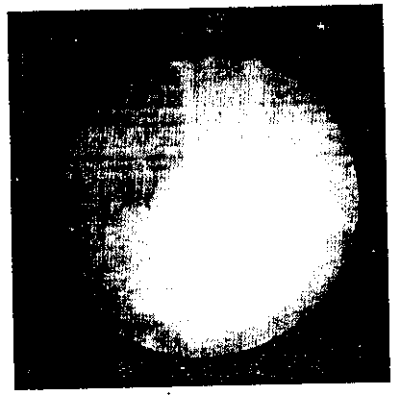
القمر تيتان:

لقد أرسلت إلى كوكب زحل المركبة الفضائية هيجنز (Huygnes) التي حطت على القمر تيتان الذي يبعد عن الكوكب 1.222.000 كلم. وهو أكبر أقمار زحل. وحطت المركبة بعد رحلة امتدت سبع سنوات بعد إقلاعها من سطح الأرض

وتجدر الإشارة إلي أن تيتان هو أول قمر يرسل إليه مستكشف بعد قمر الأرض.

وتجدر الإشارة إلي أن المركبة تركت كاسيني (Cassini) تدور حول تيتان ليتمكن من إرسال المعلومات التي تبثها المركبة الجاثمة على القمر (تيتان).

وقد أرسلت العديد من الصور التي دلت على أن الغلاف الجوي للقمر يحتوي على نتروجين وأثر من الميثان والإيثان والأستلين وأول وثاني أكسيد الكربون. ويعتقد أن سمك الغلاف الجوي لتيتان يبلغ مرة ونصف مرة مثل سمك غلاف الأرض. ولم تدل الدراسات عن وجود مجال مغنطيسي للقمر. وتبلغ درجة الحرارة على تيتان 182 درجة مئوية تحت الصفر. (انظر الشكل 3-13 الذي يوضح الصورة التي التقطتها كمرة كاسيني. وتوضح البقعة البيضاء أسفل الصورة سحابة من غاز الميثان).



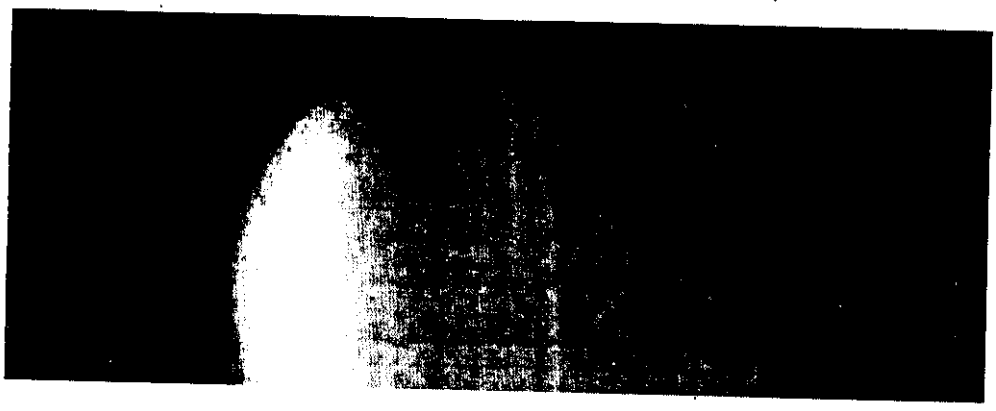
شكل 3-13 (القمر تيتان)

ومما جعل العلماء يهتمون بهذا القمر أنه يمكن أن يكون قد مر بنفس الأطوار التي مرت بها الأرض عند بداية تكوينها. وقد أطلق على القمر آلة الزمن (Time Machine) لهذا السبب حيث يمكن أن يوضح كيف بدأت الحياة على الأرض.

ومما جعل العلماء يهتمون بهذا القمر أنه يمكن أن يكون قد مر بنفس الأطوار التي مرت بها الأرض عند بداية تكوينها. وقد أطلق على القمر آلة الزمن (Time Machine) لهذا السبب حيث يمكن أن يوضح كيف بدأت الحياة على الأرض.

3-1-2-3 أورانوس:

اكتشف هذا الكوكب الموسيقار وليام هيرشل عام 1781م الذي كان يهوى دراسة النجوم في أوقات فراغه، ويجد في ذلك متعة كبيرة. وصنع منظاره الفلكي بنفسه لهذا الغرض.



شكل 3-14 (أورانوس)

ليس من السهل رؤية أورانوس بالعين المجردة لأنه خافت الضوء. ويبدو أن القدماء قد لاحظوا الكوكب ولكنهم قد حسبوه نجماً لصغره وبطء حركته. وقد ظهر فعلاً في كثير من "كتلوجات" النجوم القديمة.

يدور أورانوس حول الشمس في مسار اختلافه المركزي 0.047 بسرعة 7.2 كيلومتر في الثانية، ويتم دورته حولها في 84 عاماً. أما دورته الاقترانية (بالنسبة للأرض) فتساوى 369.66 يوماً، أي يمكن مشاهدته في نفس موضعه بالنسبة للأرض في حوالى سنة وخمسة أيام.

أما دورته حول محوره فيكملها في 10 ساعات و45 دقيقة. ولوحظ أن حركته حول محوره عكس حركة بقية الكواكب عدا الزهرة التي تدور في نفس الاتجاه. ويميل محوره بمقدار82 درجة مع مسطح مساره حول الشمس. وهذا ميل جد كبير.

ويتكون الجزء الصلب من الكوكب أساساً من الصخر والثلج: 15% منه آيدروجين وقليل من الهيليوم. أما باطنه فيشبه باطن كل من كوكبي المشترى وزحل، غير أنه لا يحتوى على أيدروجين معدني.

وللكوكب مجال مغنطيسي غريب لأنه لا يتوسط بل يميل 60° عن المحور الذي يدور حوله الكوكب.

وتبلغ كتلة أورانوس 8.68×10^{25} كجم. أما قطره فيبلغ 51118 كلم عند خط استوائه. ولقد زارت الكوكب لأول مرة المركبة الفضائية المسماة الرحالة الثاني وذلك في فبراير 1986م. وقد لوحظ أن قطب الكوكب الجنوبي كان حينها يتجه نحو الشمس وقدِّر حينئذٍ أن تسقط أشعة الشمس عمودية على خط استوائه عام 2007م.

أ- غلافه الجوي:

يغلف الكوكب غلاف من السحب. ودلت تحليلات الطيف أن معظم جوه يتكون من الأيدروجين (83%) والهيليوم (15%) والميثان (2%). وبسبب الأخير فإن لون الكوكب يميل إلى الزرقة المشوبة بالخضرة لأن الميثان يمتص اللون الأحمر تاركاً الزرقة تمر من الداخل إلى الخارج. ولم يكتشف النشادر في غلافه الجوي، ربما يكون قد تجمد بفعل انخفاض درجة الجرارة ونزل إلى أسفل ودرجات الحرارة المتوقعة تقل عن 184 درجة مئوية تحت الصفر. وكوكب هذا شأنه لا يتوقع أن تنتظم فيه الحياة في صورة من صورها المعروفة على سطح الأرض.

ب- أقماره:

للكوكب 27 قمراً تدور حوله من الشرق إلى الغرب. انظر الجدول رقم (3-4)

جدول رقم (3-4)(أقمار أورانوس) [1]

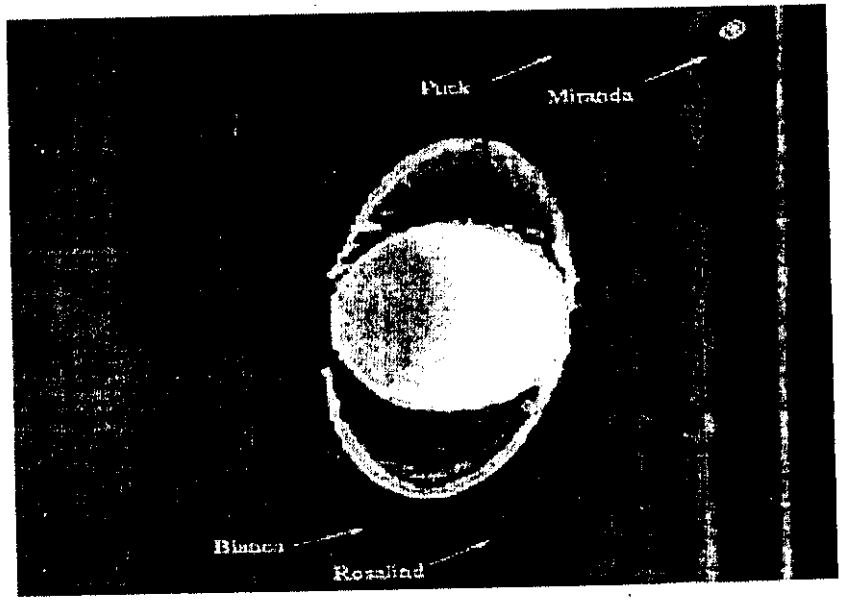
رقم القمر	سنة الاكتشاف	نصف القطر المتوسط بالكيلومتر	نصف القطر بالكيلومتر	اسم القمر
1	1986	50.000	13	الرحالة (2)
2	1986	54.000	16	الرحالة (2)
3	1986	59.000	22	الرحالة (2)
4	1986	62.000	33	الرحالة (2)
5	1986	63.000	29	الرحالة (2)
6	1986	64.000	42	الرحالة (2)
7	1986	66.000	55	الرحالة (2)
8	1986	70.000	27	الرحالة (2)
9	1986	75.000	34	الرحالة (2)
10	1986	76.000	40	الرحالة (2)
11	1985	86.000	77	كاركوستكا
12	1848	130.000	236	الرحالة (2)
13	1851	191.000	579	كوبر
14	1851	266.000	585	لاسل
15	1787	436.000	789	لاسل
16	1787	583.000	761	هيرشل
17	1997	169.000	40	هيرشل
18	1997	948.000	15	ملادمان
19	1997	12213000	80	ملادمان
20	1999	16568000	20	نيكلون
21	1999	17681000	20	هولمان

؟ = الكتلة مجهولة

[1] الإنترنت http://www.nineplanets.com.

لقد استطاعت مجموعة من العلماء الأمريكيين من جامعة كورنيل اكتشاف حلقات حول كوكب أورانوس وذلك بوساطة منظار فلكي قطره 90 سنتيميتراً مثبت على طائرة كانت تحلق جنوب غرب أستراليا. وتدل هذه الصور الملتقطة على وجود خمس حلقات على الأقل حول أورانوس.

وكان المعروف أن كوكب زحل هو الوحيد الذى ينفرد بهذه الحلقات ولكن اكتشفت بعد ذلك حلقات المشترى ثم تلاه أورانوس. انظر الشكل 3-15 الذي يوضح حلقات أورانوس عدد من أقماره. إن الحلقات المكتشفة حتى عام (2005م) قد بلغت إحدى عشرة حلقة وتبعد أقربها من الكوكب 51140 كلم وأقربها 38000 كلم من مركزه، ويتراوح عرضها من 1 إلى 2500 كلم.



شكل 3-15 (حلقات أورانوس)

4-2-1-3 نبتون:

شكل 3-16

أ- اكتشافه:

لوحظ أن كوكب أورانوس يتعرض إلى قوة جاذبة خفية لم يستطع العلماء تفسير لوجوده بالقرب من المشترى وزحل. وقام عالم رياضي بريطاني يسمى جون آدم بحساب مسافة جسم مفترض أن يكون قريباً من أورانوس. وحدد مساره بطريقة رياضية. وأرسل المعلومات إلى العالم الفلكي جورج أيرى في أكتوبر 1845م في لندن. ولكن أيرى لم يهتم كثيراً بهذه المعلومات لأن جون آدم كان رياضياً مغموراً.

وفي نفس الفترة كان يعمل رياضي فرنسي يسمى ليفير في تفسير ظاهرة اضطراب كوكب أورانوس. وتوصل إلى نفس النتيجة التي توصل إليها آدم دون أن يعلم بما كان يفعله آدم. وفي يونيو 1846م نشر الرياضي الفرنسي ما توصل إليه من وجود كوكب يدور في مسار حول الشمس بعد أورانوس، وهو الذي يؤثر في اضطراب حركة الأخير.

وأرسل ليفر حل المشكلة إلى الفلكي جالي في برلين. وتسلم جالي الرسالة في 1846/9/23م. وفي نفس الليلة نظر إلى الكوكب في المكان الذي حدده ليفر فوجده على بعد درجة واحدة من المكان المحدد.

لقد كان اكتشاف هذا الكوكب نصراً مؤزراً لنظرية الجاذبية كما شرحها نيوتن فأعطتها مزيداً من الثقة والقوة في الأوساط العلمية لأن التنبؤات المبنية عليها قد صدقت.

تبلغ كتله الكوكب 1.025×10^{26} كجم. وقطره 49500 كلم. وقد زارته المركبة الفضائية الرحالة الثانية في أغسطس 1989م. وإليها يرجع الفضل في معرفة التفاصيل الأولى عن الكوكب. ولكن أخيراً أجريت عنه دراسات بوساطة المنظار الفضائي هابل الذى أضاف كثيراً من المعلومات المفيدة عن الكوكب. هذا بالإضافة إلي المعلومات المستقاة من المناظير الفلكية الأرضية.

يلاحظ أن مدار كوكب نبتون يتقاطع مع مدار كوكب بلوتو لأن مدار الأخير كبير الاختلاف المركزي كما سيرد لاحقاً.

جسم الكوكب الصلب يشبه أورانوس، وتكوينه يغلب أن يكون من الثلوج والصخر: 15% منه أيدروجين وقليل من الهيليوم. أما باطنه فعبارة عن كتلة صخرية مساوية لكتلة الأرض.

وللكوكب مجال مغنطيسي يشبه المجال المغنطيسي لكوكب أورانوس، وربما يكون ناتجاً من مادة موصلة للكهرباء.

حركاته:

يدور هذا الكوكب حول الشمس بسرعة 5.3 كيلومتر في الثانية في مسار أقرب إلى الدائرة منه إلى الأهليلج إذ إن اختلافه المركزي 0.00856 فقط. وهو أقرب إلى مسار الزهرة التي هي أقرب الكواكب إلى المسار الدائري (اختلاف مسارها المركزي 0.00679). ويتم دورته حول الشمس في 165 عاماً -ومعنى ذلك أنه لم يكمل دورة واحدة حول الشمس منذ اكتشافه حتى الآن ولكنه سيفعل ذلك في عام 2011م. والجدير بالذكر أن الكوكب لا يرى بالعين المجردة لبعده الشديد عن الأرض.

ويميل محوره الذى يدور حوله عن مساره حول الشمس بمقدار 21 درجة ويكمل دورته حول نفسه في حوالي 16 ساعة إلا قليلاً أي أنه يدور بسرعة 2.11 كلم/ث.

ب- غلافه الجوي:

يبدو الكوكب في المنظار الفلكي بلون تشوبه الخضرة مما يدل على وجود قليل من الميثان في غلافه الجوي، ولكن يغلب عليه الأيدروجين والهيليوم، ولم يكتشف وجود نشادر لتجمده في مثل درجات الحرارة المنخفضة السائدة على جو الكوكب التي تصل إلى 212 درجة مئوية تحت الصفر. ولذلك فلا نتوقع وجود حياة على ظهره في مثل هذه الظروف.

وتعترى جو الكوكب عواصف ورياح عاتية، وتعتبر سرعة الرياح عليه من أسرعها في المجموعة الشمسية؛ فقد تصل السرعة إلى 2000 كلم/ساعة.

ودلت المشاهدات أن الكوكب يشع حرارة أكثر مما تصله من الطاقة الشمسية. ولوحظت عليه بقعة سوداء كبيرة ولكنها اختفت لاحقاً، مما يدل على اضطراب جوه.

ج- أقماره:

يدور حول نبتون ثلاثة عشر تابعاً (2006م) وفيما يلي قائمة بها:[1]

جدول 3-5 أقمار نبتون

رقم التابع	تاريخ الاكتشاف	البعد عن الكوكب × 1000 كلم	نصف القطر بالكيلومتر	الاكتشاف	الكتلة ×10^18 كجم
1	1989	48	29	الرحالة (2)	؟
2	1989	50	40	الرحالة (2)	؟
3	1989	53	74	الرحالة (2)	؟
4	1989	62	79	الرحالة (2)	؟
5	1989	74	96	الرحالة (2)	؟
6	1989	118	209	الرحالة (2)	؟
7	1846	355	1350	لاسيل	؟
8	1949	5509	170	كوبر	؟
9	2002	15730	؟	هولمان	؟

[1] الإنترنت http://www.nineplanets.com.

10	2002	22420	؟	هولمان	؟
11	2002	23570	؟	هولمان	؟
12	2002	46700	؟	هولمان	؟
13	2003	48390	؟	جويت	؟

؟ مجهولة

ويوضح الشكل 3-17 سطح قمر نبتون المسمى ترتيون. وهو به مرتفعات وفوهات بركانية.

شكل 3-17 (ترتيون)

وللكوكب خمس حلقات. أبعادها منه تتراوح بين 41900، و62390 كيلومتراً. وسمكها يتراوح بين 15 كلم و 5800 كلم وجميعها اكتشفت عام 1989م.

3-1-2-5 بلوتو:

قرر اتحاد الفلكيين(IUA) بالأغلبية عدم اعتماد هذا الكوكب من كواكب المجموعة الشمسية في أغسطس 2006 لأنه لم يستوف الشروط الواجب توافرها في الكوكب. واعتبر من الكواكب الأقزام وذكر في هذا الصدد أن مجاله الجذبي لم يجعله ينفرد بمسار مستقل عن أجسام فلكية أصغر منه مثل سيريز وإيريس؛ وقالو إنه لـم ((ينظف)) مساره حول الشمس: أي أن مساره يحفل بأجسام صغيرة تدور حول الشمس إلي جوار مسار بلوتو

شكل 3-18 (بلوتو)

"Pluto has not cleared the neighborhood around its orbit..." [1]

اكتشف بلوتو في عام 1930م. وهو يدور حول الشمس بسرعة 4.6 كيلومترات في الثانية، في مسار يميل بزاوية مقدارها 18 درجة مع السمت (مسطح مسار الأرض حول الشمس). وهو بذلك أكثر الكواكب شذوذاً في وقوع مساره بعيداً عن مسطح مسارات الكواكب الأخرى. كما أن له اختلافاً مركزياً كبيراً بالنسبة لبقية الكواكب (0.249). وتبلغ كتلته 1.27×10^{22} كجم، وقطره 2274 كلم.

لم يظهر تحليل الضوء المنعكس منه وجود أية غازات حوله. ربما يكون ذلك لانخفاض درجة حرارته مما نتج عنه تجمد الغازات.

ولأنه لم تزره أية مركبة فضائية، فإن المعلومات عنه شحيحة. تخطط وكالة ناسا الفضائية لإرسال مركبة فضائية عام 2006م؛ ويؤمل أن تصل الكوكب عام 2015م.

وتتراوح درجة الحرارة على سطح الكوكب بين سالب 135° درجة مئوية وسالب 20° درجة مئوية.

أما تكوين الكوكب الجيلوجي فغير معلوم، ولكن يعتقد أنه يتكون من 70% من صخر و 30% ثلج من النتروجين وكميات صغيرة من الميثان والإيثان وأول أكسيد الكربون. أما جوه فلا يعرف عنه شيء ولكن ربما يتكون أساساً من النتروجين مع قليل من ثاني أكسيد الكربون والميثان. وغلافه الجوي رقيق وهو أصغر الكواكب. وبعد اكتشافه أطلق عليه الكوكب العاشر، يرجح بعض علماء الفلك أن يكون بلوتو كويكباً وليس كوكباً. وما يرجح ذلك أن الجسم المكتشف أكبر من بلوتو. ولبلوتو ثلاثة أقمار هي:

---

[1] شبكة المعلومات 2008/4/14

جدول 3-6 أقمار بلوتو

1	1978	19640	1172	كربتي	1.9
2	2005	354000	؟	الرحالة (2)	؟
3	2005	5513400	؟	الرحالة (2)	؟

؟ = مجهولة

لوحظ أن دورة بلوتو جول نفسه متزامنة مع دورة شارون حول نفسه، مما جعل البعض يعتبرهما كوكباً مزدوجاً وبهذه الصفة فإنهما يتقابلان بنفس الوجه.[1]

3-2 الكويكبات:

3-1-3 اكتشافها:

لقد استنبط العالم بود علاقة لحساب أبعاد الكواكب عن الشمس، وعرفت هذه العلاقة "بقانون بود".

لاحظ بود أن أبعاد الكواكب من الشمس بالوحدة الفلكية تتبع متوالية رياضية هي:

- صفر + 0.4 لعطارد
- 0.3 + 0.4 للزهرة
- 0.6 + 0.4 للأرض
- 1.2 + 0.4 للمريخ
- 4.8 + 0.4 للمشترى

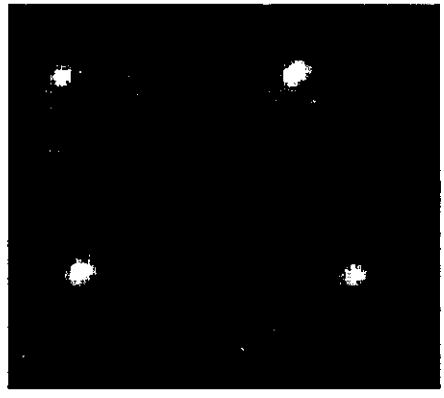
ويلاحظ في هذا أن العدد الأول عبارة عن متوالية (0.3، 0.6، 1.2، 4.8،...) تبدأ بصفر ثم 0.3 وبعد ذلك يتحصل على العدد التالي بضرب العدد السابق في اثنين. أما العدد المضاف للحصول على بعد الكوكب بالوحدات الفلكية فيساوي في كل حالة 0.4 وعند تطبيق هذا

[1] شبكة المعلومات العنكبوتية الدولية. موقع http://www.nineplanets

القانون على الكواكب لوحظ أنه يتوافق إلى حد ما مع أبعاد الكواكب التي كانت معروفة آنذاك إلا أنه لابد من وجود كوكب بعد المريخ مباشرة على بعد 2.8 وحدة فلكية. ولكن مثل هذا الكوكب لم يكن معروفاً. ولذلك جد علماء الفلك في البحث عن الكوكب المزعوم ولكن لم يعثر عليه أحد. وكان لاكتشاف كوكب أورانوس أثر كبير في تشجيع العلماء على البحث خاصة بعد أن لوحظ أن أورانوس يبعد عن الشمس بنحو 19.6 وحدة فلكية أي بنفس المسافة التي تنبأت بها علاقة بود. وجدَ الناس في البحث عن الكوكب المفقود بين المريخ والمشترى.

ووجد بيازى- العالم الصقلي- بمحض الصدفة في يوم 1801/1/1م جسماً يقع في نفس المنطقة المشتبه وجود كوكب فيها وعلي نفس البعد الذى تنبأ به بود؛ وهو الكويكب الذى عرف من بعد بكويكب سيريز. وقد ظنه في بداية الأمر مذنباً ولكن بعد متابعة حركته في مساره اتضح له أنه لم يكن مذنباً. (انظر الشكل 3-19 والشكل 3-20) والأخير يوضح أن الصور بنفس الحجم أخذت بعد كل ساعتين وثلث وهو الزمن الذي يكمل سيريز ربع دورة حول محوره أي أن اليوم على سيريز حوالي تسع ساعات.

شكل 3-19 (كويكيب سيريز)



شكل 3-20 (كويكب سيريز أخذت الصورة كل ساعتين وثلث الساعة)

وتوالى بعد ذلك اكتشاف المزيد من الكويكبات حتى بلغ عددها حتى عام 2005م مئات الآلاف: وكلها أعطيت أرقاماً وأسماء. ويكتشف الآلاف منها كل عام.

ويعتقد أن عدد الكويكبات يفوق المليون. ولكن جملة كتلتها تقل عن كتلة قمر الأرض. وأكبر هذه الكويكبات هو كوكب سيريز الذى يبلغ قطره 933 كلم، ويليه بالاس بقطر 490 كلم. ثم فستا بقطر 400 كلم. ويلي ذلك جنو (*Juno*) وقطره 190 كلم. أنظر الأشكال من 3-21 إلي 3-24 التي تظهر بعض الكويكبات التي توجد في القراع بين المريخ والمشترى.

وتجدر الإشارة هنا إلى علاقة بود رغم أنها ساعدت في أول الأمر في اكتشاف مسارات الكويكبات إلا أن العلاقة لا تنطبق الآن مع الواقع. والدليل على ذلك أنه في عام 2004م اكتشف الكويكب الذي أعطي الرقم (*2004JG6*). وهو يدور حول الشمس في مسار يقع بين الأرض والزهرة بسرعة تفوق 30 كلم/ث ويقترب من الأرض بمسافة 5.6 مليون كيلومتر. وقبل ذلك اكتشف الكويكب (*2003CP20*) وهو أبعد عن الشمس مقارناً بكويكب (*2004JG6*). [1]

[1] نفس المصدر السابق.

والجدول 3 – 7 يوضح بعض الكويكبات

2062 أتن	144514	0.5	؟	1976
3554 أمون	145710	؟	؟	1986
1516 كارس	61269	0.7	؟	1949
433 إيروس	172800	[1]*	؟	1989
1862 أبولو	220061	0.7	؟	1932
2212هيفاسيوس	323884	4.4	؟	1978
951 فاسبرا	330000	8	؟	1916
4 فستا	353400	265	10×3^{20}	1801
3 جنو	399400	123	؟	1804
15يونوفيا	395500	136	10×8.3^{20}	1851
سيريز	413900	466	10×8.7^{20}	1801
2بالاس	414500	261	10×3.2^{20}	1802
243 إيدا	428000	35	؟	1880
52 أوروبا	463300	156	؟	1858
10 هاجيا	470300	215	10×9.3^{19}	1849
511 دافيدا	475400	168	؟	1903
911 أفاقينون	778100	88	؟	1919
20046D6	60878	1-0.5	؟	2004

؟ = غير معروفة

4-1-3 أصلها:

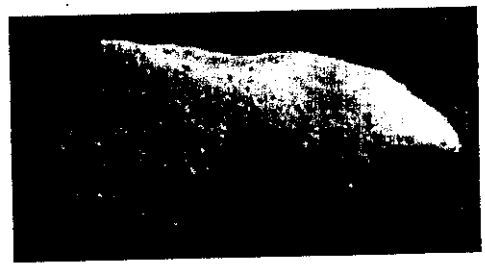
يرجح أن مصدر الكويكبات والمذنبات واحد؛ وتأتي من ثلاثة أحزمة:

أ/ الحزام الأول يقع بين الأرض والزهرة وهو قد اكتشف حديثاً؛ وهذا لا يتبع قانون بود واكتشف منه الكويكبات (CP202003) و(J662004). ويخمن المختصون أن هناك حوالى 1100 كويكب. ولوكالة ناسا برنامج لاكتشاف 90% منها بحلول عام 2008م.[1]

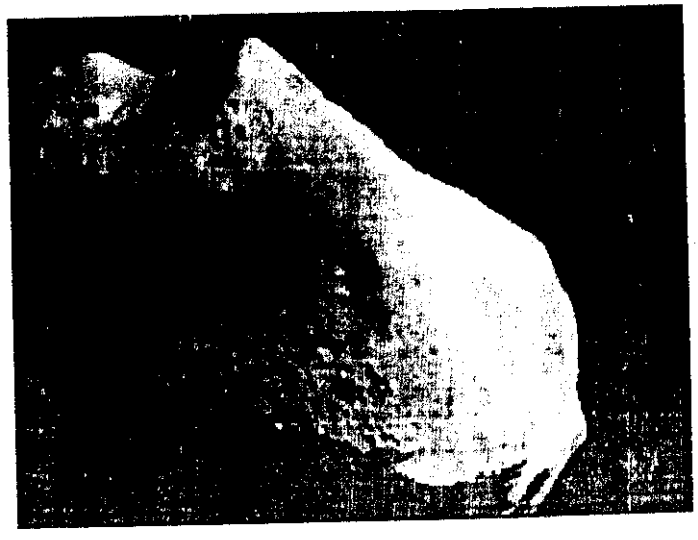
[1] غير منظم وأبعاده بالتقريب 33×13×13كلم2.

ب/ الحزام الثاني هو المكتشف منذ وقت بعيد ويقع بين المريخ والمشترى وهو الذي اكتشف بناء على قانون بود. ويعتقد إن مصدره كوكب انفجر وتناثرت أشلاؤه في المساحة بين المشترى والمريخ. واستمرت تدور حول الشمس بسبب الجذب الكوني بينها وبين الشمس. وتوضح الأشكال من 3-19 إلي 3-24 صوراً فتوغرافية لبعض الكويكبات.

شكل 3-21



شكل 3-22



شكل 3-23

[1] اكتشف عام 2002 كويكب (AA292002) يدور قريباً من مسار الأرض حول الشمس في مسار دائري تقريباً ويكمل دورته حول الشمس في عام واحد وأطلق عليه شبه الكوكب quasi satellite. وحجمه يساوي حجم ميدان كرة قدم تقريباً بقطر مقداره 127م تقريباً.

شكل 3-24

ج/ المصدر الثالث للكويكبات هو حزام آخر يسمى حزام كويبر (*Kuiper Belt*)؛ وهو يقع ما بعد كوكب نبتون ويبعد عن الشمس بين 30 و50 وحدة فلكية. ويوجد به الآن تسعة أجسام تدور حول الشمس وأحد هذه الأجسام والمسمى شيرون (*2060 chiron*). وهو يبعد عن الشمس نحو اثنين بليون كيلومتر. وهذا الكويكب يصنف أحياناً مذنباً.

د/ المصدر الرابع هو حزام أوْرت (*Oort*). وقد سمي على اسم مكتشفه جان أوْرت (*Jan Ort*). وهذا الحزام يقع في أطراف المجموعة الشمسية ويطلق عليه أيضاً سحاب أوْرت (*Oort Cloud*). وقد اكتشف عام 2004م جسم سمي سدنا (*Sedna*). وأعطي الرقم (*2003VB12*). وحجمه أقل من حجم بلوتو. ويبعد عن الشمس حالياً 90 وحدة فلكية ويكمل دورته حولها في 10500 سنة ويقع مداره بين حزام كويبر والجزء الداخلي من سحاب أوْرت وهناك أجسام أخرى تقع في نفس الفراغ بين كويبر وأوْرت. من هذه الأجسام كواؤور (*Quaoar*) الذي يبلغ قطره 1300 كلم. كذلك اكتشف جسم آخر أطلق عليه بعض الفلكيين اسم الكوكب العاشر ويسمى زينا (*Xena*). ولكن لم يُعترف به كوكباً من قبل اتحاد علماء الفلك. ويلاحظ أن زينا (*Xena*) أكبر من كوكب بلوتو إذ يبلغ قطره 3200 كلم. ويبعد عن الشمس بنحو 9 بليون كيلومتر. ومدة دورانه حولها 558 سنة (أرضية).

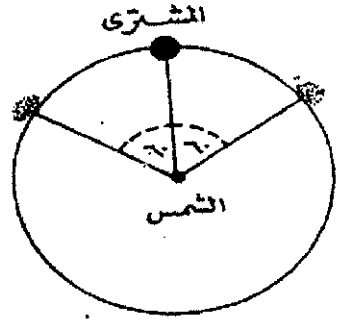
ومما تجدر الإشارة إليه أن قانون بود لا ينطبق على كوكبي نبتون وبلوتو إذ لو صح انطباقه لكان بعد نبتون 38.8 وحدة فلكية ولكن حقيقة أن بعده 30.1 وحدة فلكية. وعلى نفس القياس يكون بعد بلوتو 77.2 وحدة فلكية وبعده الحقيقي 39.4 وحدة فلكية.

3-1-5 مساراتها:

تقع مسارات معظم الكويكبات في نفس المسطح الذي تقع فيها أسرة المجموعة الشمسيَّة. ولكن لوحظ أن بعضها يشذ عن المسطح فيدور في مسار، قد يميل 52 درجة عن مسطح مسار الأرض حول الشمس.

ومسارات الكويكبات إهليلجية؛ مسارات بعضها كبيرة الاختلاف المركزي. مثلاً كويكب كاراس (*Karas*) يبلغ اختلاف مساره المركزي 0.83 ويقترب من الشمس بنحو 27 مليون كيلومتر. وبعضها تقترب من الأرض بنحو 5 مليون كيلومتر. وتدور معظم الكويكبات حول الشمس في مسارات يتراوح محورها الرئيسي بين 3.2و 3.3 وحدة فلكية. ومتوسط دورتها حول الشمس تتراوح بين 3.5 سنة و6 سنوات. ويشذ عن ذلك الكويكب (*2004/G6*) الذي يكمل دورته حول الشمس في نحو ستة أشهر وهذه أقل مدة دوران لكويكب يدور حول الشمس حتى الآن. وسرعته 30 كلم/ث ومساره يقاطع كل من مسارات عطارد والزهرة والأرض.

ولوحظ وجود عدد من الكويكبات تسير في نفس مسار المشتري وبنفس سرعته وتسير أمامه أو وراءه بنحو $\frac{1}{6}$ دورة أيضاً. ويطلق على هذه الكويكبات اسم كويكبات طروادة (Trojan Asteroids) نسبة للمدينة الإغريقية المسماة طروادة (نظر شكل (3-25).



شكل3-25 (كويكبات طروادة)

3-3 المذنبات

لقد لاحظ الناس المذنبات ورصدوها منذ عهد ضارب في القدم. وتدل آثارهم أنها كانت مصدر ذعر وفزع ونذير شؤم لبعض الناس.

وربما كان مرد ذلك إلى شكلها الغريب بين النجوم وندرة ظهورها. ولعل ظهورها قد صادف كارثة طبيعية أو وباء فأخذوا يربطون بين ظهورها وما يصيبهم من ضرر وأذى من جراء الكوارث الطبيعية والاجتماعية كالحروب وزوال الممالك وموت الملوك والمشاهير بين البشر وما شابه ذلك.

كل هذه التفسيرات كانت نتيجة الجهل بطبيعة المذنبات ولا يختلف ذلك عن تفسير الناس قديماً لكثير من الظواهر الطبيعية والأمراض. ومن المعلوم أن تعاليم الإسلام تمنع التشاؤم والطيرة والربط بين الظواهر الكونية وما يصيب الناس من نوائب الدهر.

والمذنبات كما تقدم في الفصل الثاني عبارة عن أجسام فلكية تنتمي إلى أسرة المجموعة الشمسية. وليس لها صلة بالأحداث الطبيعية والاجتماعية على الأرض وقد قال فيها الشاعر العربي أبو تمام:

أين الرواية وأين النجوم وما ... صاغوه من زخرف فيها ومن كذب
تخرصاً، وأحاديثاً ملفقة ... ليست بنبع[1] إذا عدت ولا غرب[2]
وخوفوا الناس من دهياء مظلمة ... إذا بدا الكوكب الغربي ذو الذنب

وهذه مفخرة لشاعرنا الذي عبَّر من ظن المذنب نذير شؤم وسوء طالع.

3-1-6 طبيعة المذنبات:

يعتبر العالم تيكو براها أول من حاول دراسة المذنبات دراسة علمية. فقد حاول رصد حركتها في عام 1511م. وبدأ له من رصد حركاتها أنها ليست ظاهرة جوية كما كان يعتقد البعض.

---

[1] النبع: شجر قوي.

[2] الغرب شجر ضعيف.

واستنتج ذلك من بطء حركتها. فلو كان مذنب 1511م ظاهرة جوية لبدت له حركته أسرع مما شاهد ورصد.

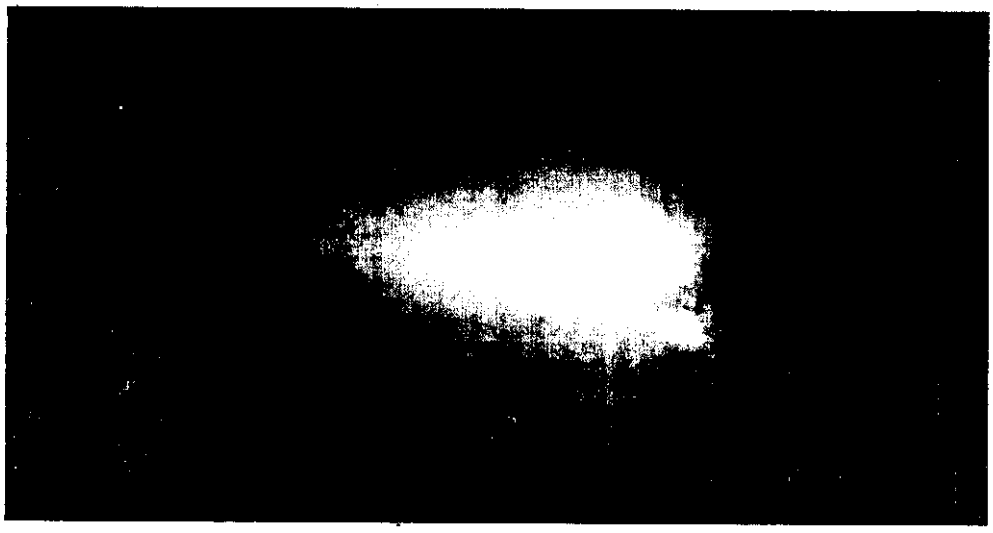
وجاء كبلر في 1607م ورصد حركة مذنب 1607م، وبدا له من دراسته أنه جسم فلكي يسير في خط مستقيم مخترقاً منطقة المجموعة الشمسية.

وبعد أن درس نيوتن حركة الكواكب بتطبيق قانونه للجاذبية الشمسية خطر له أن تكون المذنبات أجساماً فلكية تدور حول الشمس بفعل القوة المشتركة بينهما وبين الشمس تماماً كما تدور الكواكب تحت تأثير قوة الجاذبية.

وفي عام 1705م درس العالم الفلكي أدموند هالي، حركة مذنب 1705م دراسة مستوفية، وحاول تطبيق قانون نيوتن للجاذبية على مسارات المذنبات. ولاحظ هالي أن مسار مذنب 1531م و 1607م و 1682م تتشابه فيما بينها بدرجة ملحوظة. وتوصل من ذلك إلى تخمين موفق فحواه أن هذه المسارات عبارة عن مسارات لمذنب واحد ظهر في السنوات المشار إليها. ويعنى ذلك أن مدة دوران هذا المذنب نحو 76عاماً وتنبأ هالي بعودة المذنب للظهور مرة أخرى عام 1758م.

وعاد المذنب في الموعد الذى تنبأ به هالي، ولكن لم يكن هالي موجوداً وقت ظهوره لموته قبل ظهور المذنب. وأطلق العلماء اسم هالي على هذا المذنب تخليداً لذكر مكتشفه، فصار يعرف باسم مذنب هالي. وآخر مرة ظهر فيما مذنب هالي كان عام 1986م ويتوقع ظهوره تقريباً عام 2062م.

ويوضح الشكل 3-26 مذنب هالي والتقطت الصورة في 1986/3/14م والجزء الأسود هو نواة المذنب وترى ما يشبه نافورات قوية مندفعة من جهة النواة.



شكل 3-26 (مذنب هالي)

ومنذ عهد هالي اكتشف العلماء عدداً من المذنبات. بعضها لا يرى بالعين المجردة والبعض الآخر يمكن مشاهدته في يسر. ورصد العلماء أكثر من 1000 مذنب ولكن العدد الكلي للمذنبات لابد أن يكون أكبر من ذلك بكثير.

ويرصد العلماء حوالى 12 مذنباً سنوياً يكون 6 أو 7 منها جديدة والباقي مذنبات رصدت من قبل. ويعتقد أن مصدر المذنبات يأتي من مسافات بعيدة تقع في

نطاق تأثير جاذبية حوالى $\frac{1}{3}$ المسافة بين الشمس وأقرب نجم منها. وتسمى هذه المنطقة سحابة المذنبات. وهي مكونة من أجسام غنية بالمواد المتطايرة.

3-1-7 مساراتها:

يمكن تقسيم المذنبات إلى مجموعتين كبيرتين:

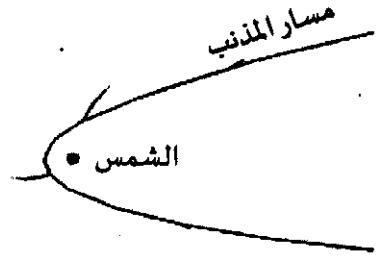
1/ ذات الدورات القصيرة - وهذه تسير في مسارات إهيليلجية يتراوح اختلافها المركزي بين 0.2 و 0.9 ومتوسط مدة دورتها حول الشمس 7 سنوات.

2/ ذات الدورات الطويلة وهذه تسير في مدارات اختلافها المركزي يتراوح بين 0.9 و 0.99999 ومتوسط دورتها حول الشمس مليون سنة.

ومن هذا يستنتج أن المذنبات تقضي معظم الوقت بعيداً عن الشمس ولا يمكن رؤيتها في هذه الحالة لضآلة الضوء المنبعث منها. الذي يصلنا على الأرض.

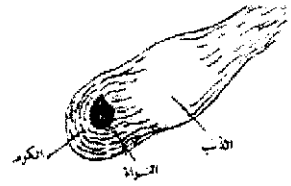
3-1-8 شكله العام:

يبدو المذنب في بداية ظهوره كنجم مخلخل. ويزداد لمعانا كلما اقترب من الشمس حيث يبدأ في تكوين ذيل قد يمتد ملايين الكيلومترات في الاتجاه المضاد لموضع الشمس في نهاية الأمر. ونسبة لقربه من الشمس فإنه يرى بعد غروب الشمس أو قبل شروقها. وفي نفس الوقت تصعب رؤيته نهاراً بسبب ضوء الشمس شأنه في ذلك شأن النجوم. وعند ابتعاده من الشمس تصعب رؤيته لقلة الضوء المنبعث منه.

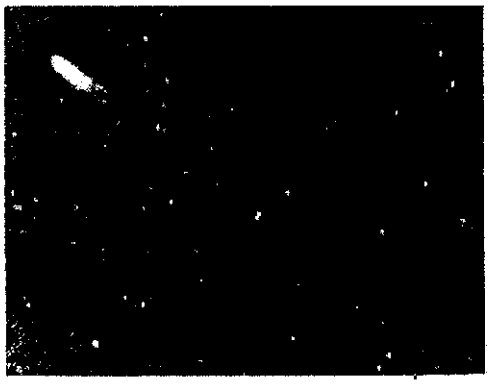


شكل 27-3

ويمثل شكل (3-28) الشكل العام للمذنب. وهو الرأس: ويتكون الرأس من سديم غازي يحيط بالنواة التي هي أكثر لمعاناً وتماسكاً من السديم الغازي، ويطلق على هذا السديم "الكوما" وكلما بعد السديم من النواة كلما كان أكثر تخلخلاً. ويسمى امتداده في الاتجاه المضاد لموضع الشمس بالذنب أو الذيل. والصورة في الشكل 3-29 لمذنب واحد وتبدو النجوم حواليه.



شكل 3-28 (الشكل العام للمذنب)



شكل 3-29 (صورة لمذنب حوله النجوم)

3-1-9 مادة المذنب:

عندما يكون المذنب في أبعد نقطة من الشمس تنخفض درجة حرارته جداً ويكون عبارة عن مواد متجمدة يشوبها الغبار. ولكن عند اقترابه من الشمس تبدأ المواد في الانصهار، وكلما قرب من الشمس زادت درجة الحرارة لدرجة تبخر جزء من مادة المذنب.

ويدل تحليل الطيف المنبعث منه أنه يحتوى على بخار الماء الذى يمثل أعلى نسبة - وثاني أكسيد الكربون والآيدروجين والحديد والكالسيوم والمقنيسيوم والنيكل والسلكون والألمونيوم، وكثير من العناصر الأخرى.

ويفقد المذنب جزءاً من مادته بالانصهار والتبخر وقوة ضغط الإشعاع والمواد المؤينة الصادرة من الشمس إذ تندفع هذه الغازات وجسيمات الغاز بعيداً عن رأس المذنب. والجدير بالذكر أن ضغط الإشعاع لا يؤثر إلا على الأجسام الصغيرة التي يقل قطرها عن 10^{-5} سم.

وتقدر كتلة المذنب بأنها حوالى 10^{12} كجم في المتوسط مما يدل على أن مادة المذنب الذي نشاهده عبارة عن شيء في غاية التخلخل.

وهذا يفسر لنا لماذا يتجه الذنب بعيداً عن موضع الشمس ويكون طويلاً عند اقتراب المذنب منها (انظر الشكل (3-27)

3-1-10 مذنبات شهيرة:

من المذنبات الشهيرة مذنب هالي ومدة دورته حول الشمس نحو 76 عاماً. ويدور حول محوره عكس اتجاه دوران الكواكب و تتراوح حول الشمس المدة بين 74 و79 عاما. وسبب تغيرها الاضطراب الذي يحدث للمذنب في مساره بالقرب من الأجرام السماوية مثل المشترى ونبتون ويمتد مساره إلى ما بعد مسار نبتون. ويقول المرحوم الدكتور/ أحمد زكي إن مذنب هالي هو الذي أشار إليه أبو تمام في البيتين اللذين ورد ذكرهما. ويقدر أن يكون ذلك في عام 837 ميلادية عندما كان أبو تمام في سن الرابعة والثلاثين.[1] أي أن مذنب هالي يكون قد أكمل حوالي 15 دورة حول الشمس عام 1986م اعتباراً من عام 837م. وهذا المذنب مذكور في الكتابات الصينية منذ عام 240 قبل الميلاد.

جدول 3-8 معلومات عن بعض المذنبات الشهيرة

م	الاسم	المسافة بالوحدة الفلكية من نقطة		طول المحور الرئيسي بالوحدة الفلكية	متوسط مدة الدوران بالسنة	الاختلاف المركزي	تاريخ اكتشافه
		الحضيض	الأوج				
1	هالي Halley	0.586	35.1	35.6	75.3	0.967	1758
2	هيل-بوب Hale-Bopp	0.91	371	372	2537	0.990	1995
3	هياكوتيك Hyakutake	0.230	4368	4368	102070	0.999	1996
4	بيلا Biela*	0.861	6.19	7.04	6.62	0.756	1826

[1] أحمد زكي، مع الله في السماء، (القاهرة: دار الهلال، بدون تاريخ)، ص 160.

* اختفي بعد انقسامه

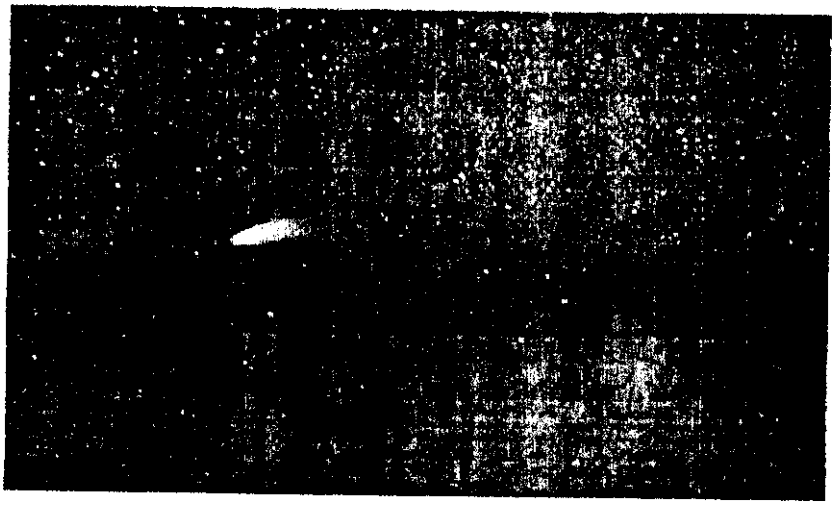
ومذنب بيلا ومدة دورانه 7 سنوات، لوحظ سنة 1806م و1826م و1831م؛ وعندما رصد في عام 1846م و1842م- لوحظ مقسوماً إلى جزئيين، ولم ير بعد ذلك والراجح أنه تبخر وتلاشى في الفضاء. وهذا ما يحدث لكثير من المذنبات بمرور الزمن. ومن المذنبات الشهيرة التي حدث لها مثل هذا، مذنب الإسكافي (شوميكر-ليفي(9)) الذي اكتشف عام 1993م. وقد مر بالقرب من كوكب المشترى عام 1992م، واقترب منه في مسافة أقل من حد روكي[1]، مما جعله يتحطم إلى 21 جزءاً على الأقل، وانتشرت أجزاؤه على بلايين الكيلومترات على مداره حول الشمس. أنظر الشكل (3-30) الذي يوضح صورة خافتة لأوضاعه في مساره.

وفي عام 1994م بين: 16 و22 يوليو اصطدمت أجزاء من مذنب الإسكافي بالأجزاء العليا للغلاف الجوي لكوكب المشترى؛ وتمكن العلماء لأول مرة من مشاهدة تصادم جسمين فلكيين بعيداً من الأرض. ورصدت الحادثة من على الأرض وبوساطة السفن الفضائية. وظلت آثار الاصطدام تشاهد لمدة عام كامل بعد حدوثه ومن المعتقد الآن أن كثيراً من الكويكبات قد تكون في الماضي عبارة عن مذنبات فقدت الغازات المتجمدة والغبار العالق بها عند اقترابها عدة مرات من الشمس، وتبخرت تلك الغازات وما علق عليها من غبار. وبذلك بقي الجزء الصخري منها. وربما يكون ذلك هو مصير المذنبات الأخرى في نهاية المطاف.

شكل 3-30

[1] وحد روكي هو أقل مسافة من الكوكب الذي يدور حول جسم صغير كالتابع قبل أن تفككه قوى المد (Tidal forces). بمعنى أن التابع يتفكك إذا اقترب من الجسم. هذا الرقم عرضة للتغيير بسبب أثر الكواكب وطبيعة قوى تماسك التابع عليه أثناء مساره الذي يدور فيه لمسافة أقل من حد روكى (Rockes limit)

شكل 3-31 أ



شكل 3-31 ب

ويوضح الشكل 3-31 (أ وب) صورة مذنب هيل هوب في مارس وأبريل 1997. ويلاحظ أن الذيل قد نقص في أبريل.

ومن المذنبات ذات الدورات القصيرة مذنب أنكي. ومدة دورته حول الشمس 3.3 سنوات. ويمتد مساره بعد مسار المريخ ولكنه لا يصل مسار المشترى.

ويبلغ عدد المذنبات المعروفة حتى 1995م، 878 مذنباً، منها 184 تقل مدة دورتها عن 200سنة (أرضية)؛ وهى بالطبع مذنبات دورية.

3-4 الشهب والنيازك:

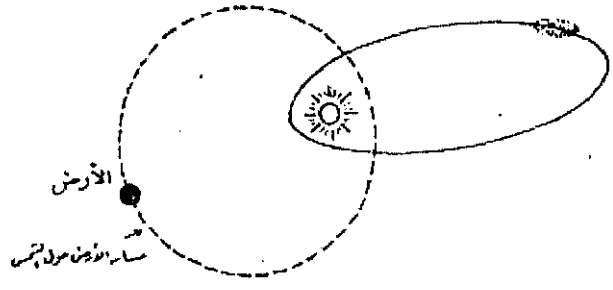
يدور حول الشمس عدد كبير من الأجسام الصغيرة في مسارات إهيلجية لا تقع في نفس مسطح مسار الأرض حول الشمس، ومن ثم كان احتمال تقاطع مساراتها مع مسار الأرض والكواكب الأخرى أمراً وارداً؛ ولكن لا يعنى ذلك أنها تتصادم مع الأرض عند تقاطع مساراتها مع مدار الأرض حول الشمس دائماً. بل إن التصادم نادر الحدوث (لماذا؟).

وعند اقتراب الأرض من هذه الأجسام تتسارع نحوها لصغر كتلتها، وتحتك بالغلاف الجوي مما ينتج منه ارتفاع كبير في درجة الحرارة تصهر جزءاً منها وتبخره. ويترك ذلك ضواءً فوق سطح الأرض في شكل شريط لا يلبث أن يزول ويحدث ذلك على علو 60 أو 130 كيلومتراً فوق سطح الأرض. انظر الشكل 3-32.

شكل 3-32 (شهب)

11-1-3 مصدر الشهب:

هناك نوعان من الشهب. الأول منها يأتي بصورة دورية؛ وهذه ناتجة من أسراب من الشهب تدور حول الشمس في مسارات اهيليلجية. وتكون الشهب مركزة في منطقة أو مناطق معينة من المسار (انظر الشكل (3-33))

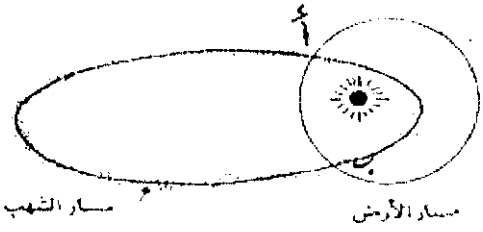


شكل 3-33

وفي مثل هذه الحالة يقاطع مسار الأرض مسار الشهب سنوياً ولكن لا يصادف ذلك وجود سرب الشهب إلا بعد مدة معلومة تحددها مدة دوران السرب حول الشمس ومدة دوران الأرض حول الشمس.

لنفرض أن مدة دوران سرب من الشهب 3 سنوات. والتقى هذا السرب مع الأرض في يناير 1975م فكم من الوقت يمضي قبل أن يلتقيا مرة ثانية؟ واضح من ذلك أنهما سيلتقيان في يناير 1978م لأن الأرض تدور دورة واحدة عندما يدور السرب ثلث دورة في مساره ولذلك لابد من مضي ثلاثة أعوام قبل أن تدخل الأرض في السرب لتحدث زخة من الشهب. وتتكرر العملية كل ثلاثة أعوام. ولكن إذا كانت دورة السرب 3.5 سنة لابد من مرور سبع سنوات قبل موعد لقائهما للمرة الثانية. ويمكن معرفة دورة حدوث الشهب، أي موعد دخول الأرض في السرب، بإيجاد القاسم المشترك الأعظم بين دورة السرب حول الشمس ودورة الأرض حول الشمس. ففي الحالة الأولى نجد أن القاسم المشترك الأعظم للعددين 1 و3 هو 3، وفي الحالة الثانية نجد أن القاسم المشترك بين 1 و 3.5 هو 7.

النوع الثاني من الشهب يحدث سنوياً. وهذا ناتج من وجود حزام من الأجسام الصغيرة والصخور والغازات التي تغطي كل المسار (أنظر الشكل (3-34))



شكل 3-34

إن مسار الأرض حول الشمس يخترق حزام الشهب في مكان واحد عند النقطة (أ). ولا يقابل مسار الأرض مسار حزام الشهب في (ب) كما يبدو من الشكل لأن هذا الحزام لا يقع عادة في نفس مسطح مسار الأرض حول الشمس ويبدو ظاهرياً التقاطع في (ب) لأن المسارين مرسومان في نفس المسطح.

في مثل هذا النوع من الشهب تمر الأرض سنوياً في الحزام عند النقطة (أ) وبما أن الأجسام تملأ كل الحزام فلابد إذن من أن تجذب نحوها شهباً أو نيازك أو الاثنين معاً. ولذلك يحدث هذا النوع سنوياً وفي نفس الوقت من العام. والجدول (3-8) يعطي تواريخ حدوث زخات كبيرة من الشهب سنوياً.

جدول 3-9 مواقيت الشهب

موعد حدوث الشهب	اسم المذنب الذي يحدثها	دورة المذنب بالسنين
4/21	مذنب 1861(1)	415
5/4	مذنب هالي	76
7/30	-	3.6
8/11	مذنب 1862(3)	105
10/9	جيكوبيني-زنر	6.6
10/20	هالي	76
10/31	أنكي	3.3

11/4	بيلا	6.6
11/16	مذنب 1866(1)	33
12/13	-	1.6

ولوحظ أن مسارات هذا النوع تتوافق مع مسارات بعض المذنبات –بعض هذه المذنبات قد تلاشى واندثر مثل مذنب بيلا وبعضها لا يزال موجوداً مثل مذنب هالي. لاحظ أن مذنب هالي يحدث شهباً مرتين في العام، مما يدل على أنه يقع في نفس مسطح مسار الأرض حول الشمس تقريباً. وقد تكون بعض الشهب والنيازك الناتجة من تقاطع مسار الأرض مع مسارات بعض الكويكبات الصغيرة. مما يعنى أن مصدر بعض النيازك والشهب هو الكويكبات.

12-1-3 النيازك:

بعض الشهب كبير في حجمه ويمكن أن يسقط على الأرض بعد أن ينصهر ويتبخر جزء منه. ويسمى هذا النوع بالنيازك، ويعتقد أن نحو ألف نيزك يسقط على الأرض كل عام. وربما يتبادر إلى الذهن لماذا لا نلاحظ ذلك بكثرة إذا كانت تسقط بهذا العدد الكبير؟ ولكن هذا السؤال يمكن الإجابة عنه ببساطة إذا علمنا أن ثلاثة أرباع سطح الكرة الأرضية مغطى بالمياه ومعظم اليابسة غير مأهول وكثير من هذه النيازك صغيرة الحجم. ولذلك فإن النيازك التي تسقط في هذه المناطق لا تثير انتباه الإنسان العادي.

والجدير بالذكر أن النيزك يصل إلى الأرض بسرعة عالية. وإذا كان كبير الحجم فإنه يحدث دوياً كبيراً وحفرة عميقة ويتحطم إلى أجزاء كثيرة.

ومن أشهر النيازك المعروفة نيزك جنوب إفريقيا. ونيزك ولاية أريزونا بالولايات المتحدة الأمريكية الذي أحدث حفرة كبيرة قطرها 1280 متراً، وعمقها 157 متراً وتبعثر حطامه على بعد كيلومترات. انظر الشكل 3-35

شكل 3-35

وسقط نيزك كبير في 1908/6/3م في سيبريا، وتسبب سقوطه في تحطيم النوافذ على بعد 80 كيلومتراً من مكان السقوط. وأثر الضغط الذى أحدثه اندفاع الهواء في أجهزة الإرصاد على بعد 5440 كيلومتر في لندن. كما تسبب في اقتلاع الأشجار على بعد 30 كيلومتراً. ووجد في مكان سقوط النيزك عشر حفر نيزكية امتداد الواحدة 45 متراً. وتقدر كتلة هذا النيزك قبيل سقوطه على الأرض بنحو عدة مئات من الأطنان. ويبدو أنه قد انفجر في الجو قبل وصوله إلى الأرض بقليل.

3-1-13 مادة النيارك:

يمكن تقسيم النيازك من حيث تركيبها إلى نوعين:

الأول: يتكون معظمه من الحديد والنيكل بنسبة 10:9 والثاني عبارة عن صخور تشبه الصخور على الأرض، وتتكون من الحديد والنيكل والسلكات. وتختلف نسبة الحديد والنيكل من نيزك وآخر. ويعتقد أن الغالبية العظمى من النيازك تتكون من صخور تشبه صخور القشرة الأرضية. انظر الشكل 3-36.

أ (صخرة نيزكية)

شكل 3-36 ب (صخرة نيزكية)

وتسقط على الأرض كمية كبيرة من غبار النيازك. ويتكون ذلك من جسيمات صغيرة لم تصل سرعة كافية لتوليد حرارة كبيرة باحتكاكها مع الهواء. ومثل هذا الغبار كثير في المجموعة الشمسية.

ويفسر وجود هذا الغبار ظهور الشفق قبل الفجر وبعد الغروب حيث يشتت هذا الغبار ضوء الشمس في اتجاه الأرض فنستمر في رؤية الضوء رغم غروب الشمس.

5-3 توزيع المادة في المجموعة الشمسية:

يوضح الجدول التالي أن معظم المادة في المجموعة الشمسية تتركز في مركزها، الشمس، ولا غرابة أن نسبت كل كتلة المجموعة إلى الشمس.

جدول رقم 3-10 توزيع المادة في المجموعة الشمسية

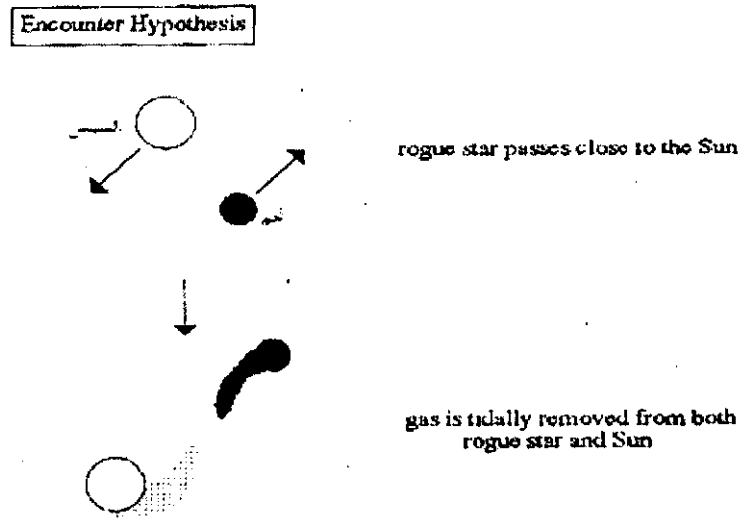
الشمس	1	99.86
الكواكب	9	0.135
التوابع	143	0.00004
المذنبات	100,000	0.00003
الكويكبات	100,000	0.00003
الشهب والنيازك	-	0.0000003
غبار وغازات	-	0.0000001

6-3 نشأة المجموعة الشمسية:

لابد من التأكيد هنا أن الكلام عن طريقة نشأة المجموعة الشمسية، أو نشأة الكون، مجرد نظريات علمية قابلة للتعديل والتنقيح والتبديل. هذا لأن أحداً لم يشهد بدء تكوين المجموعة الشمسية أو نشأة الكون. ولذلك فإن أية نظرية في هذا الخصوص لابد أن تكون تخميناً. وهي بهذه الصفة تعتبر نموذجاً (*Model*) لتفسير واقع حدث في الزمان السحيق قبل نحو 4.5 بليون سنة. ومن المعلوم أن النموذج الذى يفسر أكبر قدر من المشاهدات هو الأكثر صحة.

هناك نظريات كثيرة عن نشأة المجوعة الشمسية ولكن ثلاثاً منها هي التي تحظى بشيء من القبول في الوسط العلمي. وأول من اقترح النظرية الأولي هو العالم الفرنسي الكونت دي بيفون. وتفترض هذه النظرية تصادم نجم مع شمسنا واقتطع النجم أجزاء منها نتيجة لذلك، وبمرور الزمن تكورت هذه الأجزاء واستمرت تدور حول الشمس بسبب سرعتها والقوة الجاذبة بينها وبين الشمس. ولابد أن يكون ما حدث لشمسنا قد حدث مثله للنجم الآخر الذي قد تصادم مع الشمس، فتكونت حوله كواكب وتوابع وكويكبات. وجاء العالمان شامبرلين ومولتون عام 1922م بعد الكونت دي بيفون، وعدلا نظريته. وذلك بافتراض أنه لم يحدث تصادم بين النجم والشمس، وإنما كان النجم يتحرك بسرعة كبيرة مقترباً من الشمس لدرجة كبيرة مما نتج عنه اقتطاع أجزاء صغيرة من الشمس بسبب قوة الجذب الكبيرة بين النجم والشمس. تجمعت هذه الأجزاء الصغيرة في أجسام أكبر وظلت تدور حول الشمس نتيجة لقوة الجذب

المشتركة بين كل منها والشمس. وبردت هذه الأجزاء المتجمعة وتصلبت فيما بعد، وعرفت بالكواكب، أما النجم فقد استمر في حركته مبتعداً عن الشمس بعد أن تغير اتجاه حركته قليلاً. كذلك فإن اتجاه حركة الشمس لابد أن يكون قد تأثر وغالباً ما يكون النجم قد اقتطعت منه الشمس أجزاء وحدث لها ما حدث للأجزاء التي قطعت من الشمس، فتكون حول النجم كواكب، وحول الكواكب توابع. انظر الشكل 3-37.

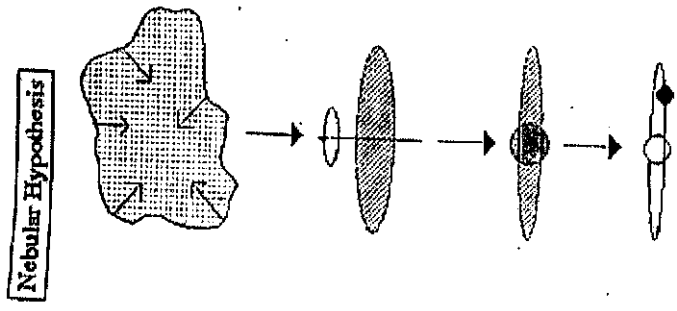


شكل 3-37

والنظرية الثانية، وتسمى نظرية السديم النجمي (Solar Nebula). وتنسب إلي كل من امانويل كانت (1700)، وبيتر سايمون لابلاس (1796) (Pierre Simon De Laplas) وتقول هذه النظرية إن المجموعة الشمسية بدأت بغلاف غازي يحيط بشمس بدائية (Primitive). وكان هذا الغلاف يدور حول الشمس البدائية.

وبانكماش هذا الغلاف زادت سرعة دورانه، وزاد انبعاجه عند خط استواء الشمس البدائية. وعندما أصبحت القوة الطاردة مساوية لقوة الجذب الكوني نحو المركز، تكونت حلقة استوائية غازية. ويلي ذلك تكون حلقات أخرى. كل حلقة تجمعت بمرور الزمن في شكل كرة غازية اتخذ مركزها مساراً حول الشمس هو نفس مسار الحلقة التي تكونت منها وبنفس الطريقة تكونت حلقات صغيرة حول الكرات لتكون التوابع. وهكذا أصبحت الكرات الغازية كواكب تدور حول

الشمس والتوابع تدور حول كواكبها التي تكونت منها. انظر الشكل 3-36 وبعض هذه الكواكب ما يزال يدور حولها سدم من الغازات والغبار تسمى حلقات مثل حلقات زحل والمشترى. ومما يقوى هذه النظرية أن حركة الكواكب حول الشمس في نفس الاتجاه وتقع كلها تقريباً في مسطح واحد. وكذلك حركتها حول محاورها في نفس الاتجاه ماعدا الزهرة وأورانوس ولكن هذه النظرية لا تخلو من ضعف لأنها لا تفسر كل الحقائق الماثلة في المجموعة الشمسية ومن أهمها توزيع كمية الحركة بين أفراد المجموعة الشمسية بما في ذلك الشمس الأم.



شكل 3-38 (نظرية السديم)

والنظرية الثالثة تطور لنظرية السديم الغازي. واقترحها العالم جـ.ب كيبر (G.P Kuiper) عام 1949م، وتسمى نظرية الكوكب الابتدائي (Proto Planet) وتفترض النظرية أن السديم الغازي يتكون من نفس المواد التي تتكون منها الكواكب الحالية. انظر الشكل 3-39 وتتكون الكواكب من دوران كتلة السديم المتجمع الذي أصبح أكبر من الكتلة الحرجة التي يمكن أن تتماسك مع الحركة السريعة ولذلك تنقطع منها أجزاء سميت كواكب ابتدائية. وأغلفة هذا الكواكب الابتدائية تتكون أساساً من الهيدروجين والهيليوم وبخار الماء والنشادر والميثان والنيون.

وتفسر هذه النظرية أيضاً حركة الكواكب والتوابع والمسافات التي تفصلها عن بعض ولكن لا تفسر توزيع كمية التحرك بين الكواكب والشمس.

ولكل هذه النظريات نقاط ضعف ونقاط قوة ولن نتعرض لها هنا. كما أنه توجد نظريات عن تكوين النجوم والكواكب. ولكن كما ذكرنا فإنها عبارة عن تخمينات ولا ترقى إلى اليقين بأي

حال من الأحوال ولعل البحوث الجارية حالياً ومستقبلاً تقود إلى نظريات ونماذج أكثر تأكيداً وأقرب إلى الواقع.

إن البحث في مثل هذه الأمور مشروح ولا يتناقض مع التعاليم الإسلامية مصداقاً لقوله تعالى: ((قل سيروا في الأرض فأنظروا كيف بدأ الخلق، ثم الله ينشئ النشأة الآخرة؛ إن الله على كل شيء قدير))[1]

[1] العنكبوت: الآية 20.

7-3 الأسئلة:

1- كم طول اليوم على كوكب عطارد؟

2- لماذا تصعب مراقبة عطارد؟

3- أحسب الاختلاف المركزي لعطارد إذا كانت أقرب نقطة وأبعد نقطة في مساره حول الشمس هما على التوالي 45 و 70 مليون كيلومتر.

4- لماذا يصعب قياس طول اليوم على كوكب الزهرة؟

5- اشرح لماذا يكون كوكب الزهرة تارة نجمة صباح وتارة أخرى نجمة مساء؟ وكم الوقت التي تمكثه في الحالتين؟

6- اذكر المعلومات التي أرسلتها أجهزة سفينة الفضاء التي اقتربت من سطح كوكب الزهرة بنحو 400 كيلومتر في 1967/10/19م.

7- ما هو الغريب في حركة كوكب الزهرة؟

8- ما هي أوجه الشبه والاختلاف بين المريخ والأرض؟

9- لماذا انشغل العلماء بدارسة كوكب المريخ أكثر من غيره؟

10- ما هي الكواكب الخارجية؟ ولماذا سميت بالكواكب العملاقة؟

11- كيف تفسر وجود انبعاج كبير عند خط الاستواء في كوكب المشترى؟

12- كيف تم اكتشاف كوكب نبتون؟

13- لماذا يتحرك كوكب المريخ حركة ظاهرية أسرع بين النجوم أكثر من حركة المشترى؟

14- إذا شوهد كوكب المريخ في يناير1975 فكم يمضي من الوقت ليشاهد في نفس الموضع في السماء؟

15- لمن يرجع الفضل في اكتشاف أول كويكب؟

16- أين تدور معظم الكويكبات؟

17- مستعيناً بالرسم وضح أجزاء المذنب؟ لماذا يتجه الذنب بعيداً عن اتجاه الشمس؟

18- ما هي الشهب الدورية؟ وما هو مصدرها؟ إذا ظهرت زخة دورية من الشهب في فبراير/1975 فمتى تظهر أول مرة إذا كانت مدة دورانها حول الشمس 3.4 سنة؟

19- اذكر إحدى النظريات عن طريقة تكوين المجموعة الشمسية؟

الفصل الرابع

4- الأرض والقمر

1-4 الأرض:

الأرض هي الكوكب الوحيد الذى نعرف عنه الكثير. وهو الكوكب الوحيد الذى نعرف أنه نشأت عليه حياة متقدمة. وسنحاول في هذا الفصل إعطاء فكرة عنه من وجهة النظر الفلكية.

1-1-4 شكلها:

لن نجد صعوبة الآن في إيراد الأدلة التي توضح كروية الأرض. فقد دلت الصور الملتقطة من علو كبير أن سطح الأرض مقوس وليس مستوياً كما كان يظن القدماء وجاءت السفن الفضائية لتؤكد أن الشكل العام للأرض كروي؛ وشاهد رجال الفضاء الأرض من أعماق الفضاء ومن القمر فكانت كرة لامعة من الضوء يميل إلى الزرقة والخضرة. وهكذا تبين لنا بما لا يدع مجالاً للشك أن شكل الأرض العام كروى وهذا ينسجم مع الآية الكريمة " والأرض بعد ذلك دحاها "[1]

ولكن شكل الأرض الحقيقي ليس كرة تماماً رغم أنه يقرب من ذلك كثيراً. فقد دلت القياسات غير المباشرة أن قطر الأرض عند خط الاستواء أكبر منه عند القطبين بمقدار ثلاثة وأربعين كيلو متراً.

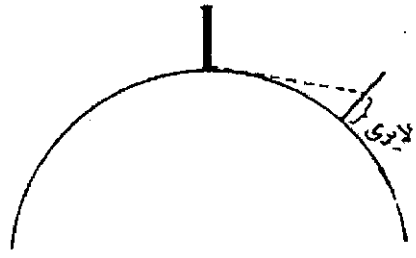
2-1-4 حجمها:

ذكرنا في الفصل الأول أن العالم اليوناني أرتوسين قد قاس قطر الأرض بطريقة ذكية. ونعطى هنا طريقة أخرى لا تقل ذكاء عن تلك، وتنسب هذه الطريقة التي عالم يدعى بدفورد.

---

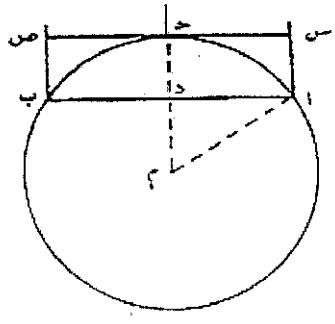
[1] الآية 30 من سورة النازعات. ومن معاني الدحو أنه شكل يشبه بيض النعام. ومن معانيها بسطها: ويقول الأستاذ الزاندانى في هذا أن البسط يعنى أن الناظر يرى الأرض مبسوطة له مد البصر وهذا ينطبق فقط للجسم الكروي. فمهما سار المرء لا تصادف حافة ويعود لنفس النقطة التي بدأ منها المسار إذا سار في نفس الاتجاه.

وتعتمد هذه الطريقة على أن سطح البحر على الأرض مستو بمعنى أنه ليس به مرتفعات ومنخفضات. وبما أن هذا السطح مقوس بسبب كروية الأرض فإن الأجسام البعيدة تبدو أصغر من الأجسام القريبة لأننا لا نستطيع رؤية الأجزاء السفلى من الأجسام البعيدة.



شكل 4-1 (الأجسام البعيدة تبدو أصغر من القريبة)

وملخص طريقة بدفورد أنه وضع في ثلاثة قوارب في عرض البحر ثلاثة أعمدة متساوية الطول. وكانت المسافة بين القارب والقارب المجاور له ميلاً ولحداً. ولاحظ من القارب الأوسط طول العمودين في القاربين الآخرين أقل بقليل من طول العمود في القارب الأوسط بسبب اختفاء الجزء الأسفل من كل نتيجة تقوس سطح الماء.



شكل 4-2 (طريقة بدفورد)

الشكل4-2 يوضح طريقة بدفورد ولم يرسم الشكل بالنسبة الصحيحة بغرض التوضيح (أس) و (ب ص) يوضحان الجزيئين المختفيين من العمودين وواضح من الرسم أنهما يساويان الخط جـ د.

أ جـ = المسافة بين القارب الأوسط والقارب الأول = 1 ميل

أم = م جـ أنصاف أقطار الكرة

الجزء المختفي = جـ د = م جـ - م د = أم – م د 1-4

Δ أ م د قائم الزاوية

$أم^2 = م د^2 + أ د^2$ 2-4

$أم^2 - م د^2 = أ د^2$ 3-4

ولكن $أم^2 - م د^2$ عبارة عن الفرق بين مربعين ويمكن تحليل ذلك ليعطي

$(أ م + م د)(أ م - م د) = أ د^2$ 4-4

عوض قيمة م د من المعادلة 4-1 لتحصل على:

$(أ م + أم - جـ د)(أم - أم + جـ د) = أ د^2$ 5-4

$(2أ م - جـ د) جـ د = أ د^2$ 6-4

أقسم طرفي المعادلة 4-6 على جـ د لتحصل على

$$2أ م - جـ د = \frac{أ د^2}{جـ د}$$ 7-4

أضف جـ د لكل من طرفي المعادلة 4-7 لتحصل على

$$2 أ م = \frac{أ د^2}{جـ د} + جـ د$$

$$2R = \frac{AD^2}{CD} + CD$$ 8-4

ولكن 2أ م = قطر الأرض. ولذلك يمكن كتابة المعادلة 4-8 على النحو التالي

$$قطر الأرض = \frac{أ د^2}{جـ د} + جـ د$$ 9-4

في المعادلة (4-9) جـ د = الفرق بين طول العمودين وهو كمية معروفة. ولكن أ د بالتقريب ليس معروفاً.

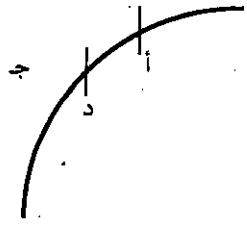
إذا نظرنا إلى شكل مماثل مرسوم بالنسب الصحيحة نلاحظ أن أ جـ = أ د

(أنظر الشكل 4-3). وذلك لأن محيط الأرض كبير جداً. ومسافة ميل واحد على المنحنى(المحيط) تساوى بالتقريب مسافة الخط المستقيم الذي يصل أ و جـ

لذلك أد = 1 ميل = 5280 قدماً

$$\text{جـ د} = 0.66 \text{ قدم} = \frac{0.66 \text{ ميل}}{5280} = 0.000125$$

عوض قيمة كل من أ د و جـ د في المعادلة 4-9



شكل 4-3 (مسافة قصيرة على محيط كبير تبدو أقرب إلى الخط المستقيم)

$$\text{قطر الأرض} = \frac{0.66}{5280} + \frac{^{2}1}{\frac{0.66}{5280}}$$

$$= \frac{66}{528000} + \frac{528000}{66}$$

$$= 8000 + \frac{1}{83.3} \approx 8000 \text{ ميل (لأقرب ميل)}$$

حجم الأرض:

كذلك قاس نصف الأرض كل من على بن عيسى الأسطرلابي وخالد بن عبد الملك بتوجيه من الخليفة العباسي المأمون. فقد قاسوا المسافة بيت درجتين بسطح أرض مستوية في صحراء سنجار وفي أرض الكوفة بالعراق. وكان متوسط المسافة بين درجتين من الشمال إلى الجنوب $56\frac{2}{3}$ ميل عربي.

والميل العربي يساوى 1973.2 متر. أي أن محيط الأرض بقياسهما في حدود 40253 كلم.

وكان الخليفة المأمون يهدف من هذا القياس إلى تأكيد قيمة محيط الأرض التي قرأها في كتب الأقدمين. وبذلك تعتبر هذه التجربة تأكيدية.

واستعمل البيروني معادلة تعرف بمعادلة البيروني لقياس قطر الأرض. وجاءت النتيجة قريبة من النتيجة التي توصل إليها كل من الاسطرلابي وخالد بن عبد الملك.

ونستطيع إيجاد حجم الكرة باستعمال القانون:

$$\text{الحجم} = 4\ \pi\ \text{نق}^3 \qquad V = \left[\frac{4\ \pi R^3}{3}\right]$$

$$= \frac{4}{3} \times 3.14\ (640000000)^3$$

$$\frac{3.3}{3} \times 10^{27}\ \text{سم}^3 = 1.1 \times 10^{27}\ \text{سم}^3 = 1.1 \times 10^{21}\ \text{م}^3$$

$$= 1.1 \times 10^{12}\ \text{كلم}^3$$

3-1-4 كثافتها:

وقد حسبنا كتلة الأرض في الفصل الأول فوجدناها 6×10^{27} جرام لذلك

كثافة الأرض= $\frac{6 \times 10^{27}}{1.1 \times 10^{27}}$ = 5.4 جم/سم^3

4-1-4 الأرض جسم يسبح في الفضاء:

للأرض حركتان. حركة حول محورها وحركة حول الشمس تشترك فيها مع بقية أسرة المجموعة الشمسية.

أ- حركتها حول محورها:

ليس من سبيل لملاحظة دوران الأرض حول محورها مباشرة. ولابد أذن من استنباط دليل غير مباشر لإثباته. وأوضح دليل على ذلك تلك التجربة الشهيرة التي صممها العالم الفيزيائي جين فوكو. وكان ذلك في عام 1851.

فقد أحضر فوكو ثقلاً كبيراً وعلقه على سقف البائيون من حبل طويل بحيث يستطيع البندول أن يتحرك بحرية. وكان طول الحبل 200 قدم، وكتلة الثقل 60 رطلاً، وثبت على الجزء الأسفل من الثقل إبرة عمودية بحيث تلامس مسطحاً من الرمل وضع تحت البندول.

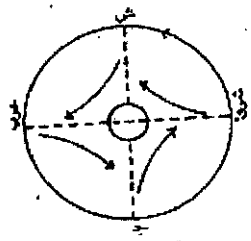
واتخذ فوكو كل الاحتياطات التي تجعل البندول يتحرك بحرية وتجنب أثر التيارات الهوائية التي يمكن أن تغير اتجاه حركة البندول. وبدأت الحركة بسحب الثقل إلى جانب وإطلاقه ليتحرك من تلقاء نفسه بفعل جاذبية الأرض. وبدأت الإبرة تعمل خطا على الرمل تحت الثقل المتأرجح. ولكن بعد مضى وقت قصير لوحظ أن الإبرة بدأت تعمل خطوطاً أخرى لا تقع في اتجاه الخط الذي عملته عند بدء ذبذبة البندول. وبدأ ذلك كأنما اتجاه حركة البندول قد تغير دون وجود أية قوى خارجية. ولكن ذلك يتنافى مع القانون الأول للحركة، إذ لابد أن يظل الجسم يتحرك في خط مستقيم في اتجاهه إلا إذا أثرت عليه قوة خارجية.

من ذلك استنتج فوكو أن سبب تغير اتجاه الحركة لابد أن يكون ظاهرياً، وأن الأرض هي التي تحركت تحت البندول. وبذلك أثبت فوكو دوران الأرض حول محورها. ومما يؤكد ما وصل إليه فوكو أن اتجاه الحركة لا يتغير إذا علق نفس الثقل وبنفس الحبل في موضع على خط الاستواء، وترك الثقل ليتحرك في خط موازٍ لخط الاستواء وبنفس الحبل في موضع خط الاستواء، وترك الثقل ليتحرك في خط موازٍ لخط الاستواء أي من الشرق للغرب في هذه الحالة

يلاحظ أن الإبرة تخط خطاً واحداً فقط لأن حركة دوران الأرض تقع في نفس اتجاه حركة البندول.

أما إذا أخذ البندول إلى أحد القطبين وجعل يتحرك في نفس الاتجاه فإنه يخط خطوطاً مختلفة بحيث تعود الإبرة إلى موضعها الأول بعد مضي 24 ساعة. ذلك لأن اتجاه حركة دوران الأرض حول محورها يختلف عن اتجاه حركة البندول.

والدليل الثاني على حركة الأرض حول محورها لوحظ في اتجاه الرياح في النصف الشمالي والجنوبي من الكرة الأرضية. فقد ألف الناس رؤية الرياح القادمة من منطقة الضغط العالي في شمال الكرة الأرضية تنحرف إلى الشمال قليلاً، وكان ينبغي أن تتبع الخط المتقطع في الرسم 4-4. أما في جنوب الكرة الأرضية فتنحرف الرياح جهة اليمين.



شكل 4-4 (تغير اتجاه الرياح بسبب دوران الأرض حول محورها)

والخط المتواصل يوضح اتجاه الرياح الفعلي، ولو كانت الأرض ثابتة لما تغير اتجاه الرياح. وينشأ من حركة الأرض قوة تسمى قوة الكيريولى وهى التي تغير اتجاه الرياح.

ب- الليل والنهار:

ومن حركة الأرض حول محورها بسرعة 1680كلم/ ساعة تقريباً ينشأ الليل والنهار حيث يتغير الجزء المتجه إلى الشمس بالتناوب، فيكون الجزء المواجه للشمس مضيئاً (نهاراً) والجزء المتجه بعيداً عن الشمس مظلماً (ليلاً). وبسبب حركة الأرض حول محورها من الغرب إلى الشرق تبدو لنا الشمس كأنها تتحرك من الشرق للغرب. وهذا ما جعل الأقدمين ينادون بثبات الأرض في مركز الكون وحركة القبة السماوية، بما فيها من نجوم وكواكب وشمس، من الشرق إلى الغرب حول الأرض.

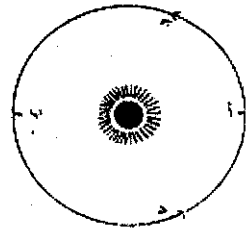
وتكمل الأرض دورة كاملة حول محورها في 24 ساعة. ولكننا نلاحظ أن النجوم تطلع مبكرة كل يوم حوالى 4 دقائق. وهذا ما يجعلنا نرى مجموعات من النجوم مختلفة خلال العام، بحيث نرى نفس المجموعة بعد عام في نفس الموضع، وهكذا تبدأ دورة كاملة بسبب ذلك ناتجة من حركة الأرض الأخرى حول الشمس في نفس اتجاه حركتها حول محورها. بسبب هذه الحركة يكون طول اليوم النجمي أقل من اليوم الشمسي. إذ إن النجوم تطلع متقدمة كل يوم بحوالي 4 دقائق. ولذلك فإن طول اليوم النجمي هو 23 ساعة و56 دقيقة. وتوجد ساعات في المراصد الفلكية تعمل بالساعات النجمية، أي بتقسيم اليوم النجمي إلى 24 ساعة. ولو اتخذ الإنسان اليوم النجمي للتوقيت لأصبح من الصعب معرفة بدء اليوم للذين لا يملكون ساعات. إذ لا توجد علامة واضحة مثل الشمس يبدأ بها اليوم، لأن النجم الذي نتخذه علامة سيأتي يوم يختفي فيه نهاراً لأن الشمس تشرق قبله.

حركتها حول الشمس:

ليس من الميسور الشعور بحركة الأرض حول الشمس. ولجأ الناس هنا للأدلة غير المباشرة.

لاحظ العلماء أن سرعة بعض النجوم تتغير تبعاً لموقع الأرض بالنسبة لها. فأحياناً تزداد هذه السرعة وتقل أحياناً أخرى. ويبدو أنها تزداد عندما تكون حركتها في نفس اتجاه حركة الأرض حول الشمس، وتقل حينما تكون الأرض مدبرة عنها.

انظر الشكل 4-5 الذي يوضح أربعة مواضع لحركة الأرض حول الشمس.

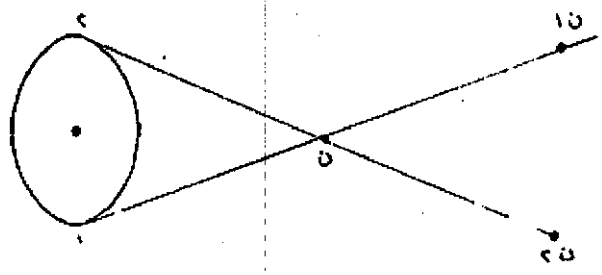


شكل 4-5 (حركة الأرض حول الشمس)

توضح الأسهم اتجاه الحركة، ومن هذا الشكل يتضح أن سرعة أي نجم متحرك- من جهة الشمال نحو الشمس-، تزداد في الموضع (ب) وتقل في الموضع (أ) وتكون في أعلي سرعة لها في

النقطة (د). وفي أدنى سرعة في النقطة (ج) وتقاس السرعة بالمطياف وفق ظاهرة دوبلر (Doppler effect). ولو كانت الأرض ثابتة لما حدث هذا الاختلاف في السرعة.

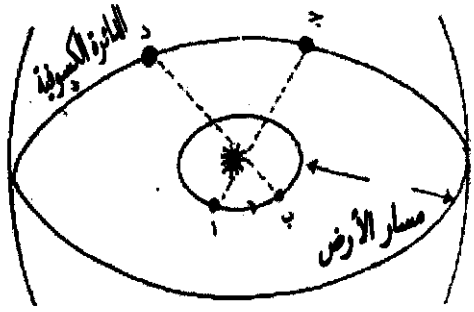
وهناك دليل آخر على حركة الأرض حول الشمس. وهو ما نلاحظه من تغير في مواضع النجوم القريبة بالنسبة للنجوم البعيدة عنا في أثناء دوران الأرض حول الشمس، ففي الشكل 4-6 يلاحظ المراقب للنجم في الموضعين 1و 2



شكل 4-6 (تغير مواضع النجوم بسبب حركة الأرض)

إنه يرى في الموضعين ن١ و ن٢ بالنسبة للنجوم البعيدة وواضح أنه لو كانت الأرض ثابتة لما تغير موضع النجم بالنسبة للأرض. والمهم في الأمر أنه بعد عام يلاحظ النجم في نفس موضعه عندما تعود الأرض إلى موضعها الأول.

ولكن كيف نعرف هذه الحركة الظاهرية للنجم إذا كانت كل النجوم تتحرك حركة ظاهرية بالنسبة للأرض، والجواب هنا ليس صعباً. إن النجوم القريبة تتحرك ظاهرياً بمقدار أكبر من حركة النجوم البعيدة، فالنجوم البعيدة جداً لا تتحرك ظاهرياً تقريباً. وهذا يشبه ما نلاحظه من داخل قطار متحرك أو من داخل عربة مسرعة. حيث تبدو لنا الأشياء القريبة متحركة بسرعة في نفس الاتجاه المضاد لحركتنا بينما تتحرك الأجسام البعيدة في نفس الاتجاه ببطء. فالأشياء القريبة سرعان ما تختفي بينما نرى الأماكن البعيدة



شكل 4-7 (الدائرة الكسوفية)

مثل الجبال والأشجار المحيطة بها.

والدليل الآخر على حركة الأرض حول الشمس حركة الشمس الظاهرية أثناء السنة. فنحن نلاحظ أن الشمس تميل جهة الشمال قليلاً أثناء الصيف وإلى الجنوب قليلاً في الشتاء مما تغير معه اتجاهات الظلال.

أنظر إلى الشكل 4-7، تلاحظ أن المشاهد من الموضع (أ) يرى الشمس في (ج). وعندما يتحرك إلى (ب) فإنه يرى الشمس في الموضع (د). ويسمى المسار الذي تتحرك عليه الشمس أثناء السنة بالدائرة الكسوفية. (Ecliptic) والنجوم التي تقع قريباً أو على الدائرة الكسوفية تسمى بالأبراج وسنتعرض للتحدث عن ذلك في مكانه في الفصل السادس.

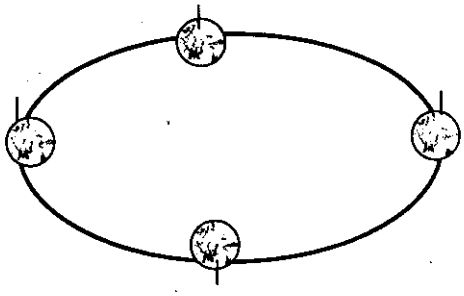
وتتحرك الأرض حول الشمس بسرعة 29.78 كلم في الثانية في المتوسط، على بعد متوسطه 149.507779 كيلومتر. ويختلف البعد عن الشمس بسبب الاختلاف المركزي للمسار (0.0167)؛ وعلى ذلك فإن البعد الأعظم (الأوج) من الشمس يكون 152.019.510 والبعد الأصغر (الحضيض) يبلغ 146.996.048 كلم.

د- الفصول:

إن حركة الأرض حول الشمس شرط ضروري لحدوث الفصول ولكنه ليس كافياً؛ والشرطان المكملان لذلك هما ميلان محور الأرض $23\frac{1}{3}$ عن مسارها حول الشمس واتجاه هذا المحور نحو جهة ثابتة في السماء، هو النجم القطبي. ولو أختل أي من هذه الشروط الثلاثة لما أمكن حدوث الفصول كما هي عليه حالياً.

لنفرض أن محور الأرض لم يكن مائلاً. ماذا يعنى ذلك؟ يعنى هذا أن المحور سيكون عمودياً على مسار الأرض حول الشمس، ويعنى ذلك أيضاً أن اتجاه الأشعة الواصلة إلى الأرض من الشمس لن يتغير أثناء حركة الأرض حول الشمس. أي أن الأشعة ستصل منطقة معينة بنفس الزاوية أثناء السنة (انظر الشكل4-8). وفي هذه الحالة ستصل الأشعة عمودية على خط الاستواء وتزداد زاوية الميلان شمالاً وجنوباً لخط الاستواء مع خطوط العرض. ومقدار ميلان الأشعة هو الذي يحدد كمية الحرارة التي تسقط على السنتمتر المربع كما سيتضح ذلك بعد قليل. ووصول الأشعة بنفس الميلان مع مرور الزمن يعنى أن كمية الحرارة التي تسقط على

السنتميتر المربع لا تتغير، ومعنى ذلك أن درجة الحرارة لا تتغير (وبالتالي لا ينتج عن ذلك فصول).



شكل4-8 (أهمية ميلان محور الأرض لحدوث الفصول)

أي أن الفصول تأتي نتيجة تغير كمية الحرارة الواصلة إلى منطقة ما أثناء السنة. ولكن عندما يكون المحور مائلاً أحياناً فإن الأشعة تصل أحياناً مائلة وأحياناً أخرى عمودية فتختلف درجة الحرارة مع الزمن.

فمثلاً في 21 يونيو تصل الأشعة عمودية على الخط 23 شمالاً. وهوما يسمى بمدار السرطان. بعض الناس يقول إن الانقلاب الصيفي يحدث عندما تصل الشمس مدار السرطان. وهذا تعبير غير دقيق لأنهم يعنون بذلك أن أشعة الشمس تصبح عمودية على مدار السرطان في هذا الوقت أما المناطق الأخرى فتصلها أشعة الشمس مائلة وتكون أكثر ميلاناً على القطب الجنوبي ولذلك فإن مقدرتها على التسخين تكون أقل هناك وتكون أعلى على خط مدار السرطان ولا غرابة أن يكون هذا الوقت صيفاً في النصف الشمالي من الكرة الأرضية وشتاء في النصف الجنوبي منها.

ويلاحظ أن المنطقة شمال خط عرض $66\frac{1}{2}$ شمالاً يصلها ضوء الشمس باستمرار في هذا التاريخ ويكون نهارها 24 ساعة وعندما يقل الميلان يقل طول النهار تدريجياً إلى أن يتساوى الليل والنهار في 9/23.

وفي 12/22 يكون القطب الشمالي متجهاً بعيداً عن الشمس ولذلك لا يصله الضوء، ويكون طول الليل 24 ساعة في كل المنطقة شمال خط عرض 66 درجة وفي هذا الوقت تصل أشعة الشمس عمودية على مدار الجدى. وهو وقت الصيف في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية. والشتاء في النصف الشمالي منها.

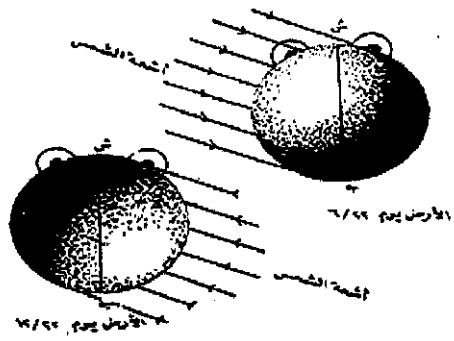
ويلاحظ من الجدول رقم 4-1 أن الأشعة تصل عمودية مرتين في العام على كل خطوط العرض بين 23 شمالاً و 23 جنوباً. ويبدأ الربيع في النصف الشمالي في 3/21 والخريف في 9/23 وفي الحالتين تصل أشعة الشمس عمودية على خط الاستواء.

جدول رقم 4-1

التواريخ التي تصل فيها أشعة الشمس عمودية عند الظهر على خطوط العرض الموضحة

[illegible]	[illegible]	خط العرض	[illegible]	[illegible]	[illegible]
9/23	3/20	1	6/21	6/21	23
9/26	3/18	2	6/10	7/3	23
9/29	3/16	3	6/1	7/12	22
10/1	3/13	4	5/26	7/19	21
10/4	3/11	5	5/21	7/24	20
10/6	3/8	6	5/16	7/29	19
10/9	3/6	7	5/12	8/2	18
10/12	3/3	8	5/8	8/6	17
10/14	3/28	9	5/5	8/9	16
10/17	2/26	10	5/1	8/12	15
10/20	2/23	11	4/28	8/16	14
10/22	2/20	12	4/25	8/19	13
10/25	2/17	13	4/22	8/22	12
10/28	2/15	14	4/19	8/25	11
10/31	2/12	15	4/16	2/28	10
11/3	2/9	16	4/13	8/31	9
11/7	2/5	17	4/11	9/2	8
11/10	2/2	18	4/8	9/5	7
11/14	1/29	19	4/5	9/8	6
11/18	1/25	20	4/3	9/10	5
11/22	1/21	21	3/31	9/13	4
11/27	1/16	22	3/29	9/16	3

2	9/18	3/26	23	1/10	12/3
1	9/21	3/23	$23\frac{1}{2}$	1/2	12/11
خط الاستواء	9/23	3/21		12/22	12/22



شكل 4-9

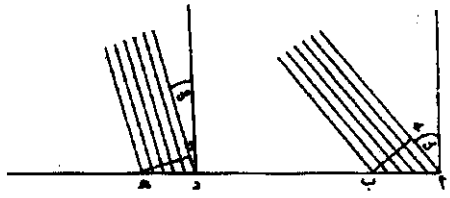
هذا ما كان من أمر ميلان المحور. فهل من الضروري أن يتجه هذا المحور بصورة دائمة نحو النظم القطبي لكي تحدث الفصول؟ ولتوضيح أثر ذلك دعنا نفرض أن اتجاه المحور أصبح يتعدل باستمرار بحيث يكمل دورة كاملة عندما تكمل الأرض دورة كاملة حول الشمس. في هذه الحالة ستصل الأشعة بنفس الميلان لنفس النقطة من الأرض. وتستطيع ملاحظة ذلك بوضع كرة أرضية في أربعة مواضع مختلفة حول لمبة مضيئة بحيث يتجه المحور في الموضع الأول نحو الشمال وفي الموضع الثاني نحو الغرب وفي الموضع الثالث نحو الجنوب وفي الموضع الرابع نحو الشرق وستلاحظ أن القطب الشمالي لن تصله أشعة الشمس وبذلك يصبح ليلاً سرمدياً أما القطب الجنوبي فسيصبح نهاره سرمدياً وفيما بين ذلك ستصل الأشعة لكل منطقة بنفس الزاوية. سيكون النصف الشمالي أبرد من النصف الجنوبي على العموم. ويحدث العكس لو اتجهت الأرض باستمرار نحو الشمس إذ يصبح النصف الجنوبي أبرد من النصف الشمالي وتصبح منطقة مدار السرطان أسخن المناطق على طول أيام السنة. ويصبح خط الاستواء من المناطق المعتدلة.

ولو لم تكن الأرض متحركة حول الشمس فلا يمكن حدوث أية فصول إذ في هذه الحالة ستصل الأشعة أيضاً لنفس المنطقة بنفس الزاوية إذا ظلت الأرض متجهة بمحورها إلى نفس الاتجاه.

وهكذا نلاحظ أهمية كل من الشروط الثلاثة لحدوث الفصول، فلو لم تتوافر كلها لاضطرب تتابع الفصول أو انعدمت مرة واحدة.

قد يتبادر إلى الذهن لأول وهلة، أن سبب الفصول ربما بسبب ابتعاد الأرض واقترابها من الشمس أثناء سيرها في رحلتها السنوية حولها. ولكن هذا المنطق لا يلبث أن ينهار من أساسه إذا علمنا أن الأرض تكون أقرب إلى الشمس في يناير منها في يوليو بمقدار خمسة ملايين من الكيلومترات. وهذا هو وقت الشتاء في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، ووقت الصيف في النصف الجنوبي. لو كان ما ذكر أن سبب الفصول اقتراب الأرض وابتعادها من الشمس لكان يناير هو الصيف في كل من النصف الشمالي والجنوبي. إن اقتراب الأرض من الشمس في يناير يؤثر قليلاً في مقدار الحرارة الواصلة إلى الأرض ولكنه ليس عاملاً مهماً في حدوث الفصول وذلك لأن الاقتراب بسيط إذا قورن ببعد الأرض عن الشمس.

لعله من الأوفق الآن أن نشرح لماذا تكون الأشعة المائلة أقل تسخيناً من الأشعة الساقطة عمودياً من الأرض. إن الأشعة المائلة تنتشر على مساحة أكبر على السطح الواقعة عليه، وبذلك تتوزع الأشعة عمودية حيث تتركز هنا الحرارة على مساحة أقل.



شكل 4-10 (الأشعة العمودية والمائلة)

ويمكن برهان ذلك رياضياً بالنظر إلى الشكل 4-10 في هذا الرسم لاحظ أن عرض الشعاعين في 1و2 متساو ولكن زاوية ميلان الأشعة في أ اكبر منها في ب' ونعنى بالميلان هنا الميلان على الخط العمودي على الأرض.

إذا فرضنا أن مساحة مقطع الشعاع في الحالتين متر مربع واحد فسيتضح لنا من الرسم أن الأشعة المائلة في (أ) تتوزع على مساحة أكبر. ولاستنباط العلاقة الرياضية في المثلث أ ب جـ

< أ ب جـ = س (θ)

ب جـ = أ ب × جيب تمام < أ ب جـ $BC=ABCOS\,\theta$

= أ ب × جتا س أو أ ب = $\frac{\text{ب جـ}}{\text{جتا س}}$ $or\ AB=\frac{BC}{COS\theta}$

وبطريقة مماثلة:

دهـ = هـ و ÷ جتا ص

ولكن س > ص

لذلك أ ب > د هـ

وتجدر الإشارة إلى أن أحد بعدي الشعاع هو الذي يتغير بينما يظل البعد الآخر كما هو. أي إذا كان الشعاع عبارة عن مربع فإن الضلعين في اتجاه الشعاع هما اللذان يزيدان عندما يكون الشعاع مائلاً. وعندما تصبح المساحة على الأرض مستطيلاً بدلاً من مربع. وإذا كانت مساحة الشعاع (م) فإن المساحة الجديدة تصبح المساحة القديمة ÷ جيب تمام زاوية الميلان.

مثال:

شعاع مساحة مقطعه 4 أمتار مربعة. فإذا كان الشعاع في شكل مربع. أوجد المساحة إذا كان ميلان الشعاع:

أ – 80 درجة

ب- 60 درجة

ج- 30 درجة

د- صفر (عمودياً)

الحل:

$$\text{العرض الجديد للشعاع} = \text{ب جـ} = \frac{\text{العرض القديم}}{\text{جيب تمام زاوية الميلان}}$$

$$\text{أ- } \frac{2}{\text{جتا } 80} = \frac{2}{0.1736} = 11.52$$

المساحة = $2 \times 11.52 = 23.04$ متر^2

أو ببساطة المساحة التي يتوزع عليها الشعاع =

$$\frac{4}{\text{جتا } 80} = \frac{4}{0.1736} = 23.04 \text{ م}^2$$

المساحة الجديدة عندما يكون الميلان:

$$\text{ب- } \frac{60}{\text{جتا } 60} = \frac{4}{\frac{1}{2}} = 8 \text{ م}^2$$

$$\text{جـ- المساحة الجديدة عندما يكون الميلان } \frac{4}{\text{جتا } 30} \text{ م} = \frac{4}{0.866} = 4.62 \text{ م}^2$$

$$\text{د- المساحة الجديدة عندما يكون الميلان} = \frac{4}{\text{جتا صفر}} = \frac{4}{1} = 4 \text{ م}^2$$

ويلاحظ أن المساحة تصبح أكبر وأكبر كلما قاربت زاوية الميلان 90 درجة وتقل المساحة كلما قربت زاوية الميلان من الصفر، وفي هذه الحالة تتوزع مساحة الشعاع على نفس مساحة مقطعه.

ومما يجدر ذكره أن الأرض تكون أقرب إلى الشمس في شتاء النصف الشمالي من الكرة الأرضية، ولذلك فإن سرعتها حول الشمس تزداد مما يجعل الشتاء في النصف الشمالي أقصر من الصيف بمقدار أربعة أيام ونصف اليوم حيث تكون الأرض بعيدة عن الشمس وتقل سرعتها في مسارها حول الشمس وفقاً لقانون كبلر الثاني. وعلى هذا الأساس فإن صيف النصف الشمالي أقصر من فصل الشتاء فيه. ولكن كمية الحرارة التي تصل إلى النصف الجنوبي صيفاً تساوى تقريباً نفس كمية الحرارة التي تصل إلى النصف الشمالي صيفاً رغم قصر فصل الصيف في النصف الجنوبي. ذلك لأن طول الصيف عندنا يقابله قرب الشمس من الأرض في صيف النصف الجنوبي حيث يزداد تركيز أشعة الشمس نتيجة لهذا القرب.

لعل القارئ يذكر أن درجة الحرارة في صيف النصف الشمالي من الكرة الأرضية لا تصل أعلى مستوى لها في 6/22 عندما تكون أشعة الشمس عمودية على مدار السرطان. وتصل درجة الحرارة إلى أعلى مستواها بعد ذلك بعدة أسابيع – أي في أول أغسطس. وفي الشتاء لا تبلغ درجة الحرارة أدنى مستوى لها إلا بعد 12/22 بعدة أسابيع أيضاً، وسبب ذلك يرجع إلى أنه بعد بداية الربيع تبدأ كمية الحرارة التي تصل الأرض في صهر الجليد على الأرض، وزيادة درجة حرارة المحيطات والبحار اليابسة تدريجياً. وعند 6/22 تستمر هذه العمليات وتستمر درجة الحرارة في الارتفاع. وبعد ذلك بعدة أسابيع تصل درجة الحرارة إلى أعلي مستوى حيث تتساوى كمية الحرارة الساقطة على الأرض مع كمية الحرارة المفقودة بواسطة الانعكاس والإشعاع.

أما في الشتاء فتنعكس هذه العمليات حيث لا تصل درجة الحرارة أدنى مستوى لها في 12/22 بسبب كمية الحرارة الناتجة من تجمد المياه، وكمية الحرارة التي تفقدها المسطحات المائية. ويمكن القول إن الحرارة التي وصلت الأرض خلال فصل الصيف يختزن جزء منها، وهذا الجزء المختزن هو الذي يساعد في تدفئة الجو خلال بداية الشتاء. وعندما ينفذ هذا الجزء المختزن تكون درجة الحرارة على الأرض قد وصلت إلى أدني حد لها.

2-4 القمر:

القمر هو التابع الوحيد الذي وطئته أقدام الإنسان، ولم يحدث ذلك إلا في عهد قريب جداً. وكان ذلك في 1969/7/21م، عندما حطت عليه أول سفينة أمريكية تحمل إنساناً على سطح

القمر. وقد سبقت ذلك محاولات عدة للتعرف على طبيعة المخاطر التي تحف بالسفر إلى الفضاء.

ولكن على الرغم من أن الإنسان قد وصل إلى القمر حديثاً فإنه قد تعرف على المعلومات الأساسية عنه منذ زمن ليس بالقصير، فقد تعرف على تضاريسه والظروف الطبيعية على سطحه قبل أن يصل إليه. بل إنه لولا هذه المعرفة لما أمكن تصميم الرحلة إلى القمر وتنفيذها.

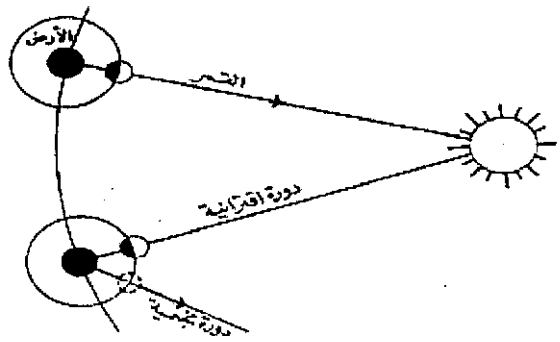
جدول رقم 4-2 معلومات عن القمر

الكتلة بالكيلوجرامات	القطر بالكيلومترات	متوسط بعده عن الأرض بالكيلومترات	الاختلاف المركزي للمسار	مدة دورانه حول محوره بالأيام	متوسط طول السنة القمرية بالأيام	متوسط طول السنة الشمسية بالأيام
7.4×10^{25}	3476	384.405	0.055	27.32	29.53	27.32

4-2-1 حركته حول الأرض:

يدور القمر حول الأرض في مسار أهليلجي اختلافه المركزي 0.055 وتستغرق هذه الدورة في المتوسط 27.32166 يوماً. وهذه هي المدة التي يستغرقها القمر ليكمل دورة كاملة بحيث يعود إلى نفس النقطة التي بدأ منها بالنسبة للأرض لو كانت ثابتة، ويطلق على هذه الدورة النجمية أو الشهر النجمي.

ولكن المشاهد أننا لا نرى الشهر في نفس موضعه بالنسبة لنا إلا بعد مضي 29.53059 يوماً في المتوسط. وتسمى هذه المدة بالدورة الاقترانية أو الشهر القمري. وهي المدة بين رؤية هلالين متتابعين. والسبب في اختلاف الشهر القمري والشهر النجمي راجع إلى حركة الأرض حول الشمس إذ لابد للقمر أن يستمر في دورانه تقريباً مدة يومين وثلث تقريباً ليصل إلى نفس موضعه بالنسبة للأرض والشمس. انظر الشكل 4-11



شكل 4-11 (الشهر النجمي والاقتراني)

وتجدر الإشارة إلى أن حركة القمر حول الأرض معقدة جداً لأن جاذبية الشمس تؤثر في حركته، كما تؤثر عليها جاذبية الكواكب الأخرى. ولذلك فإن الصورة التي وصفناها آنفاً فيها تبسيط لهذه الحركة. فحركة القمر تحتاج إلى العديد من المعادلات الرياضية لتحديدها بصورة دقيقة ولكن بفضل الحاسوب أمكن عمل برنامج حاسوبي يحسب طول الشهر القمري بدقة متناهية.

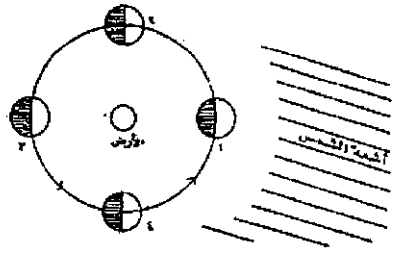
ومن الملاحظ رؤية القمر يطلع يومياً حوالي 50 دقيقة متأخراً عن موعد طلوعه في اليوم السابق، ولكن هذا الزمن يختلف قليلاً حسب خطوط العرض ومن شهر لآخر ويعزى ذلك لحركته حول الأرض من الغرب إلى الشرق إذ يقطع القمر حوالي 13 درجة كل 24 ساعة نحو الشرق بالنسبة للنجوم في السماء، ولكن الشمس نفسها تبدو لنا كأنها تقطع درجة واحدة يومياً نحو الشرق بسبب حركة الأرض، ولذلك فإن حركة القمر الفعلية بالنسبة للشمس تساوى 12.191 درجة يومياً تقريباً. أو 0.508 درجة في الساعة الواحدة في المتوسط. ويعنى ذلك أنه إذا طلع القمر والشمس في الصباح الساعة السادسة فيمكن للشمس أن تغيب قبله لأنه سوف يتحرك حوالي 6 درجات نحو الشرق إذا غربت الشمس الساعة السادسة مساء. أما إذا أشرق الهلال صباحاً قبل طلوع الشمس بحوالي 24 دقيقة فسيغيبان تحت الأفق الغربي في نفس الوقت تقريباً هذا إذا كان الليل والنهار متساويين ولكن ستغيب الشمس قبل الهلال إذا كان طول النهار أكبر وستكون رؤية الهلال في الأفق الغربي ممكنة إذا كان الفرق بين الليل والنهار كبيراً والأحوال الجوية ملائمة للرؤية أما إذا كان طول الليل أكبر من النهار فسيغيب الهلال قبل الشمس وتتعذر رؤيته في ذلك اليوم.

قد يفهم مما سبق أن الهلال يمكن أن يرى إذا غابت الشمس قبله. وهذا ليس صحيحاً إذ إن الرؤية تتوقف على الزاوية بين الهلال والشمس عند الغروب فإذا كانت الزاوية صغيرة فإن ضوء الشمس يخفي الهلال حتى لو كان موجوداً فوق الأفق عند الغروب. وهذا هو السبب الذي يجعل رؤية النجوم صعبة عند الغروب. فلابد أن يمضى بعض الوقت قبل أن يقل ضوء الشفق حتى يمكن رؤية الهلال. ولكن من المؤكد أن الهلال لا يرى عند الغروب إذا شوهد قمر المحاق في نفس اليوم الشروق بحوالي 24 دقيقة حتى لو كان الفرق بين الليل والنهار حوالي ساعة أو ساعتين في الصيف.

4-2-2 أوجه القمر:

أن أوجه القمر من الظواهر المألوفة لدى الإنسان منذ عهد قديم. وقد حاول أن يفسرها بشتى الطرق إلى أن توصل إلى التفسير الصحيح أخيراً.

نحن نعلم أن القمر يعكس الضوء الساقط عليه من الشمس ولكن لماذا يمر القمر بأطوار ما دامت الشمس دائماً تضيئ نصفه؟

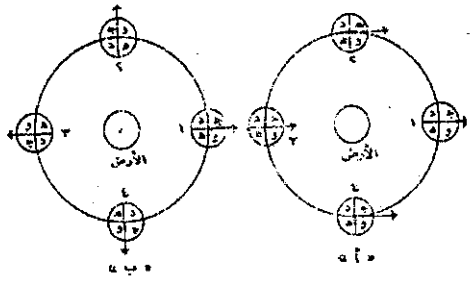


شكل 4-12 (أوجه القمر)

بالنظر إلى الشكل 4-12 نلاحظ أن الشمس تضيئ نصف القمر في المواضع الأربعة للقمر حول الأرض. ولكن هذا النصف المضاء لا يقابل الأرض دائماً كله إلا في حالة واحدة هي الموضع (3). ففي هذا الموضع ينعكس ضوء النصف المضاء نحو الأرض فنرى طور البدر.

يجد بعض الناس صعوبة في فهم مواجهة القمر للأرض بوجه واحد. وهذا ناتج من أن رؤية نفس الوجه من القمر ترتبط في أذهان البعض بصورة ثباته، وهذا ما دفعهم للظن بأنه لا

يدور حول محوره. ولكن إذا لم يدر القمر حول محوره لكان من الممكن رؤية كل أجزائه من سطح الأرض. (أنظر الشكل 4-13أ):



شكل 4-13 (أهمية حركة القمر حول محوره وحول الأرض لحدوث أوجه القمر)

يلاحظ أنه يمكن رؤية جميع أجزاء القمر في (أ) أثناء الدورة القمرية: ففي الموضع 1 يقابل المشاهد النصف دهـ وفي الموضع 2 يقابله هـ و وفي 3 و جـ وفي 4 جـ د. ولكن في هذه الحالة يكون القمر مواجهاً للأرض بوجه واحد (الوجه و جـ هو الذي يواجه الأرض) و يكون النصف الآخر مخفياً عنها باستمرار. ولكن الجزء المضاء يواجه الأرض كله في الموضع (3). وفي الموضع(1) يواجه الجزء المظلم كله الأرض. مما يؤكد أنه لولا دوران القمر حول الأرض في نفس مدة دورانه حول محوره

لما أمكن أن يواجه الأرض بكل أجزائه أثناء الدورة القمرية. ولكن في (ب) نلاحظ أن القمر قد دار حول محوره دورة كاملة أثناء دورانه دورة كاملة حول الأرض. لاحظ أتجاه السهم في المواضع الأربعة ولاحظ أن النصف المضاء في (1) قد اتجه بعيداً عن الأرض تماماً في الموضع (2). وفي (3) و (4). ولكن في المواضع الأربعة نلاحظ أن الجزء الذي يواجه الأرض هو د هـ و حـ ويتجه دائماً بعيداً عن الأرض ولذلك لا يمكن رؤيته من على سطحها.

قد تسمع أحياناً أو تقرأ في الصحف بعض الناس يتحدثون عن الوجه المظلم للقمر. وهذا تعبير خطأ، لأنه لا يوجد وجه مظلم للقمر. فكل أجزاء القمر تتعرض لأشعة الشمس أثناء الدورة القمرية. ما يعنيه هؤلاء من تعبير الوجه المظلم للقمر هو الوجه الآخر للقمر الذي لا يواجه الأرض.

وقد استطاع الإنسان التعرف على الوجه الآخر للقمر قبل السفن الفضائية التي حطت عليه، وذلك عندما أرسل الروس قمراً صناعياً عام 1959 دار حول القمر وأرسل صوراً تلفزيونية للوجه الآخر. وتوضح الصور أن الوجه الآخر أقل في مرتفعاته ومنخفضاته وذلك يجعله يبدو أنعم في مظهره إذ قورن بالنصف المواجه للأرض.

4-2-3 الشهور القمرية:

تتكون الشهور القمرية من اثنى شهراً قمرياً " إن عدة الشهور عند الله اثنا عشر شهراً في كتاب الله يوم خلق السموات والأرض"[1]. ويختلف طول الشهر من عام إلى آخر. أي أن شهر المحرم في سنة ما لا يساوى بالضرورة طول شهر المحرم في العام التالي. ويعزى ذلك إلى أن الشهر القمري يتحكم في طوله موضع القمر في مساره حول الأرض كما يؤثر في طوله موضع الأرض، في مسارها حول الشمس. وبذلك فإن سرعة كل منهما في مساره متغيرة، سرعة وبطءً. فعندما يكون القمر في نقطة الأوج (***Apogee***) حول الأرض يبطئ في سيره حسب قانون كبلر الثاني، ويسرع في منطقة الحضيض (***Perigee***) لنفس السبب. كذلك تفعل الأرض. وكلا العاملين يؤثران في طول الشهر القمري.

لقد ذكرنا في الجزء 4-2-1 أن القمر عندما يكمل دورة نجمية تكون الأرض قد تحركت مسافة في مسارها حول الشمس مما يجعل القمر يتحرك مسافة إضافية ليكون في نفس الموضع في مساره بالنسبة للأرض (انظر الشكل 4-11) وهذه المسافة الإضافية تعتمد على سرعة الأرض في ذلك الموضع من مسارها حول الشمس. فإن كانت في موضع الأوج، فإنها تبطئ وتقطع مسافة أقصر، وإذا كان القمر في منطقة الأوج في مساره حول الأرض فإنه يبطئ أيضاً ويقطع مسافة أقصر أيضاً. أما إن كان القمر في منطقة الحضيض فإنه يسرع ويقطع نفس المسافة في زمن أقصر وبذلك يكون الشهر أقصر. ويوضح الجدول (4-3) أمثلة لأطوال الشهور في مواضع مختلفة لكل من الأرض والقمر في مساريهما.

---

[1] سورة التوبة، الآية 36.

جدول 4-3 طول الشهر القمري

وضع القمر في مساره	وضع الأرض في مسارها	طول قوس الأرض عندما يكمل دورة اقترانية		طول الشهر القمري	
		ساعة	يوم	ساعة	يوم
في الأوج	في الأوج	9.2	2	16.88	29
في الوسط		3.3	2	11.02	29
في الحضيض		22	1	5.74	29
في الأوج	في الوسط	11	2	18.79	29
في الوسط		5	2	12.73	29
في الحضيض		23.6	1	7.28	29
في الأوج	في الحضيض	13	2	20.76	29
في الوسط		6.8	2	14.50	29
في الحضيض		1.1	2	8.76	29

يوضح الجدول (4-3) أن طول الشهر القمري يتراوح بين (29يوماً + 20.76 ساعة) و (29 يوماً+ 5.73 ساعة). مما يعنى أن الفرق بين أطول شهر وأقصر شهر حوالى خمس عشرة ساعة. وفي هذا يختلف الشهر القمري عن الشهر في التقويم الشمسي. فطول شهر يناير لا يتغير من عام وآخر. فقد كان شهر المحرم يختلف من عام لآخر. فقد كان طول المحرم في الأعوام 1371هـ و 1383هـ و 1397هـ، 29.50 و 29.32 و 29.56 يوما على التوالي[1].

ومما يجدر ذكره هنا أن أطوال الشهور الشمسية أمر عرفي اتفق عليه الناس، بينما أطوال الشهور القمرية ظاهرة طبيعية.

إن لحظة اقتران القمر والأرض والشمس ظاهرة فلكية تحدث في نفس اللحظة على كل سطح الأرض وهي التي تسمى القمر الجديد (New Moon). وهى اللحظة التي لا يصل عندها نور من القمر إلى الأرض، إذ يتجه كل النور المنعكس منه في الاتجاه المعاكس للأرض، كما ذكرنا في

[1] حسين كمال الدين، تعيين أوائل الشهور العربية باستعمال الحساب، الرياض: دار عكاظ للطباعة والنشر، 1979)، ص 118.

الجزء 4-2-2 في الشكل 4-12 وتسمى هذه الحالة أيضاً اجتماع النيرين. ويسمى الجزء المرئي من القمر بقوس النور بينما يسمى النصف المضاء منه بدائرة النور.

ويمكن أن تحدث هذه الظاهرة الكونية بالضرورة نهاراً أو ليلاً في أي مكان على الأرض في نفس اللحظة وتكون هذه اللحظة الساعة السادسة صباحاً في مكان والساعة السادسة مساء في موضع آخر من سطح الأرض.

ويبدأ اليوم في الشهر القمري مع غروب الشمس وينتهي مع غروبها في اليوم التالي. أما اليوم الشمسي فيبدأ عند منتصف الليل.

4-2-4 رؤية الهلال:

اختلف الأقدمون في الزمن الذي ينبغي أن يمضى بعد الاقتران قبل إمكانية رؤية الهلال. ويوضح الجدول 4-3 تقديرات العلماء لهذا الزمن. جدول يوضح إمكانية رؤية الهلال بعد الاقتران.

الجدول 4-4 رؤية الهلال بعد الاقتران

الجهة	الزمن بعد الاقتران
(1) المرصد الفلكي بحلوان	20 ساعة
(2) ابن الشاطر	21.82 ساعة
(3) السلطان الغ بك السمرقندى	10.9 ساعة
(4) الشيخ أحمد الزرقاوي	7.27 ساعة
(5) القلقشندى المصري	20.57 ساعة
(6) الفلكيون المسلمون الروس	14.53 ساعة
(7) الأقدمون قبل الميلاد	19.2 ساعة
(8) الخوارزمي	15.2 ساعة
(9) موسى بن المأمون	(14.4 – 38.4) ساعة
(10) البتاني و غياث الدين الكاشي	19.2 ساعة
(11) ثابت بن قرة	17.6 – 40 ساعة

يتضح من الجدول (4-3) أن هناك اختلافات كبيرة في الزمن الذي يمضى قبل إمكانية رؤية الهلال في بداية الشهر القمري. فإن الزمن يتراوح بين سبع ساعات عند السمرقندي وأربعين ساعة عند ثابت بن قرة، والاختلاف متوقع ولكن ليس إلى هذا القدر الذي يظهر في الجدول (4-3). إن الزمن يعتمد على موقع الراصد وعوامل أخرى مثل موقع القمر في مساره حول الأرض وميله على دائرة البروج وموقع الشمس الظاهري بالنسبة للأرض الناتج من اتجاه القطب الشمالي للأرض نحو النجم القطبي باستمرار أثناء حركتها حول الشمس.

ودلت التجارب في البلاد الإسلامية المختلفة أن هناك تفاوتاً قد يصل إلى اليومين والثلاثة في بعض الأحيان. وهذا ناتج من الأساس المعتمد في كل دولة. فبعض البلاد تعتمد علي لحظة الاقتران في تحديد بداية الشهر القمري والبعض يعتمد على الرؤية البصرية. وهذا التفاوت قد يحدث في البلد الواحد.

ولوحظ الآتي في تعريف ثبوت بداية الشهر:[1]

(1) إذا حدث الاقتران قبل غروب الشمس يعتبر ذلك بداية الشهر حيث إن اليوم يبدأ بعد غروب الشمس. يعمل بذلك في إندونيسيا وماليزيا وتونس والجزائر والسعودية (غير رسمية). وفي ليبيا يبدأ الشهر إذا حدث الاقتران قبل طلوع الفجر.

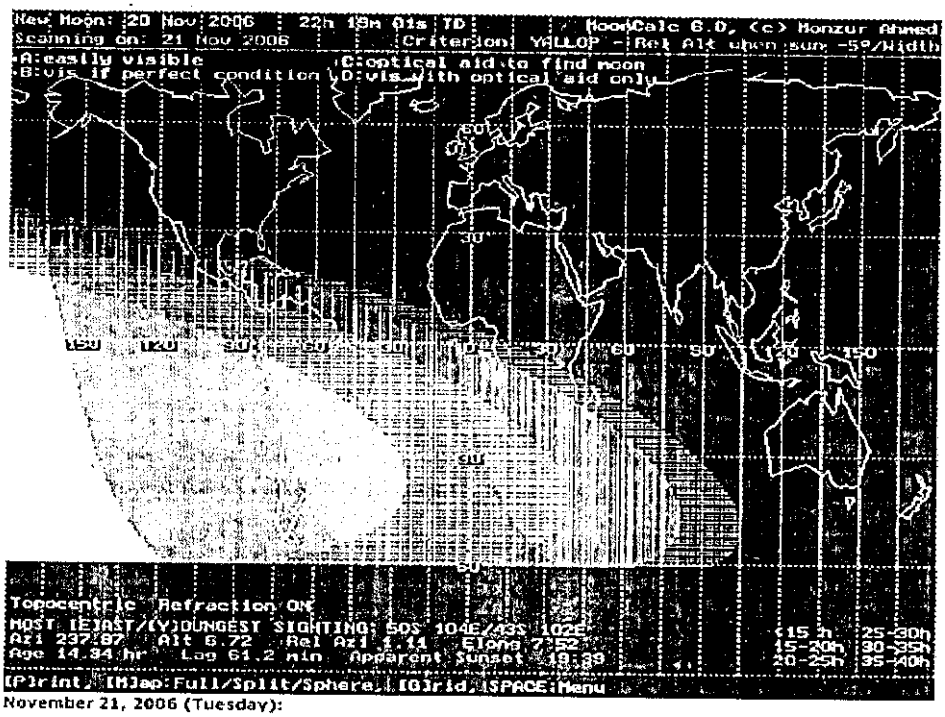
(2) من 1-6 دقائق بعد الاقتران عند غروب الشمس ويعمل بذلك في مصر وهناك محاولة لجعله 5 دقائق بعد (اجتماع القاهرة 1986م).

(3) 18-22 ساعة بعد الاقتران. واقترحه سيد لمان فضل. وهناك من يقترحون 20-45 دقيقة بين غروب الشمس وغروب الهلال.

---

[1] Omer Afzal Proceedings of the Lunar Calendar Conference, (Herndon, Va International Institute Islamic Thought, 1987) p3-110.

Moonsighting for Dhul-Qa'dah 1427



شكل 4-14 (إمكانية رؤية هلال ذو العقدة عام 1327هـ)

(4) ارتفاع الهلال 5 درجات عند غروب الشمس وهكذا نرى التفاوت في تعريف الهلال الذي يشير إلى بداية الشهر القمري.

حاول بعض علماء الفلك أن يدرسوا هذه المشكلة ويقترحوا حلاً مقبولاً ينسجم مع الأحاديث النبوية وفي نفس الوقت لا يتعارض مع الحقائق الفلكية لأنه لوحظ أن بعض البلدان قد أعلنت ثبوت رؤية الهلال قبل لحظة الاقتران وهذه حالة مستحيلة فلكياً، أي ادعوا أنهم رأوا الهلال قبل أن يولد!

وفي نظر هؤلاء العلماء أن الرؤية البصرية لا يمكن أن تتحقق قبل أن تمر 11 ساعة على الأقل بعد حدوث الاقتران؛ وهذه حالة نادرة جداً وقد يرى الهلال بعد مدة 32 ساعة بعد الاقتران وهذا يعتمد على خطوط العرض فإن الرؤية تقل إمكاناتها كلما اتجهنا شمالاً وجنوباً من خط

الاستواء. وهذا يعني أن منطقة ما في قطر واحد قد ترى الهلال بينما لا تراه منطقة أخرى في نفس القطر تقع شمالها أو شرقها مما ينتج منه اضطراب حتى في القطر الواحد الذي يتوقع أن تحدث المناسبة فيه في نفس اليوم.

لقد أصبح من الممكن رسم المناطق التي يمكن أن يظهر فيها الهلال بسهولة وتلك التي يمكن رؤيته فيها بصعوبة وتلك التي يمكن رؤيته. وهذا كما ذكرنا أنه لا يمكن أن يوجد تاريخ المناسبة الدينية حتى في القطر الواحد. أنظر الشكل 4-14 الذي يوضح إمكانية رؤية الهلال لعام 2006م لشهر ذو العقدة 1427هـ الموافق 11/21.

ما الحل؟

الحل بسيط ولكنه يحتاج إلى شجاعة وفهم عميق لمرامي النصوص الدينية التي تتعلق بثبوت المناسبات الدينية التي تعتمد على ثبوت رؤية الهلال.

ولعله من المناسب الإجابة عن الأسئلة التالية علها تساعد في الوصول إلى حل مرض ولا يتناقض مع النصوص الشرعية:

* هل رؤية الهلال عبادة في حد ذاتها أم هي علامة تنبئ ببداية العبادة.

* ما الفرق بين الظروف التي سادت في عهد الإسلام الأول والظروف الحالية الآن من حيث توافر الأجهزة الدقيقة للقياس، ومن حيث سرعة الاتصال بين أطراف العالم المختلفة، ومن حيث تقدم العلوم الفلكية؟

* هل حساب وقت الاقتران يقيني؟

* أيهما يوحد بداية الشعيرة هل هو الرؤية البصرية أم الحساب الفلكي؟ والتوحيد مقصود به في القطر الواحد والعالم الإسلامي.

* لماذا صرنا نعتمد على الحساب في تحديد مواقيت الصلوات؟ بل لماذا نعتمد على ذلك في تحديد بداية يوم الصيام ونهايته؟

* هل استعمال الأجهزة العلمية، مثل التلسكوب والرادار يتناقض مع " صوموا لرؤيته وأفطروا لرؤيته"؟

إن الإجابة عن هذه الأسئلة سهلة وتؤيد اعتماد الحساب الفلكي باعتباره علماً منضبطاً.

إن حساب وقت الاقتران أصبح من السهل تحديده بصورة دقيقة جداً ولفترة عدة مئات من السنين القادمة بدقة في حدود الثانية الواحدة. مع ملاحظة أن وقت الاقتران يحدث في كل أنحاء العالم في لحظة واحدة. ولكن هذه اللحظة قد تكون في أي ساعة في الليل أو النهار في قطر ما، وبما أن اليوم القمري يبدأ مع غروب الشمس فإن المناطق التي يحدث فيها الاقتران قبل غروب الشمس يبدأ فيها الشهر الجديد. وكل المناطق التي تقع شرق تلك المناطق (التي يحدث فيها الاقتران بعد الغروب) في اليوم التالي. وكل التي تقع غرب يبدأ فيها الشهر الجديد.

فإذا تم الاتفاق على هذا التعريف لبداية الشهر فإنه يمكن عمل تقويم قمري. ولعله من المناسب أن تكون مكة المكرمة هي بداية هذا التقويم لقداسة المكان بالنسبة لجميع المسلمين في العالم مثل جرينتش خط الصفر لكل أنحاء العالم.

وتجدر الإشارة إلى أنه بعد لحظة الاقتران فإن النور المنعكس من القمر يبدأ في الاتجاه نحو الأرض وأنه بعد دقيقة واحدة يتجه نحو 893 كلم^2 من المساحة المضاءة نحو الأرض وبعد ساعة يصبح الجزء المقابل للأرض حوالي 53580 كلم^2. ولكن رغم ذلك تكون الرؤية البصرية متعذرة ولذلك لابد للمسلمين أن يعتمدوا الحساب في تحديد بداية الشهر. لأن الهلال في الواقع موجود بالفعل فلكياً. وبذلك يتفق الناس على تعريف دقيق لبداية الشهر.

ولعله من الأوفق أن تحسب بداية الشهر منذ أول غروب شمس تال من الاقتران. وهذا هو المعتمد لدى إندونيسيا وماليزيا كما ورد ذكره آنفاً. ويحتاج ذلك إلى اتفاق بين علماء الفلك والفقهاء في العالم الإسلامي: والسعودية تعتمد في تقويم أم القرى على عاملين: الأول أن يحدث الاقتران قبل غروب الشمس في مكة وأن يغرب الهلال بعد غروب الشمس. اعتمد ذلك منذ عام 1453هـ الموافق 2002م. علماً بأن مكة المكرمة تقع على خط عرض 19′.21° شمالاً، وعلى خط طول 36′.7° شرقاً. وهذا تعريف مناسب ليأخذ به كل العالم الإسلامي.

ويلاحظ أن خط الصفر في التقويم الميلادي وهو جرينتش هو يفصل نهاية اليوم السابق وبداية اليوم اللاحق ويبدأ اليوم الميلادي الساعة 12 عند منتصف الليل. ولكن بداية اليوم القمري عند غروب الشمس أي أن الليل تابع لليوم اللاحق في التقويم القمري الإسلامي.

ولعمل تقويم قمري يكون خط طول مكة هو الحد الفاصل بين اليوم السابق واللاحق. وفي ذلك يشبه ذلك خط الصفر جرينتش في التقويم الزوالي. ويقترح صاحب كتاب الأهلة[1] أن يكون خط طولها صفر. أي أن الطول 39° و 36.7' هو خط الطول صفر بالنسبة للتقويم القمري (الهجري) وبداية اليوم لكل منطقة يكون عند غروب شمس تلك المنطقة تماماً كما يبدأ اليوم في التقويم الزوالي عند الساعة 12 منتصف الليل[2].

وبالنسبة لبداية الشهر في التقويم فإن البداية تكون عندما يحصل الاقتران قبل الغروب في مكة المكرمة بشرط أن يكون غروب القمر لاحقاً لغروب الشمس. فإذا حدث الاقتران بعد غروب شمس مكة تكون بداية الشهر عند غروب شمس اليوم التالي بشرط أن يغرب القمر بعد ذلك.

أن اختيار لحظة الاقتران بداية للشهر – كما سبقت الإشارة – توحد بداية الشعائر الدينية. وتزيل البلبلة التي تحدث الآن في كل البلاد الإسلامية وتحدث حتى في القطر الواحد. لأن الرؤية قد تكون مستحيلة في مدينة ما في قطر ما وتكون ممكنة في مدينة ما في نفس القطر وتقع على نفس خط الطول ولكن خط عرضها مختلف. إذ إن الرؤية تصعب على نفس خط الطول كلما زاد خط العرض شمالاً. فمثلاً الفرق بين غروب الشمس عند خط الاستواء (صفر) وخط العرض 66 شمالاً هو حوالي 10ونصف ساعة.

أما إذا أخذ بالاقتران فإن كل البلاد التي تقع على نفس خط الطول يبدأ دخول الشهر في اليوم التالي.

أما إذا كان القطر شاسعاً من الغرب إلى الشرق فإن الاقتران قد يحدث بعد الغروب في مدينة تقع شرقاً وقبل الغروب في مدينة تقع غرباً مما يستوجب الاجتهاد في هذه الحالة وأمثالها.

---

[1] عدنان عبد المنعم قاضي، الأهلة: نظرة شمولية ودراسات فلكية، (القاهرة: الدار المصرية اللبنانية، 2005م)، ص 144.

[2] المصدر نفسه، ص 147.

وقد استعمل المؤلف قاعدة الاقتران لحساب أوائل الشهور القمرية لعام 1427هـ انظر الجداول بالأرقام من 4-5 إلى 4-19 التي توضح غروب الشمس ووقت غروب القمر. وتوضح الجداول بدايات الشهور للأعوام الهجرية 1427هـ إلى 1432هـ المعادلة للأعوام 2006 إلى 2011م.

الجدول (4-5) 1427هـ/2006 (توقيت مكة المكرمة)

م	الشهر	اليوم	التاريخ الهجري	التاريخ الميلادي	الاقتران الميلادي	غروب	
						الشمس	القمر
1	المحرم	الثلاثاء	1427/1/1	2006/1/31	2006/1/29	17:15	18:10	18:5
2	صفر	الخميس	2/1	2/29	2/28	3:31	18:25	19:01
3	ربيع أول	الخميس	3/1	3/30	3/29	13:16	18:35	18:45
4	ربيع ثان	السبت	4/1	4/29	4/27	22:46	18:45	18:31
5	جمادى الأولي	الأحد	5/1	5/28	5/27	8:26	18:58	19:26
6	جمادى الثانية	الأثنين	6/1	6/26	6/25	19:6	19:7	19:13
7	رجب	الأربعاء	7/1	7/26	7/25	7:30	19:4	19:31
8	شعبان	الجمعة	8/1	8/25	8/23	22:9	18:46	18:44
9	رمضان	السبت	9/1	9/23	9/22	14:45	18:18	18:18
10	شوال	الأثنين	10/1	10/23	10/22	8:14	17:52	17:53
11	ذو القعدة	الأربعاء	11/1	11/22	11/21	1:17	17:39	17:53
12	ذو الحجة	الجمعة	12/1	12/22	12/20	17:00	17:44	*17:31

* غروب القمر سابق لغروب الشمس ولذلك يعتبر يوم الاقتران مكمل للشهر.

جدول (4-6) العام 2007/1428

1	المحرم	السبت	1/1	2007/1/20	1/19	07:00	18:03	18:24
2	صفر	الأثنين	2/1	2/19	2/17	19:14	18:20	18:13
3	ربيع أول	الثلاثاء	3/1	3/20	3/19	05:42	18:32	20:06
4	ربيع ثان	الأربعاء	4/1	4/18	4/17	14:36	18:41	18:48
5	جمادى الأولي	الجمعة	5/1	5/18	5/16	22:27	18:53	18:41
6	جمادى الآخرة	السبت	6/1	6/16	6/15	06:13	19:05	19:21
7	رجب	الأثنين	7/1	7/15	7/14	15:03	19:07	19:21
8	شعبان	الثلاثاء	8/1	8/14	8/13	02:02	18:54	19:20
9	رمضان	الخميس	9/1	9/13	9/11	15:44	18:29	18:25
10	شوال	السبت	10/1	10/13	10/11	18:00	18:01	18:00
11	ذو القعدة	الأحد	11/1	11/11	11/10	02:03	17:42	17:49
12	ذو الحجة	الثلاثاء	12/1	12/11	12/9	20:40	17:40	17:17

جدول (4-7) العام 2008/1429 بتوقيت مكة المكرمة

1	المحرم	السبت	1/1	/1/20 2007	1/19	07:00	18:03	18:24
2	صفر	الأثنين	2/1	2/19	2/17	19:14	18:20	18:13
3	ربيع أول	الثلاثاء	3/1	3/20	3/19	05:42	18:32	20:0

								6
4	ربيع ثان	الأربعاء	4/1	4/18	4/17	14:36	18:41	18:48
5	جمادى الأولى	الجمعة	5/1	5/18	5/16	22:27	18:53	18:41
6	جمادى الآخرة	السبت	6/1	6/16	6/15	06:13	19:05	19:21
7	رجب	الأثنين	7/1	7/15	7/14	15:03	19:07	19:21
8	شعبان	الثلاثاء	8/1	8/14	8/13	02:02	18:54	19:20
9	رمضان	الخميس	9/1	9/13	9/11	15:44	18:29	18:25
10	شوال	السبت	10/1	13:10	10/11	18:00	18:01	18:00
11	ذو القعدة	الأحد	11/1	11/11	11/10	02:03	17:42	17:49
12	ذو الحجة	الثلاثاء	12/1	12/11	12/9	20:40	17:40	17:17

جدول (4-8) العام 2009/1430 بتوقيت مكة المكرمة

	الشهر	اليوم	التاريخ الهجري	التاريخ الميلادي	الوقوف	العشاء	الفجر
1	المحرم	الأثنين	1/1	/12/29 2008	15:22	17:48	17:44
2	صفر	الثلاثاء	2/1	/1/27 2009	10:55	18:08	18:19
3	ربيع أول	الخميس	3/1	2/26	04:35	18:24	18:50
4	ربيع ثان	السبت	4/1	3/28	19:05	18:35	18:28
5	جمادى	الأحد	5/1	4/26	06:22	18:45	19:14

	الأولي							
6	جمادى الآخرة	الثلاثاء	6/1	5/26	5/24	15:11	18:57	18:58
7	رجب	الأربعاء	7/1	6/24	6/22	22:34	19:07	18:58
8	شعبان	الخميس	8/1	7/23	7/22	05:34	19:05	19:29
9	رمضان	السبت	9/1	8/22	8/20	13:10	18:48	18:47
10	شوال	الأحد	10/1	9/20	9/18	21:44	18:22	17:59
11	ذو القعدة	الثلاثاء	11/1	10/20	10/18	08:33	17:55	17:51
12	الأربعاء	الأربعاء	12/1	11/18	11/16	22:13	17:40	17:14

جدول (4-9) العام 2010/1431 بتوقيت مكة المكرمة

1	المحرم	الجمعة	1/1	2009/12/18	2009/12/16	17:02	17:43	17:39
2	صفر	السبت	2/1	2010/1/16	2010/1/15	10:11	18:00	18:33
3	ربيع أول	الأثنين	3/1	2/15	2/14	05:51	18:19	18:41
4	ربيع ثان	الأربعاء	4/1	3/17	3/16	01:01	18:31	19:05
5	جمادى الأولي	الخميس	5/1	4/15	4/14	15:28	18:41	18:43
6	جمادى الآخرة	الأثنين	6/1	5/15	5/14	04:04	18:52	19:27
7	رجب	الأحد	7/1	6/13	6/12	14:14	19:04	19:14
8	شعبان	الثلاثاء	8/1	7/13	7/11	23:40	19:07	18:53
9	رمضان	الأربعاء	9/1	8/11	8/10	06:07	18:55	19:06
10	شوال	الجمعة	10/1	9/10	9/8	13:29	18:32	18:22
11	ذو القعدة	السبت	11/1	10/9	10/7	21:44	18:04	17:37
12	ذو الحجة	الأحد	12/1	11/7	11/6	07:51	17:43	17:48

جدول (4-10) العام 2011/1432 بتوقيت مكة المكرمة

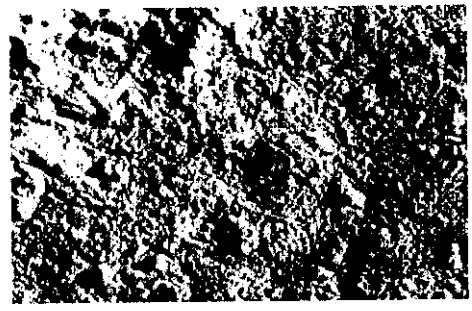
1	المحرم	الثلاثاء	1/1	2010/12/7	2010/12/5	20:35	17:39	17:23
2	صفر	الأربعاء	2/1	2011/1/5	2011/1/4	12:02	17:53	18:03
3	ربيع أول	الجمعة	3/1	2/4	2/3	05:30	18:13	18:37
4	ربيع ثان	الأحد	4/1	3/6	3/4	23:34	18:27	18:12
5	جمادى الأولي	الثلاثاء	5/1	4/5	4/3	17:32	18:37	18:34
6	جمادى الآخرة	الأربعاء	6/1	5/4	5/3	09:50	17:47	19:04
7	رجب	الجمعة	6/1	6/3	6/2	01:02	19:00	19:39
8	شعبان	السبت	8/1	7/2	7/1	11:53	19:08	19:15
9	رمضان	الأثنين	9/1	8/1	7/30	21:39	19:02	18:42
10	شوال	الثلاثاء	10/1	8/30	8/29	17:32	18:41	18:45
11	ذو القعدة	الخميس	11/1	9/29	9/27	18:08	18:14	18:02
12	ذو الحجة	الجمعة	12/1	10/28	10/26	22:55	17:49	17:23

تضاريسه:

لقد عرف علماء الفلك الكثير عن سطح القمر قبل أن تطأه أقدام البشر. وذلك من خلال المنظار الفكي. فقد عرفوا مرتفعاته وجباله ووديانه وهضابه. فسطح القمر وعر بسبب الجبال الشاهقة والأودية العميقة والفوهات البركانية والحفر النيزكية.

لقد بدت تلك الأماكن المنخفضة والسهول الكبيرة في المناظير الفلكية كأنها بحار. ولذلك فقد ظنوها بحاراً وأطلقوا عليها أسماء البحار، مثل بحر الظلمات وبحر السكينة وبحر العواصف الخ... واحتفظ الناس بتلك الأسماء رغم أنهم يعلمون الآن أنها ليست بحاراً. وأصبحت تلك الأسماء تدل على معالم للدارسين لسطح القمر، مثلها في ذلك أسماء المناطق على سطح الأرض. وقمم جبال القمر عالية ويبلغ بعضها 26000 قدم فوق مستوى السهول المحيطة بها.

وتدل التحاليل التي أجريت على عينات من صخور القمر أن الأكسجين من أكثر العناصر توفراً في الصخور في شكل مركبات. ويلى ذلك السليكون والألمونيوم ويوجد الكالسيوم والحديد والمغنسيوم.



شكل 4-15 (جزء من سطح القمر)

شكل 4-16 (جزء من سطح القمر الذي يقابل الأرض)

والجدير بالذكر أنه بعد أن حطت سفن الفضاء على سطح القمر أصبح من الميسور الحصول على عينات من تراب القمر لتحليلها في معامل على الأرض. وقد وزعت عينات كثيرة في أنحاء العالم.

ويعكف كثير من المهتمين بدراسة القمر على تحليل هذه العينات لمعرفة تكوينها واستنتاج أصل القمر.

وتدل هذه الدراسات الأولية أن سطح القمر يتكون من صخور البازلت وإن صخور المنخفضات أكثر كثافة من صخور المرتفعات. كما إن تحليل الصخور وتراب القمر أوضح بجلاء عدم وجود الماء في شكل رطوبة أو في شكل جزئيات في تركيب المعادن.

ودلت القياسات أن عمر أقدم الصخور التي أحضرت بواسطة أبولو السادسة عشر يبلغ 4 بلايين سنة. كما إن أجهزة قياس الهزات القمرية أوضحت بجلاء وجود هزات قمرية ولكنها أضعف بكثير من الهزات الأرضية. وقد تعرضنا لذلك في الفصل الثاني.

ولكن الدراسات عن أصل القمر تعتبر في أطوارها الأولى وليس هناك اتفاق على نظريات تكوين القمر وبقية المجموعة الشمسية وهذا لايزال سرا.

5-2-4 الأحوال الطبيعية على القمر:

إن المجال الجذبي للقمر يبلغ $\frac{1}{6}$ المجال الجذبي للأرض مما مكن كثيرا من الغازات من الإفلات من سطح القمر، فأصبح بلا غلاف جوى حوله.

والغلاف الجوي ضروري للحياة كما نعرفها على الأرض. فإذا انعدم الأكسجين والنتروجين أصبح من المتعذر وجود حياة. ليس هذا فحسب بل إن وجود الهواء ضروري لوجود ضغط جوى، ولولا وجود الضغط الجوي لتبخر الماء وكل سائل من سطح الأرض. ولذلك لا يتوقع وجود ماء على سطح القمر. والغلاف الجوي ضروري أيضا لتوزيع الحرارة بواسطة تيارات الحمل. وبدون ذلك يصبح النهار ساخنا للحد الذى لا يطيقه الأحياء. وتدل القياسات أن أعلى درجة حرارة تزيد قليلا عن درجة غليان الماء (100م) وأدنى درجة حرارة خلال ليل القمر تصل إلى 173 درجة مئوية تحت الصفر، أو 100 درجة كلفن.

هذه الظروف السائدة على القمر غير مواتية للحياة حتى في أبسط صورها المعروفة على الأرض.

وبدون الغلاف يصبح التخاطب بين الناس بالكلام أمراً مستحيلاً، إذ لابد من الهواء لانتقال الصوت، وقد يتبادر إلى الذهن: إذا كان هذا هو حال القمر فكيف يتمكن رجال الفضاء من العيش على سطح القمر لعدة أيام؟ سنتعرض إلى ذلك في الفصل السابع.

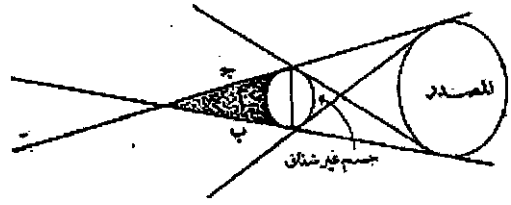
3-4 الكسوف والخسوف:

الكسوف والخسوف ظاهرتان ترتبطان بحركتي القمر والأرض ضمن النظام الشمسي. ويحدث كسوف الشمس في منطقة ما على سطح الأرض عندما تقع هذه المنطقة في ظل القمر. أما حدوث خسوف القمر فيحدث عندما يقع في ظل الأرض.

1-3-4 الظلال:

يرتبط الكسوف والخسوف بالظلال كما أشرنا من قبل. وتتكون الظلال بسبب انتقال الضوء في خطوط مستقيمة. فلو كان الضوء ينحني عبر الزوايا لما امكن تكوين أي ظل.

يكون أي جسم معتم ظلاً كاملاً وشبه ظل. انظر الشكل4-17

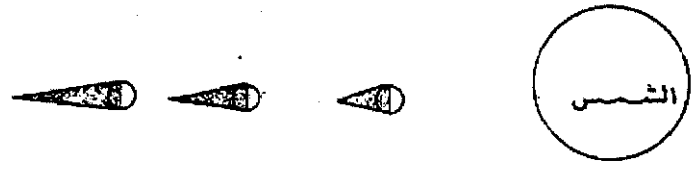


شكل 4-17 (الظلال)

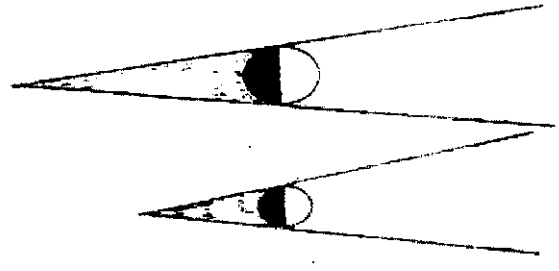
فالمنطقة (أ) لا يصلها أي ضوء من المصدر ولكن المنطقة (جـ) يصلها ضوء من الأجزاء العليا من المصدر بينما لا يصلها ضوء من الأجزاء السفلى منه أما المنطقة (ب) فيصلها الضوء من الأجزاء السفلى من المصدر ولا يصلها ضوء من الأجزاء العليا فلذلك فالمنطقة (أ) تمثل منطقة الظل، ويمثل كل من (ب) و(جـ) منطقة شبه ظل.

تعتمد أبعاد الظلال على أحجام الأجسام المعتمة وبعدها من مصدر الضوء انظر الشكل 4-18 الذى يوضح أثر بعد الجسم المعتم من المصدر.

والشكل 4-19 يوضح أثر حجم الجسم على امتداد الظل



شكل 4-18



شكل 4-19 (أثر البعد على طول الظل)

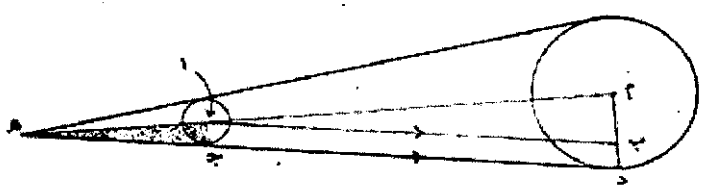
ويتضح من الشكلين 4-18 و4-19 أن طول الظل يتناسب طردياً مع حجم الجسم المعتم وبعده عن مصدر الضوء.

ويمكن معرفة طول الظل إذا عرفنا حجم الجسم المعتم وبعده عن مصدر الضوء انظر الشكل 4-20

لاحظ أن د جـ هـ خط مستقيم ومماس لكل من الأرض والشمس

وان أجـ = ب د

و أب موازجـ د



شكل 4-20 (تأثر طول الظل بقطر القمر)

ثم لاحظ أن المثلث م ب أ والمثلث أ ج هـ متماثلان ولذلك

$$\frac{\text{أ هـ}}{\text{م أ}} = \frac{\text{أ جـ}}{\text{م ب}}$$

ويظهر من الشكل 4-20 أن أ هـ = طول الظل، و أجـ = نصف قطر الأرض (أو القمر إذا كان الجسم المعتم هو القمر). و م ب = الفرق بين نصفي قطر الشمس والأرض (أو القمر).

و أم = البعد بين الشمس والأرض (أو القمر) وهكذا يصبح طول الظل:

$$\text{أ هـ} = \frac{\text{أ جـ} \times \text{م أ}}{\text{م ب}}$$

$$\text{طول ظل الأرض (أو القمر)} = \frac{\text{نصف قطر الأرض (أو القمر)} \times \text{بعد الأرض (أو القمر) عن الشمس}}{\text{الفرق بين نصف قطر الأرض (أو القمر) والشمس}}$$

مثال (1):

كم يبلغ طول ظل القمر عندما يكون على بعد 149 مليون كلم عن الشمس؟

نصف قطر الشمس = 96.6×10^{10} سم، نصف قطر القمر = 837.1×10^{8}

الحل:

$$\text{طول ظل القمر} = \frac{1.837 \times 10^{8} \times 149 \times 10^{6} \times 10^{5}}{6.94 \times 10^{10}}$$

$$= 149 \times 10^{9} \times \frac{1.738}{6.94} = 370.000 \text{ كلم}$$

مثال (2):

أوجد طول ظل الأرض عندما تكون على بعد 147 مليون كيلومتر من الشمس. قطر الأرض 12743 كيلومتر.

الحل:

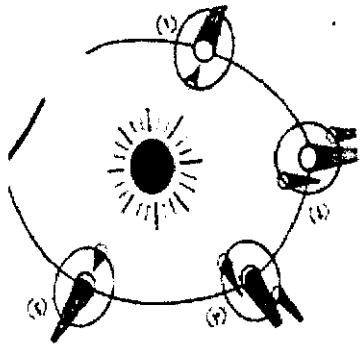
$$\text{طول ظل الأرض} = \frac{6371 \times 147 \times 10^{6}}{689629} = 1.360.000$$

2-3-4 كسوف الشمس:

ولكى يحدث كسوف الشمس لابد أن يكون القمر في طور القمر الجديد أي أن يكون القمر واقعا بين الشمس والأرض. وهذا ضروري فقط لحدوث الكسوف. ولو كان كافيا لحدث في بداية كل شهر قمري. ولكن لماذا لا يحدث ذلك؟

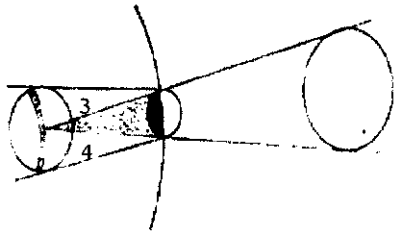
يحدث الكسوف عندما تقع الأرض في ظل القمر. وهذا لا يحدث دائما في حالة وقوع القمر بين الأرض والشمس. والسبب المانع لذلك أن مسار الأرض حول الشمس ومسار القمر حول الأرض

لا يقعان في نفس المسطح بل يشكلان درجة مقدارها 5 درجات. مما جعل ظل القمر أحيانا فوق مستوى الأرض أو تحته. فلا يحدث كسوف الشمس. وإذا أريد للكسوف أن يحدث لابد أن يصل رأس مخروط ظل القمر إلى سطح الأرض وتحدث هذه الحالة فقط عندما يكون القمر والأرض والشمس في خط مستقيم أو قريبا من ذلك أي في حالة الاقتران.



شكل4-21 (أثر ميلان مسار القمر حول الأرض.

وتحدث هذه الحالة – أي حالة الخط المستقيم – عندما يقع القمر عند احدى العقدتين والعقدة هي تقاطع مسار القمر حول الأرض مع مسار الأرض حول الشمس. ويسمى الأخير بالسمت. انظر الشكل 4-20 حيث يلاحظ في الموضعين (1) و(2) تحقق الظروف المواتية، ولكن في الموضعين (3) و(4) لا يقع القمر في حالة القمر الجديد.



شكل 4-22 (كسوف الشمس)

ذكرنا إن حدوث الكسوف لا يتحقق إلا إذا وصل ظل القمر سطح الأرض و المنطقة التي يصلها الظل تتمتع بكسوف كلى للشمس. أي أنه لا يصلها ضوء من الشمس:

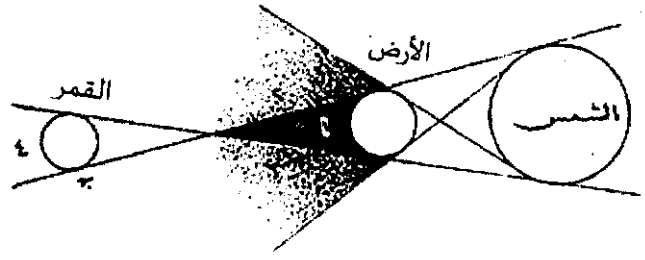
انظر الشكل 4-16. هذه المنطقة عبارة عن شريط ضيق لا يتعدى عرضه 267 كيلومترا في أحسن الظروف.

ويعنى ذلك إن كسوف الشمس لا يمكن أن يعم كل النصف من الأرض المواجهة للشمس عند حدوث الكسوف. والسبب في ذلك يرجع إلى ضيق ظل القمر.

ونسبة لحركة كل من الأرض والقمر فإن الكسوف الكلى لا يستمر في مكان ما أكثر من حوالى سبع دقائق إذ يتحرك الظل بسرعة 1696 كلم/الساعة على سطح الأرض على شريط ضيق مما يمكن الموجودين ضمن هذا الشريط من مشاهدة الكسوف.

ولكن على جانبي الظل توجد منطقة شبة ظل تمتد حوالى 3200كم على جانبي الظل. ويشاهد في هذه المنطقة كسوف جزئي (2و3) وقد يستمر ذلك لأكثر من أربع ساعات.

وقد يحدث نوع ثالث من الكسوف إذا وقعت الأرض في المنطقة (4) في الشكل 4- 22 حيث يغطى القمر الأجزاء الداخلية من الشمس بينما تصل الأشعة إلى الأرض من الأجزاء الخارجية.



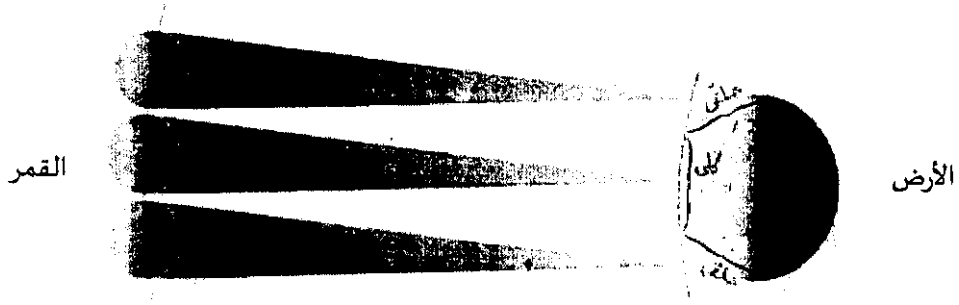
شكل 4-23 (خسوف القمر)

فتبدو الشمس للمشاهد في شكل حلقة ومن ثم أطلق على هذا النوع من كسوف الشمس الكسوف الحلقى. ويحدث الكسوف الحلقى عندما يكون القمر في أبعد نقطة في مساره حول الأرض. إذ لا يصل الظل إلى سطح الأرض. ويبتعد عنها بمقدار 32800 كيلومتر. ويلاحظ إن هذه الحالة تحدث عندما يكون القمر في أقرب نقطة من الشمس مما يجعل ظله أقصر من المعتاد.

والكسوف الكلى يعتبر أمراً مهما بالنسبة لعلماء الفلك إذ يستطيعون إجراء بعض الدراسات التي يصعب إجراؤها في غير هذه المناسبة، ولذلك يسعون إلى مكان الكسوف الكلى أينما كان إذا كانت الظروف الطبيعية مواتية لمشاهدته.

هناك نوع رابع من الكسوف، وهو نادر الحدوث، وهو عندما يحدث الكسوف الحلقي مع الكسوف الكلي أثناء مسار الكسوف ويطلق عليه أحياناً الكسوف الحلقي الكلي ويمثل حوالي 4% في القرن. وتحدث هذه الحالة عندما يلامس رأس مخروط ظل القمر بالكاد سطح الأرض

عندما يكون القمر في خط بين مركزي الأرض والشمس. ولكنه في نفس الوقت لا يصل ظله إلى الأرض قبل ذلك. انظر الشكل (4-24)



شكل 4-24 (الكسوف الحلقي)

وعند حدوث الكسوف الكلى في منطقة ما تختفي الشمس كلية، ويبرد الجو وتظهر النجوم وتأوي الطيور إلى أعشاشها. ورغم إن قرص الشمس يختفي إلا أنه يصلنا بعض الضوء من جو الشمس وهى منطقة تسمى بالإكليل. وسنتعرض إلى ذلك في موضعه في الفصل الخاص بالشمس وبقية النجوم.

مظهر الكسوف في السماء:

أي كسوف يبدأ بكسوف جزئي عندما تبدأ الشمس في الدخول في شبه ظل القمر حتى يغطي القمر الشمس كلية ثم تبدأ الشمس في الظهور تدريجياً حتى تخرج الأرض كلية من ظل القمر. وتستغرق كل هذه العملية من ساعتين إلى أربع ساعات.

4-3-3 خسوف القمر:

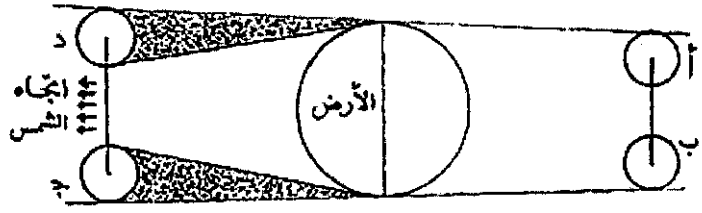
تحدث ظاهرة الخسوف عندما يقع القمر في ظل الأرض. ولأتحدث هذه الحالة إلا في حالة البدر. أي لا ينخسف القمر إلا عندما يكون بدرا وما قيل عن الظروف المساعدة لحدوث الكسوف يصح إيرادها هنا. فلا بد من أن يكون القمر في إحدى عقدتي المسار أو قريبا من ذلك لحدوث الخسوف.

ونسبة لكبر حجم الأرض فإن امتداد ظلها اكبر من امتداد ظل القمر. ويساوى طول ظل الأرض في متوسطة 1374000 كيلومتر. بينما يبلغ امتداد ظل القمر 371200 كيلومتر في المتوسط.

ولهذا فإن الخسوف يعم كل الجزء المظلم من الأرض بينما يكون كسوف الشمس في شريط ضيق على سطح الأرض.

قد يستنتج من هذا الكلام إن احتمال حدوث خسوف القمر أكبر من احتمال كسوف الشمس. هذا صحيح إذا كان يعني حدوث الكسوف أو الخسوف في منطقة ما. ولكن إذا فهم منه حدوث الظاهرتين على الأرض فهو غير صحيح. إذ إن عدد المرات التي يحدث فيها كسوف الشمس أكثر من عدد المرات التي يحدث فيها خسوف القمر في فترة محددة.

والسبب في ذلك يرجع إلى أن احتمال وقوع الأرض في ظل القمر أكبر من احتمال وقوع الأخير في ظل الأرض. انظر الشكل 4-25



شكل 4-25 (احتمال حدوث الخسوف والكسوف)

يلاحظ في هذا الشكل أن عرض ظل الأرض في موضع القمر – (إلى اليمين) يبلغ 9120 كيلومتراً ولحدوث الخسوف لا بد أن يقع القمر كليا في هذا الظل.

ولكن عرض المنطقة التي يمكن أن يقع فيها ظل القمر على الأرض أعرض من ذلك. فالمسافة جـ د = 16000 كيلومتر (شكل 4-24).

ويستمر الخسوف حوالى 4 ساعات بينما لا يستمر الكسوف الكلي أكثر من سبع دقائق ونصف الدقيقة في أحسن الظروف.

وتجدر الإشارة إلى أن عدد المرات التي يحدث فيها الكسوف والخسوف يتراوح بين مرتين وسبع مرات في العام.

ونورد في الجدول رقم 4-11 عدد المرات التي يحدث فيها كسوف الشمس في القرن الواحد:

جدول رقم 4-11 عدد مرات الكسوف في القرن الواحد

نوع الكسوف	كلي	حلقي	هجين	كسوف بدون ظل
عدد المرات في القرن	66	77	83	10

ولكن حدوث الكسوف في نفس المكان أمر بعيد الاحتمال إذ لا يتم ذلك إلا بعد حوالى 350 عاما. إذ يقتضي ذلك (1) أن يكون القمر في نفس العقدة (2) وأن تكون الشمس والقمر على نفس بعديهما من الأرض.

4-3-4 التنبؤ بحدوث كسوف الشمس:

لاحظ القدماء أن أنواع الكسوف المتشابهة تحدث بطريقة دورية. وقد ساعدهم ذلك على التنبؤ بمواعيد حدوثها بصورة تقريبية. ومن أهم الدورات المستعملة لذلك ما يسمى بدورة التعاقب، وهى فترة 18 عاما وأحد عشر يوما (أو عشرة أيام وثلث اليوم إذا كانت الدورة تحتوي على خمس سنوات كبيسة).

والجدير بالذكر أن الكسوف التالي في دورة التعاقب يحدث قريبا من الكسوف السابق له ولكن ليس في نفس المكان والزمان. وفي الغالب يتأخر الكسوف حوالى ثلث يوم عن موعده السابق.

انظر إلى الجدول 4-12 الذى يوضح تواريخ حدوث الكسوف ابتداء من عام 1952 إلى عام 2020 ويلاحظ أن بعض الدورات تعاقبية. والدورات التعاقبية تتشابه في المناطق التي تحدث فيها وحتى في امتداد الكسوف – فمثلا الكسوفات بتاريخ 1952/2/25 و1970/3/7 وكسوف 1988/3/18 وكسوف 2006/3/29 تنتمى إلى نفس الدورة وكسوف 1955/6/20 وكسوف1973/6/30 وكسوف 1991/7/11 وكسوف 2009/7/22 تنتمى إلى دورة تعاقب واحدة. ونورد في الملاحق قائمة بكسوف الشمس حتى عام 2050 مع أشكال توضح مسارات الكسوف على سطح الأرض.

تمعن في الجدول وحاول معرفة الكسوفين التالين في كل دورة. ماذا تلاحظ عن امتداد الكسوف والزمن الذى يستغرقه؟

جدول رقم 4-12

قائمة بكسوف الشمس للفترة 1951-2050

	التاريخ	النوع	المدة		
			دقيقة	ثانية	
1	1951/3/7	حلقي	-	59	نيوزيلندة- نيكاراجوا
2	1951/9/1	حلقي	2	36	شرق الولايات المتحدة – الصحراء الغربية- موريتانيا – مالي – ساحل العاج- غانا – الكنغو – أنجولا – بتسوانا- زمبابوي – مدغشقر
3	1952/2/25	كلي	3	9	الجابون – إفريقيا الوسطي – السودان – السعودية – العراق – إيران – تيرننستان – اوزبكستان – كازخستان – روسيا
4	1952/8/20	حلقي	6	40	بيرو- تشيلي-بوليفيا – الأرجنتين - يورو جواي
5	1953/2/14	جزئي	-	-	شرق أسيا- المحيط الهادي- ألاسكا
6	1953/7/11	جزئي	-	-	ألاسكا- شمال كندا- جرينلاند
7	1953/8/9	جزئي	-	-	جنوب تشيلي- الأرجنتين – الدائرة القطبية
8	1954/1/5	حلقي	2	35	الدائرة القطبية الجنوبية
9	1954/6/30	كلي	2	35	شمال الولايات المتحدة – شرق كندا – شرق جرانادا – جرينلاند – أيسلندة – النرويج – السويد- أوكرانيا – روسيا – إيران – أفغانستان – الهند – باكستان – بلاروس
10	1954/12/25	حلقي	7	39	ناميبيا- جنوب إفريقيا – المحيط الهندي – إندونيسيا
11	1955/6/20	كلي	7	8	سريلانكا- ماينمار – تايلاند- لاوس- كمبوديا – فيتنام – الفلبين
12	1955/12/14	حلقي	12	9	تشاد – السودان – أثيوبيا- الصومال – تايلاند – ماينمار- لاوس – فيتنام – جنوب شرق الصين
13	1956/6/8	كلي	4	45	جنوب المحيط الهادي
14	1956/12/2	جزئي	-	-	أوروبا – شمال إفريقيا – الشرق الأوسط – وسط آسيا
15	1957/4/30	حلقي	-	-	شمال روسيا
16	1957/10/23	كلي	-	-	بالقرب من الدائرة القطبية
17	1958/4/19	حلقي	7	7	ماينمار-تايلاند-لاوس-كمبوديا- فيتنام – الصين – اليابان
18	1958/10/12	كلي	5	11	المحيط الهادي- تشيلي – الأرجنتين
19	1959/4/8	حلقي	7	26	أستراليا

20	1959/10/2	كلي	3	2	السودان – شمال شرق الولايات المتحدة – الصحراء الغربية- مالي – النيجر – نيجيريا – تشاد – أثيوبيا – الصومال
21	1960/3/27	جزئي	-	-	الدائرة القطبية الجنوبية – جنوب المحيط الهندي
22	1960/9/20	جزئي	-	-	شمال شرق آسيا- أمريكا الشمالية
23	1961/12/15	كلي	2	45	فرنسا – إيطاليا –يوغسلافيا – رومانيا – أوكرانيا – روسيا
24	1961/8/11	حلقي	6	35	الدائرة القطبية الجنوبية
25	1962/2/5	كلي	4	8	إندونيسيا – بابوا – أستراليا – غينيا الجديدة – المحيط الهادي
26	1962/7/31	حلقي	3	33	السنغال – فنزويلا – غيانا- غيانا الفرنسية- مالي – بوركينافاسو- توجو- بنين- نيجيريا – الكمرون- تنزانيا- مدغشقر
27	1963/1/25	حلقي	-	25	تشيلي- الأرجنتين - جنوب إفريقيا – مدغشقر
28	1963/7/20	كلي	1	40	اليابان – شمال المحيط الهادي- ألاسكا- شمال كندا- ميامي
29	1964/1/14	جزئي	-	-	الدائرة القطبية
30	1964/6/10	جزئي	-	-	أستراليا- نيوزيلندة
31	1964/7/9	جزئي	-	-	شمال أمريكا الشمالية- القطب الشمالي- شمال شرق آسيا
32	1964/12/4	جزئي	-	-	شمال شرق آسيا- المحيط الهادي
33	1965/5/30	كلي	5	15	نيوزيلندة- المحيط الهادي- بيرو
34	1965/11/23	حلقي	4	2	أفغانستان- باكستان- الهند نيبال- فيتنام – ماينمار- تايلند- كمبوديا- ماليزيا- إندونيسيا- بيرو – غينيا الجديدة- أستراليا- بابوا
35	1966/5/20	حلقي	-	5	غينيا- مالي- الجزائر – ليبيا- اليونان- تركيا- روسيا- الصين
36	1966/11/12	كلي	1	57	بيرو- تشيلي – بوليفيا- الأرجنتين – البرازيل- يورو جواي
37	1967/5/9	جزئي	-	-	جنوب المحيط الأطلسي
38	1967/11/2	كلي	-	-	جنوب المحيط الأطلسي
39	1968/3/28	جزئي	-	-	الدائرة القطبية – المحيط الهادي
40	1968/9/22	كلي	-	40	روسيا- كازاخستان- الصين
41	1969/3/18	حلقي	-	26	جنوب شرق آسيا- جزر الهند الشرقية – أستراليا- جنوب المحيط الهادي
42	1969/9/11	حلقي	3	11	المحيط الهادي- بيرو- بوليفيا- البرازيل

43	1970/3/7	كلي	2	28	المحيط الهادي- المكسيك- شرق الولايات المتحدة- شرق كندا
44	1970/8/31	حلقي	6	48	بابوا- غينيا الجديدة – المحيط الهادي
45	1971/11/25	جزئي	-	-	أوروبا- شمال غرب إفريقيا- غرب آسيا
46	1971/7/22	جزئي	-	-	شمال شرق آسيا – شمال ألاسكا
47	1971/8/20	جزئي	-	-	شرق أستراليا-نيوزيلندة- جنوب المحيط الهادي
48	1972/1/16	حلقي	1	53	الدائرة القطبية
49	1972/7/10	كلي	2	36	شمال شرق روسيا- ألاسكا- كندا
50	1973/1/4	حلقي	7	49	المحيط الهادي- تشيلي- الأرجنتين - المحيط الأطلسي
51	1973/6/30	كلي	7	4	غيانا- سورينام- موريتانيا-مالي-النيجر-تشاد-السودان-يوغندة-كينيا
52	1973/12/24	حلقي	12	2	المكسيك-كوستاريكا-بنما-كولمبيا-فنزويلا-البرازيل-موريتانيا-الجزائر
53	1974/6/20	كلي	5	9	جنوب المحيط الهندي-جنوب غرب أستراليا
54	1974/12/13	جزئي	-	-	أمريكا الشمالية-شمال أمريكا الجنوبية
55	1975/5/11	جزئي	-	-	جرينلاند- أوروبا- شمال إفريقيا- شمال آسيا
56	1975/11/3	جزئي	-	-	جنوب أمريكا الجنوبية – الدائرة القطبية
57	1976/4/29	حلقى	6	41	السنغال – موريتانيا – مالي –الجزائر – ليبيا – اليونان – تركيا – أرمينيا – أذربيجان – إيران – أفغانستان – باكستان – طاجاكستان – كايرجستان – الصين.
58	1976/4/23	كلى	4	46	تنزانيا – جنوب شرق أستراليا.
59	1977/4/18	حلقى	7	4	ناميبيا – أنجولا – الكنغو – زامبيا – تنزانيا.
60	1977/10/12	كلى	2	37	المحيط الهادئ – كولمبيا – فنزويلا.
61	1978/4/7	جزئي	_	_	جنوب أمريكا الجنوبية – جنوب القارة الأفريقية – الدائرة القطبية الجنوبية.
62	1978/10/2	جزئي	_	_	اسكندنيفيا – شمال وشرق آسيا.
63	1979/2/26	كلى	2	49	شمال غرب الولايات المتحدة – شرق كندا – جرينلاند.
64	1979/8/22	حلقى	6	3	الدائرة القطبية – جنوب المحيط الهادئ.
65	1980/2/16	كلى	4	8	أنجولا – الكنغو – تنزانيا- كينيا – الهند –ماينمار – الصين.
66	1980/8/10	حلقى	3	23	المحيط الهادئ – بيرو – بوليفيا – برجاوي – البرازيل.

67	1981/2/4	حلقي	_	33	تسمانيا- نيوزيلندة – جنوب المحيط الهادئ
68	1981/7/31	كلي	2	2	كازاخستان – روسيا – شمال المحيط الهادئ.
69	1982/1/25	جزئي	_	_	نيوزيلندا – الدائرة القطبية.
70	1982/6/21	جزئي	_	_	جنوب المحيط الأطلسي – جنوب القارة الأفريقية.
71	1982/7/20	جزئي	_	_	شمال شرق أسيا – شمال أمريكيا الشمالية _ شمال غرب أوروبا.
72	1982/12/15	جزئي	_	_	أوروبا – شمال شرق إفريقيا – آسيا الوسطى
73	1983/6/11	كلي	5	11	إندونيسيا –بابوا – غينيا الجديدة.
74	1983/12/4	حلقي	4	1	الجابون – الكنغو – يوغندا – كينيا – أثيوبيا – الصومال.
75	1984/5/30	حلقي	_	11	المكسيك – جنوب شرق الولايات المتحدة – المغرب – الجزائر.
76	1984/11/22	كلي	2	_	بابوا – غينيا الجديدة – جنوب المحيط الهادئ
77	1985/5/19	جزئي	_	_	شمال شرق آسيا – شمال أمريكا الشمالية.
78	1985/11/12	كلي	1	59	جنوب المحيط الهادئ – الدائرة القطبية
79	1986/4/9	جزئي	_	_	جزر الهند الشرقية – أستراليا – الدائرة القطبية
80	1986/10/3	هجين	_	_	شمال المحيط الأطلسي.
81	1987/3/29	هجين	_	8	الأرجنتين – الجابون – الكمرون – السودان – أثيوبيا – الصومال – جمهورية إفريقيا الوسطى
82	1987/9/23	حلقي	3	49	كازاخستان – روسيا – منغوليا – الصين
83	1988/3/18	كلي	3	46	ماليزيا – إندونيسيا – الفلبين – المحيط الهادئ
84	1988/9/11	حلقي	6	57	المحيط الهندي.
85	1989/3/7	جزئي	_	_	غرب أمريكا الشمالية.
86	1989/8/31	جزئي	_	_	جنوب القاره الإفريقية – الدائرة القطبية
87	1990/1/26	حلقي	2	3	الدائرة القطبية الجنوبية.
88	1990/7/22	كلي	2	33	فنلندة – شمال روسيا – شمال المحيط الهادئ
89	1991/1/15	حلقي	7	53	جنوب غرب أستراليا – تسمانيا – نيوزيلندة – جنوب المحيط الهادئ.
90	1991/7/11	كلي	6	53	الهاواي – المكسيك – أمريكا الوسطى – كولمبيا – البرازيل.
91	1992/1/4	حلقي	11	41	شرق المحيط الهادئ – جنوب كاليفورنيا
92	1992/6/30	كلي	5	21	يورو جواي – جنوب المحيط الأطلسي.
93	1992/12/24	جزئي	_	_	شمال شرق آسيا – شمال المحيط الهادئ – ألاسكا.

94	1993/5/21	جزئي	_	-	غرب أمريكا الشمالية – شمال أوروبا – شمال غرب أسيا.
95	1993/11/13	جزئي	_	_	جنوب أستراليا – نيوزيلندة – الدائرة القطبية – جنوب أمريكا الجنوبية.
96	1994/5/10	حلقى	6	13	المحيط الهادئ – شرق الولايات المتحدة – شرق كندا – المغرب.
97	1994/11/3	كلى	4	23	بيرو – تشيلي – بوليفيا – باراجواي - البرازيل.
98	1995/4/29	حلقى	6	37	جنوب المحيط الهادئ – الأكوادور – بيرو – كولمبيا – البرازيل.
99	1995/10/24	كلى	2	10	إيران – الهند – تايلند – جنوب شرق آسيا.
100	1996/4/17	جزئي	_	_	نيوزيلندة – جنوب المحيط الهادئ
101	1996/10/12	جزئي	_	_	شمال شرق أمريكا الشمالية – أوروبا– شمال أفريقيا.
102	1997/3/9	كلى	2	50	منغوليا – الصين – سيبريا.
103	1997/9/2	جزئي	_	_	أستراليا – نيوزيلندة – الدائرة القطبية.
104	1998/2/26	كلي	4	9	جالاباجوس – كولمبيا – فينزويلا – الكاريبي
105	1998/8/22	حلقى	3	14	سمطره – بروناي – المحيط الهادئ.
106	1999/2/16	حلقى	_	40	المحيط الهندي – أستراليا.
107	1999/8/11	كلى	2	23	إنجلترا – أوروبا – الشرق الأوسط – تركيا – الهند.
108	2000/2/5	جزئي	_	_	الدائرة القطبية.
109	2000/7/1	جزئي	_	_	جنوب المحيط الهادئ – جنوب أمريكا الجنوبية
110	2000/7/31	جزئي	_	_	شمال أسيا – شمال غرب أمريكا الشمالية.
111	2000/12/25	جزئي	_	_	أمريكا الشمالية – أمريكا الوسطى.
112	2001/6/21	كلى	4	57	جنوب الأطلسي – جنوب قارة أفريقيا – مدغشقر.
113	2001/12/14	حلقى	3	53	وسط المحيط الهادئ – كوستاريكا
114	2002/6/10	حلقى	00	23	شمال المحيط الهادئ – غرب المكسيك.
115	2002/12/4	كلى	02	04	جنوب قارة أفريقيا – جنوب المحيط الهندي – جنوب أستراليا.
116	2003/5/31	حلقى	3	37	أسلندة – جرينلاند.
117	2003/11/23	كلى	01	57	الدائرة القطبية.
118	2004/4/19	جزئي	_	_	الدائرة القطبية – جنوب القارة الأفريقية.
119	2004/10/14	جزئي	_	_	شمال شرق أسيا –الهاواي – ألاسكا.
120	2005/4/8	هجين	_	42	جنوب المحيط الهادئ – بنما – كولمبيا -- فينزويلا.
121	2005/10/3	حلقى	4	32	البرتقال – إسبانيا – ليبيا – السودان – كينيا.

122	2006/3/29	كلي	04	07	شرق أفريقيا – تركيا – روسيا.
123	2006/9/22	حلقي	07	09	غيانا – سوريتام – غينيا الفرنسية – جنوب المحيط الأطلسي.
124	2007/3/19	جزئي	_	_	أسيا – ألاسكا.
125	2007/9/11	جزئي	_	_	أمريكا الجنوبية – الدائرة القطبية
126	2008/2/7	حلقي	02	12	الدائرة القطبية.
127	2008/8/1	كلي	02	27	شمال كندا – جرينلاند – سيبريا – منغوليا – الصين.
128	2009/1/26	حلقي	07	54	جنوب المحيط الهندي – سمطرة – بروناي.
129	2009/7/22	كلي	06	39	الهند – نيبال – الصين – وسط المحيط الهادئ
130	2010/1/15	حلقي	11	08	شرق أفريقيا – الهند – ماينمار – الصين.
131	2010/7/11	كلي	5	20	جنوب المحيط الهادئ – الجزر الشرقية – تشيلي – الأرجنتين.
132	2011/1/4	جزئي	_	_	أوروبا – أفريقيا – وسط أسيا
133	2011/6/1	جزئي	_	_	شرق أسيا – شمال أمريكا الشمالية – أيسلندة
134	2011/7/1	جزئي	_	_	جنوب المحيط الهندي.
135	2011/11/25	جزئي	_	_	الجنوب الأفريقي – الدائرة القطبية – تسمانيا – نيوزيلندة
136	2012/5/20	حلقي	5	46	الصين – اليابان – غرب الولايات المتحدة.
137	2012/11/13	كلي	4	02	شمال أستراليا – جنوب المحيط الهادئ.
138	2013/5/10	حلقي	6	03	شمال أستراليا – جزر سليمان – وسط المحيط الهادئ.
139	2013/11/3	هجين	01	40	المحيط الأطلسي – وسط أفريقيا
140	2014/4/29	حلقي	_	_	الدائرة القطبية الجنوبية.
141	2014/10/23	جزئي	_	_	شمال المحيط الهادئ – أمريكا الشمالية.
142	2015/5/20	كلي	02	47	شمال المحيط الأطلسي – جزر فيرو – اسفال بارد.
143	2015/9/13	جزئي	_	_	الجنوب الإفريقي – المحيط الهندي – الدائرة القطبية.
144	2016/3/9	كلي	04	09	سمطرة – بروناي – سولاويزى – المحيط الهادئ
145	2016/9/1	حلقي	3	6	المحيط الأطلسي – وسط أفريقيا – مدغشقر – المحيط الهندي.
146	2017/2/26	حلقي	_	44	المحيط الهادئ – تشيلي – الأرجنتين - المحيط الأطلسي – إفريقيا.
147	2017/8/21	كلي	2	40	شمال المحيط الهادئ – الولايات المتحدة – جنوب المحيط الأطلسي

148	2018/2/15	جزئي	_	_	الدائرة القطبية – جنوب أمريكا الجنوبية.
149	2018/7/13	جزئي	_	_	جنوب أستراليا.
150	2018/8/11	جزئي	_	_	شمال أوروبا – شمال شرق أسيا.
151	2019/1/6	جزئي	_	_	شمال شرق أسيا – شمال المحيط الهادئ.
152	2019/7/2	كلي	4	33	جنوب المحيط الهادئ – تشيلي – الأرجنتين.
153	2019/12/26	حلقي	3	40	السعودية – الهند – سمطرة – بروناي.
154	2020/6/21	حلقي	_	38	المحيط الهادئ – الصين – وسط إفريقيا – جنوب أسيا.
155	2020/12/14	كلي	2	10	جنوب المحيط الهادئ – تشيلي – الأرجنتين – جنوب المحيط الأطلسي.
156	2021/6/10	حلقي	3	51	شمال كندا – جرينلاند – روسيا
157	2021/12/4	كلي	01	54	الدائرة القطبية الجنوبية.
158	2022/4/30	جزئي	_	_	جنوب شرق المحيط الهادي – جنوب أمريكا الجنوبية.
159	2022/10/25	جزئي	_	_	أوروبا- شمال شرق إفريقيا – الشرق الأوسط – غرب أسيا.
160	2023/4/20	هجين	01	16	إندونيسيا – أستراليا – بابوا (Papua) – غينيا الجديدة.
161	2023/10/14	حلقي	5	17	غرب الولايات المتحدة الأمريكية – أمريكا الوسطى – كولمبيا – البرازيل.
162	2024/4/8	كلي	4	28	المكسيك – وسط الولايات المتحدة – شرق كندا.
163	2024/10/2	حلقي	2	25	جنوب تشيلي – جنوب الأرجنتين
164	2025/3/29	جزئي	_	_	شمال غرب إفريقيا – أوروبا – شمال روسيا
165	2025/9/21	جزئي	_	_	جنوب المحيط الهادي – نيوزيلندا – الدائرة القطبية.
166	2026/2/17	حلقي	2	20	الدائرة القطبية.
167	2026/8/12	كلي	2	18	الدائرة القطبية الشمالية – جرينلاند – أيسلندا – إسبانيا.
168	2027/2/6	حلقي	7	51	تشيلي – الأرجنتين – المحيط الأطلسي.
169	2027/8/2	كلي	6	23	المغرب – إسبانيا – الجزائر – ليبيا – مصر – العربية السعودية – اليمن – الصومال.
170	2028/1/26	حلقي	10	27	الأكوادور – بيرو – البرازيل – بورما – ماينمار- إسبانيا – البرتغال
171	2028/7/22	كلي	5	10	أستراليا – نيوزيلندا.
172	2029/1/14	جزئي	_	_	أمريكا الشمالية – أمريكا الوسطى
173	2029/6/12	جزئي	_	_	الدائرة القطبية الشمالية – إسكندنافيا – ألاسكا –

					شمال أسيا – شمال كندا.
174	2029/7/11	جزئي	–	–	جنوب تشيلي – جنوب الأرجنتين
175	2029/12/5	جزئي	–	–	جنوب الأرجنتين – جنوب تشيلي – الدائرة القطبية الجنوبية.
176	2030/6/1	حلقي	5	21	الجزائر – تونس – اليونان – تركيا – روسيا – شمال الصين – اليابان.
177	2030/11/25	كلي	3	44	بتسوانا – الجنوب الإفريقي – أستراليا
178	2031/5/21	حلقي	5	26	أنغولا – الكنغو – زامبيا – تنزانيا – جنوب الهند – ماليزيا – إندونيسيا.
179	2031/11/14	هجين	01	08	المحيط الهادي – بنما.
180	2032/5/9	حلقي	–	22	جنوب المحيط الأطلسي.
181	2032/11/3	جزئي	–	–	أسيا.
182	2033/3/30	كلي	2	37	شرق روسيا – ألاسكا.
183	2033/9/23	جزئي	–	–	جنوب أمريكا الجنوبية – الدائرة القطبية الجنوبية.
184	2034/3/20	كلي	4	09	نيجيريا – الكمرون – تشاد – السودان – مصر – السعودية – ايران – أفغانستان – باكستان – الهند – الصين.
185	2034/9/12	حلقي	2	58	تشيلي – بوليفيا – الأرجنتين – برجاوي – البرازيل.
186	2035/3/9	حلقي	00	48	المحيط الهادي – نيوزيلندا.
187	2035/9/2	كلي	2	54	الصين – كوريا – اليابان – المحيط الهادي.
188	2036/2/27	جزئي	–	–	الدائرة القطبية – غرب أستراليا – نيوزيلندا.
189	2036/7/23	جزئي	–	–	جنوب المحيط الأطلسي.
190	2036/8/21	جزئي	–	–	ألاسكا – كندا – الدائرة القطبية الشمالية – غرب اوربا – شمال غرب إفريقيا.
191	2037/1/16	جزئي	–	–	شمال إفريقيا – أوروبا – الشرق الأوسط – غرب أسيا.
192	2037/7/13	كلي	3	58	أستراليا – نيوزيلندا.
193	2038/1/5	حلقي	3	18	كوبا – الدومنيكان – ساحل العاج – غانا –النيجر – مصر.
194	2038/7/2	حلقي	1	–	كولمبيا – فينزويلا – موريتانيا – المغرب – مالي – النيجر – تشاد – السودان –أثيوبيا – كينيا.
195	2038/12/26	كلي	2	18	أستراليا – نيوزيلندة – جنوب المحيط الهادئ
196	2039/6/21	حلقي	4	5	ألاسكا – شمال كندا – النرويج – السويد –فنلندة – إستونيا – روسيا.

197	2039/12/15	كلي	1	51	الدائرة القطبية الجنوبية.
198	2040/5/11	جزئي	_	_	أستراليا – نيوزيلندة – الدائرة القطبية.
199	2040/11/4	جزئي	_	_	شمال ووسط أمريكا.
200	2041/4/30	كلي	1	51	أنجولا – الكنغو – يوغندا – كينيا – الصومال
201	2041/10/25	حلقي	6	7	منغوليا – الصين – كوريا – اليابان – المحيط الهادئ.
202	2041/4/20	كلي	4	51	ماليزيا – إندونيسيا – الفلبين – شمال المحيط الهادئ
203	2042/10/14	حلقي	7	44	تايلند – ماليزيا – إندونيسيا – نيوزيلندا – أستراليا.
204	2043/4/9	كلي	_	_	شمال شرق روسيا.
205	2043/10/3	حلقي	_	_	جنوب المحيط الهندي.
206	2044/2/28	حلقي	2	27	جنوب المحيط الأطلسي.
207	2044/8/23	كلي	2	4	جرينلاند – شمال كندا – مونتانا – داكوتا الشمالية
208	2045/2/16	حلقي	7	47	نيوزيلندة – المحيط الهادئ.
209	2045/8/12	كلي	6	6	سورينام – جنوب الولايات المتحدة – هايتي – الدومنيكان – فينزويلا – غيانا _ غيانا الفرنسية -البرازيل
210	2046/2/5	حلقي	9	42	بابوا – غينيا الجديدة – الهاواي – كاليفورنيا – اوريقون – أيداهو
211	2046/8/2	كلي	4	51	البرازيل – أنجولا – ناميبيا – بتسوانا – جنوب إفريقيا – سوازيلند – موزمبيق.
212	2047/1/26	جزئي	_	_	شرق أسيا – ألاسكا.
213	2047/6/23	جزئي	_	_	شمال كندا – جرينلاند – شمال شرق أسيا.
214	2047/7/22	جزئي	_	_	جنوب شرق أستراليا – نيوزيلندا
215	2047/12/16	جزئي	_	_	الدائرة القطبية الجنوبية – تشيلي – جنوب الأرجنتين.
216	2048/6/11	حلقي	4	58	وسط غرب الوليات المتحدة – كوبيك – أونتاريو – جرينلاند – ايسلندة – النرويج – السويد – روسيا – أفغانستان.
217	2048/12/5	كلي	3	28	تشيلي – الأرجنتين – ناميبيا – بتسوانا
218	2049/5/31	حلقي	4	45	بيرو – الأكوادور – كولمبيا – فينزويلا – غيانا – السنغال –مالي – بوركينا فاسو – غانا – نيجيريا
219	2049/11/25	هجين	_	38	السعودية – اليمن – ماليزيا – إندونيسيا.
220	2050/5/20	هجين	_	21	جنوب المحيط الهادئ.
221	2050/11/14	جزئي	_	_	شمال شرق الولايات المتحدة – شمال إفريقيا – شرق كندا – أوروبا.

الجدول 4-13

ملخص لأعداد أنواع الكسوف في الفترة 1951 - 2050

النوع	كلي	حلقي	جزئي	هجين	المجموع
العدد	67	73	73	8	221
%	30.3	33	33	3.6	

الجدول 4-14

خسوف القمر

م	التاريخ	التوقيت العالمي البداية		النوع	المدة بالدقيقة		
		س	د		جزئي	كلي	
1	2008/2/21	3	26	كلي	206	50	Total كلي
2	2008/8/16	21	10	جزئي	188	-	Partial جزئي
3	2009/2/9	14	38	شبه ظلي	-	-	Penumbral شبه ظلي
4	2009/7/7	09	39	شبه ظلي	-	-	
5	2009/8/6	00	39	شبه ظلي	-	-	
6	2009/12/31	19	23	جزئي	62	-	
7	2010/6/26	11	38	جزئي	164	-	
8	2010/12/21	08	17	كلي	210	74	
9	2011/6/15	20	13	كلي	220	100	
10	2011/12/10	14	32	كلي	212	52	
11	2012/6/4	11	03	جزئي	128	-	
12	2012/11/28	14	33	شبه ظلي	-	-	
13	2013/4/25	20	07	جزئي	32	-	
14	2013/5/25	04	10	شبه ظلي	-	-	
15	2013/10/18	23	50	شبه ظلي	-	-	
16	2014/4/15	07	46	كلي	216	78	

17	2014/10/8	10	55	كلي	200	60	
18	2015/4/4	12	00	كلي	210	12	
19	2015/9/28	02	47	كلي	200	72	
20	2016/3/23	11	47	شبه ظلي	-	-	
21	2016/8/18	09	42	شبه ظلي	-	-	
22	2016/9/16	18	54	شبه ظلي	-	-	
23	2017/2/11	00	44	شبه ظلي	-	-	
24	2017/8/7	18	20	جزئي	116	-	
25	2018/1/31	11	30	كلي	204	76	
26	2018/7/27	20	22	كلي	236	104	
27	2019/1/21	05	12	كلي	198	62	
28	2019/7/16	21	31	جزئي	178	-	
29	2020/1/10	19	10	شبه ظلي	-	-	
30	2020/6/5	19	25	شبه ظلي	-	-	
31	2020/7/5	04	30	شبه ظلي	-	-	
32	2020/11/30	09	43	شبه ظلي	-	-	
33	2021/5/26	11	19	كلي	188	18	
34	2021/11/19	09	03	جزئي	210	-	
35	2022/5/16	04	11	كلي	208	86	
36	2022/11/8	10	59	كلي	220	86	
37	2023/5/5	17	23	شبه ظلي	-	-	
38	2023/10/28	20	14	جزئي	80	-	
39	2024/3/25	07	13	شبه ظلي	-	-	
40	2024/9/18	02	44	جزئي	64	-	
41	2025/3/14	06	59	كلي	218	66	
42	2025/9/7	18	12	كلي	210	82	
43	2026/3/3	11	33	كلي	208	60	
44	2026/8/28	04	13	جزئي	198	-	
45	2027/2/20	23	13	شبه ظلي	-	-	
46	2027/7/18	16	03	شبه ظلي	-	-	

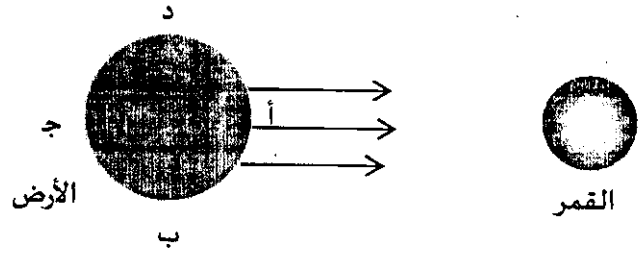
47	2027/8/17	07	14	شبه ظلي	-	-	
48	2028/1/12	04	13	جزئي	58	-	
49	2028/7/6	18	19	جزئي	142	-	
50	2028/12/31	16	52	كلي	210	72	
51	2029/6/26	03	22	كلي	220	102	
52	2029/12/20	22	42	كلي	214	54	
53	2030/6/15	18	33	جزئي	146	-	
54	2030/12/9	22	27	شبه ظلي	-	-	
55	2031/5/7	03	51	شبه ظلي	-	-	
56	2031/6/5	11	44	شبه ظلي	-	-	
57	2031/10/30	07	45	شبه ظلي	-	-	
58	2032/4/25	15	13	كلي	212	66	
59	2032/10/18	19	02	كلي	196	48	
60	2033/4/14	19	12	كلي	216	50	
61	2033/10/8	10	55	كلي	204	80	
62	2034/4/3	19	05	شبه ظلي	-	-	
63	2034/9/28	02	46	جزئي	32	-	
64	2035/2/22	09	05	شبه ظلي	-	-	
65	2035/8/19	01	11	جزئي	78	-	
66	2036/2/11	22	11	كلي	202	76	
67	2036/8/7	02	51	كلي	232	96	
68	2037/1/31	14	00	كلي	198	64	
69	2037/7/27	04	08	جزئي	194	-	
70	2038/1/21	03	48	شبه ظلي	-	-	
71	2038/6/17	02	43	شبه ظلي	-	-	
72	2038/7/16	11	34	شبه ظلي	-	-	
73	2038/12/11	17	43	شبه ظلي	-	-	
74	2039/6/6	18	53	جزئي	180	-	
75	2039/11/30	16	55	جزئي	206	-	
76	2040/5/26	11	45	كلي	212	92	

	88	222	كلي	03	19	2040/11/18	77
	_	60	جزئي	41	00	2041/5/16	78
	_	92	جزئي	33	04	2041/11/8	79
	_	_	شبه ظلي	28	14	2042/4/5	80
	_	12	جزئي	44	10	2042/9/29	81
	_	_	شبه ظلي	33	19	2042/10/28	82
	54	216	كلي	30	14	2043/3/25	83
	72	206	كلي	50	01	2043/9/19	84
	68	210	كلي	37	19	2044/3/13	85
	36	206	كلي	19	11	2044/9/7	86
	_	_	شبه ظلي	42	07	2045/3/3	87
	_	_	شبه ظلي	53	13	2045/8/27	88
	_	54	جزئي	01	13	2046/1/22	89
	_	116	جزئي	04	01	2046/7/18	90
	70	210	كلي	24	01	2047/1/12	91
	102	220	كلي	34	10	2047/7/7	92
	56	214	كلي	52	06	2048/1/1	93
	_	160	جزئي	01	02	2048/6/26	94
	_	_	شبه ظلي	26	06	2048/12/20	95
	_	_	شبه ظلي	25	11	2049/5/17	96
	_	_	شبه ظلي	12	19	2049/6/15	97
	_	_	شبه ظلي	50	15	2049/11/9	98
	44	206	كلي	30	22	2050/5/6	99
	36	194	كلي	20	03	2050/10/30	100
	70	222	كلي	14	02	2051/4/26	101
	84	204	كلي	10	19	2051/10/19	102

4-4 المد والجزر:

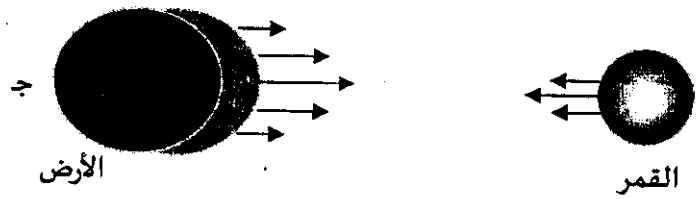
لقد عرف الناس منذ عهد طويل أن للقمر صلة بظاهرة المد والجزر. ولكن تفسيرها لم يكن مفهوما إلا بعد اكتشاف قانون الجذب الكوني. عرفنا مما تقدم في الفصل الأول أن قوة الجذب بين جسمين تتناسب تناسباً عكسياً مع مربع المسافة التي تفصل الجسمين. وبذلك فإن هذه القوة تزيد كلما قلت المسافة وتقل بزيادة المسافة بين الجسمين.

وبما أن الجزء المواجه للقمر من الأرض أقرب إليه بمقدار 6400 كلم مقارناً بمركز الأرض، لذلك فإن القوة على الجزء الأقرب أكبر من القوة عند مركز الأرض بمقدار 3% وبنفس المنطق فإن مركز الأرض أقرب إلى القمر من الجزء الأبعد من الأرض مما يعنى أن جاذبية القمر على مركز الأرض تزيد بمقدار 3% عنها عن الجزء الأبعد.



شكل 4-26 (قوة الجذب)

وبالنظر إلى الشكل 4-26 فإن القوة على الجزء (أ) أكبر من القوة على الجزء (ب) والقوة على الجزء (ب) أكبر من القوة على الجزء (جـ). ولذلك فالمياه على الجزء (أ) تتعرض إلى قوة جذب من القمر أكبر من الأماكن (د) و (ب). ولذلك فإن المياه تنحدر نحو (أ) وما جاروها من (ب) و(د) مكونة انبعاجاً عند (أ). كما في الشكل 4-26

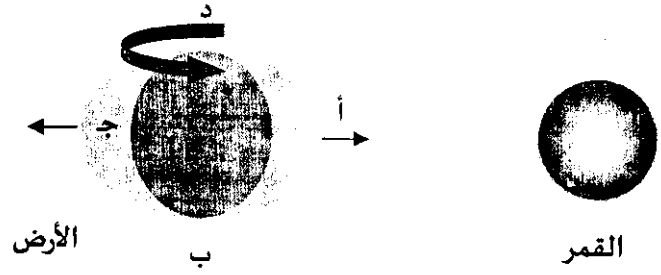


شكل 4-27

واذا كان الحال كما وصفنا فقط لكان من اليسير شرح ظاهرة المد والجزر حيث إن الجزء الأقرب يتجمع نحوه الماء باتجاه القمر ويكون المد، والأجزاء (د) و(ب) ينحسر عنهما الماء ويكون في حالة جزر. وذلك لأن الأجزاء الأقرب إلى القمر تتعرض إلى قوة أكبر في المتوسط بالنسبة لجذب القمر للأرض كلها. وهذا يعادل قوة رافعة للمد في اتجاه القمر.

ولكن من الملاحظ أيضا أنه يوجد تجمع للماء في الاتجاه الأبعد عن القمر شبيه بتجمع الماء على الجزء المقابل للقمر؛ فكيف نفسر ذلك؟

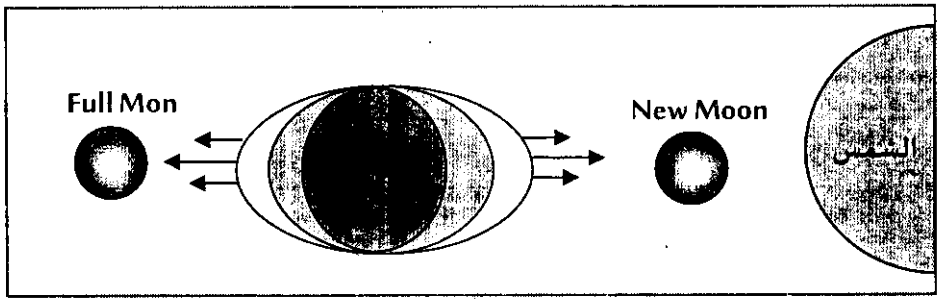
إن قوة جذب القمر للجزء الأبعد من الأرض أقل من المتوسط. وهذه القوة بمثابة قوة رافعة للمد نحو الاتجاه الأبعد من القمر. ويمكن فهم هذه القوة اذا اعتبرنا أن قوة الجذب على الجزء (أ) بالنسبة للقوة على مركز الأرض (م) موجبة لأنها أكبر من القوة على (م) ولكن القوة على (جـ) أقل من القوة على (م) فكأن أثر القوة على (جـ) في الاتجاه الأبعد عن القمر. ولذلك تتجه المياه نحو (جـ) لأن القوة عليها أقل ويتكون مد على هذا الجزء. انظر الشكل 4-28.



شكل 4-28

ونسبة لدوران الأرض حول محورها فإن الجزئيين (د) و(ب) اللذين كان بينهما جزر يأتيهما المد. والجزءان (ج) و(أ) يتعرضان إلى جزر بعد حوالى 6 ساعات. ولكن المد يتأخر قليلا عن مدة الست الساعات بسب حركة القمر من الغرب إلى الشرق. مما يجعل المد يتأخر حوالى 25دقيقة، أي أن نفس المنطقة التي كان بها مد قبل 6 ساعات و25 دقيقة تتعرض إلى مرة أخرى.

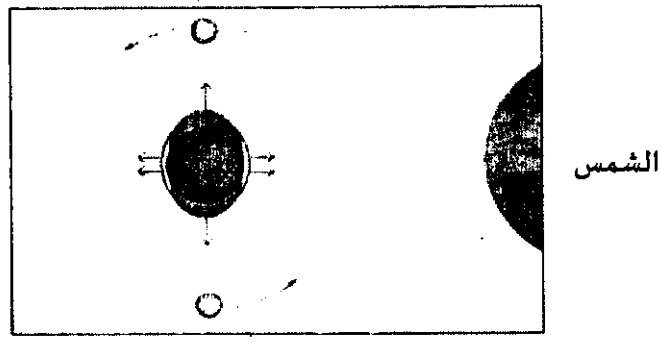
يلاحظ الناس أن المد يكون كبيراً عندما يكون القمر في حالتي البدر والقمر الجديد. وذلك مرده إلى أن الشمس تكون في نفس الاتجاه مع الأرض والقمر وتؤثر قوة جذبهما للمياه فتزداد(الجزء



شكل 4-29 (المد الأكبر)

الأسفل من الشكل 4-30).

وفي الربع الأول والربع الأخير لأطوار القمر تكون قوة جذب الشمس للمياه معاكسة لقوة جذب القمر لها ولذلك يكون المد أقل من المتوسط. انظر الشكل 4-29.



شكل 4-30 (المد الأصغر)

ولا يلاحظ المد والجزر بصورة واضحة في شواطئ البحار الضيقة والخلجان أو في عرض البحر. ولكن يلاحظ بصورة واضحة في شواطئ البحار الكبيرة والمحيطات.

ولعله من المفيد أن نذكر أن احتكاك مياه المحيطات على قيعانها بسبب حركة المياه نتيجة للمد والجزر تقلل من حركة دوران الأرض حول محورها بصور تدريجية وبطيئة للغاية. وقد حسب العلماء ذلك فوجدوا أن طول اليوم يزداد بحوالي 1.6 ثانية في كل 100000عام أو 0.0016 ثانية في القرن الواحد.

ومعنى ذلك أن سرعة الأرض حول محورها كانت أكبر من الآن قبل ملايين السنين (حاول حل المسألة رقم 30 في الصفحة الأخيرة من هذا الفصل)

5-4 الأسئلة:

1. اشرح تجربة فوكو. وكيف توضح حركة الأرض حول محورها؟
2. ما السمت؟
3. كيف تحدث الفصول على الأرض؟
4. اشرح اثر كل من ميلان محور الأرض، واتجاه المحور نحو النجم القطبي ودوران الأرض حول الشمس في حدوث الفصول؟
5. كم يكون طول الفصل في الحالات الآتية:-
   أ- إذا كانت سرعة الأرض حول الشمس نصف قيمتها الحالية؟
   ب- (ب) إذا نقص طول اليوم بمقدار الثلث؟
   ج- (ج) إذا اتجه محور الأرض نحو الشمس بصورة دائمة؟
6. كيف تفسر حدوث أعلى درجة حرارة في النصف الشمالي من الكرة الأرضية عن موعد حدوث الانقلاب الصيفي (6/22)
7. أوجد المساحة التي تتوزع عليها حزمة ضوء مساحة مقطعها متر مربع في الحالات التالية:-
   أ- عندما تكون زاوية ميلان الأشعة 15 درجة؟
   ب- عندما تكون زاوية ميلان الأشعة 27 درجة؟
   ج- (ج) عندما تكون زاوية ميلان الأشعة 23 ونصف درجة؟
   د- (د) عندما تكون زاوية ميلان 45 درجة؟
   هـ- (هـ) عندما تكون زاوية ميلان الأشعة 85 درجة؟
8. لماذا يكون متوسط طول الشهر القمري 29.53 يوماً. بينما متوسط مدة دوران القمر حول الأرض 27.32 يوما؟
9. كيف تفسر تأخير موعد شروق القمر نحو 50 دقيقة كل يوم؟
10. إذا طلع الهلال والشمس في نفس الوقت الساعة السادسة صباحا في منطقة تقع على خط الاستواء 0 أيهما يغيب أولاً؟ وكم يكون الفارق الزمني بينهما؟ كم يكون الفارق الزمني في خط عرض يكون فيه طول النهار 18 ساعة؟ في أي الحالتين تكون رؤية الهلال اكثر احتمالا؟

11. لماذا لا يرى القمر في حالة القمر الجديد رغم أن نصفه دائما يكون مضاء؟ ولماذا يرى كله في حالة البدر؟
12. كيف تفسر رؤية جزء من النصف الذى لا يصله ضوء الشمس في الأيام الأولى من ظهور الهلال؟ ولماذا لا يرى بعد ذلك؟
13. اشرح لماذا يتجه القمر بوجه واحد نحو الأرض؟
14. علل عدم وجود غلاف هوائي على القمر. وما هو أثر ذلك على الظروف الطبيعية عليه؟
15. لماذا لا يحدث الكسوف شهريا بصوره مستمرة رغم أن القمر يقع بين الأرض والشمس في حالة القمر الجديد؟
16. وضح كيف يحدث كل من الآتي:-
    أ- الكسوف الكلي.
    ب- الكسوف الجزئي.
    ج- الكسوف الحلقي.
    د- خسوف القمر.
17. لماذا يعم خسوف القمر كل النصف المظلم من الأرض بينما يحدث كسوف الشمس في منطقة صغيرة من الأرض؟
18. أوجد طول ظل القمر في الحالات الآتية:-
    أ- عندما يكون بعده عن الشمس 146مليون كيلو متر.
    ب- عندما يكون بعده عن الشمس 151.6 مليون كيلومتر.
19. في أي الحالتين في السؤال 18 يكون احتمال حدوث الكسوف (أ) الكلي (ب) الحلقي؟
20. لماذا يكون احتمال حدوث الكسوف أكبر من احتمال حدوث الخسوف؟
21. ماهي دورة التعاقب؟
22. وضح لماذا يعتبر كل من كسوف 1955/6/20 وكسوف 1973/6/30 وكسوف 1990/7/11 ينتمى إلى نفس دورة التعاقب؟
23. احسب التواريخ الثلاثة التالية لكسوف 1937/6/8.إذا شوهد هذا الكسوف في خط طول 130 درجة غرب، أحسب خطوط الطول التي يشاهد فيها الكسوف بالتقريب في كل حالة؟

24. مستعملاً الجدول رقم 4-12 تعرف على تواريخ الكسوف التالية مباشرة لكل من كسوف 1952/2/25 وكسوف 1973/6/30 وكسوف 1959/10/2؟
25. تتبع كسوف 1998/2/26 إلى الوراء وتعرف على التواريخ التي حدث فيها في الجدول رقم 4-12.
26. اشرح كيف يحدث المد والجزر؟ لماذا يتأخر حدوث المد عن موعده في نفس المكان بنحو 25 دقيقه؟
27. اذكر ثلاثة أسباب تجعل رؤية الهلال أمراً صعباً في أول الشهر القمري؟
28. لماذا يتغير طول الشهر القمري بين عام وآخر بينما تكون أطوال الشهور الشمسية ثابتة؟
29. احسب الزمن الذى يمضى لكى يصبح طول اليوم على الأرض 25 ساعة؟
30. احسب طول اليوم قبل 450 مليون سنة. كم كانت سرعة الأرض حول محورها قبل 450 مليون سنة؟
31. اشرح لماذا يكون قطر الأرض عند خط الاستواء أكبر من قطرها عند القطبين.
32. بالنظر إلى الجدول 4-3 يلاحظ أن طول الشهر القمري يكون في أدني قيمة وهي 29 يوماً و 5.74 ساعة. علل ذلك.
33. احسب سرعة الأرض حول الشمس عندما تكون الأرض في منطقة الأوج في مسارها حول الشمس
34. اشرح لماذا يكون الاقتران اضبط في تحديد في بداية الشهر القمري. وضح كيفية تطبيقه.
35. اشرح متى يحدث المد الأكبر وأسباب ذلك؟
36. اشرح أثر احتكاك مياه المحيطات على قيعانها، بسبب المد والجزر على طول اليوم على سطح الأرض.

الفصل الخامس

5- الشمس وبقية النجوم

5-1 الشمس:

تعتبر الشمس أقرب النجوم إلى الأرض. ومن ثم كانت دراستها أسهل من غيرها. وسنحاول في هذا الفصل التعرف على بعض الخصائص المهمة للشمس مثل كتلتها وحجمها وتركيبها الداخلي. ومن هذه الدراسة نخلص إلى معرفة طبيعة النجوم الأخرى.

5-1-1 كتلتها:

بالطبع لا نستطيع قياس كتلة الشمس مباشرة. ولهذا نلجأ إلى الأثر الذى تتركه على الأجسام الأخرى. ومن تلك الأجسام التي تؤثر عليها، أرضنا التي نعيش عليها.

إن الأرض تدور حول الشمس بفعل قوة الجذب المشتركة بينها وبين الشمس. ويمكن التعبير عن هذه القوة بالمعادلة الرياضية كما عبر عنها نيوتن في قانونه الشهير:

$$ق = ج \frac{ك_1 ك_2}{ف^2} \qquad 5 - 1$$

في هذه المعادلة:

$ك_1$ (M) = كتلة الشمس

ج (G) = ثابت الجاذبية

$ك_2$(m) = كتلة الأرض

ف(R) = المسافة بين مركز الأرض ومركز الشمس

ق (F) = قوة الجذب الكوني الناتجة بين كتلة الأرض وكتلة الشمس.

وقوة الجذب هذه تعادلها قوة أخرى يمكن التعبير عنها بالقوة المركزية الطاردة. وتنتج هذه القوة عن حركة الأرض حول الشمس. فإذا توقفت الحركة انجذبت الأرض نحو الشمس وسقطت عليها في النهاية.

والقوة الطاردة لأي جسم يدور حول مركز يمكن التعبير عنها بالمعادلة:

$$F = \frac{Mv^2}{R} \qquad 2-5$$

$$ق = \frac{ك_2 ع^2}{ف}$$

ك$_2$ (m)= الجسم الدائر (الأرض في هذه الحالة)

ع(V) = سرعة دوران الجسم ك$_2$

ف (R) = بعد الجسم ك$_2$ عن المركز. وفي حالة دوران الأرض حول الشمس.

ف(R) = البعد عن مركزيهما.

وبما أن القوة الطاردة للأرض = قوة الجذب بينهما وبين الشمس وبالنظر إلى المعادلتين 5-1 و 5-2 نحصل على الآتي:-

$$\frac{GMm}{R^2} = \frac{Mv^2}{R} \qquad \frac{ك_2 ع^2}{ف} = \frac{ج\ ك_1\ ك_2}{ف^2} \qquad 3-5$$

وباختصار الحدود المتشابهة في المعادلة (5-3) نحصل على:

$$ع^2 = \frac{ج\ ك_1}{ف} \qquad \frac{GM}{R} = v2 \qquad 4-5$$

ونلاحظ أن ف و ج و ع كميات معروفة

$$ج = 6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{نيوتن} - \text{م}^2}{\text{كجم}^2}$$

ف = 149.6مليون كيلومترا = 1.496× 10^{11} متر

ع = 29.79كلم/ث = 2.979×10^{4} م/ث

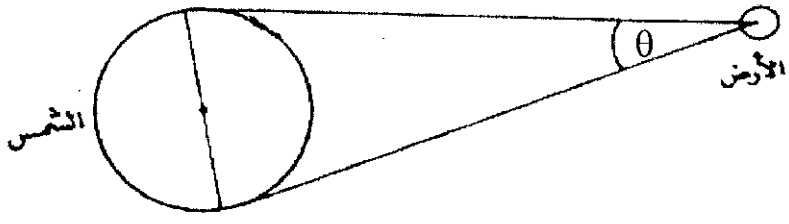
ومن المعادلة 5-4

$$\text{ك}_1 = \frac{(10 \times 2.979)^4 \times 10 \times 1.496^{11}}{10 \times 6.67^{-11}} = 10 \times 1.991^{30}$$ كجم

ويساوى ذلك بالتقريب: 2×10^{27} طن، وتمثل 99.8 % من كتلة المجموعة الشمسية.

5-1-2 قطرها:

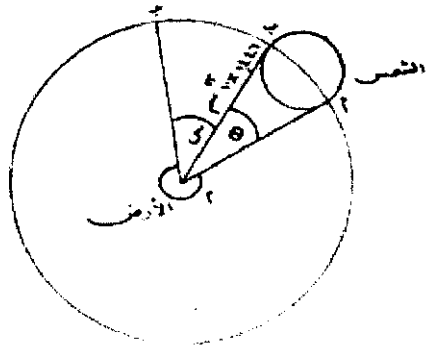
للشمس قرص يعمل زاوية على نقطة في سطح الأرض تبلغ 32 دقيقة أي أكبر من نصف درجة بقليل (0.53).



شكل 5-1

في الشكل 5-1 الزاوية التي يعملها قرص الشمس على نقطة على سطح الأرض وقد بولغ في مقدار الزاوية بغرض التوضيح θ = 32 دقيقة.

ويمكن حساب قطر الشمس إذا تخيلنا أن الأرض تقع على محيط دائرة مركزها الشمس. وتبعد الأرض عن الشمس مسافة 1.496 X 10^{11} متر. أي أن قطر هذه الدائرة يساوي ضعف بعد الشمس عن الأرض.



شكل 5-2 (أ ب يمثل جزءاً من محيط الشمس)

في الشكل (5-2) أب يمثل جزءاً من محيط الدائرة التي نصف قطرها المسافة بين الأرض والشمس. ولذلك فهو قوس. والأقواس المتساوية على محيط دائرة ما تقطع زوايا متساوية في مركز الدائرة. ويمكن تعميم ذلك بأن الأقواس تقطع زوايا تتناسب مع أطوال هذه الأقواس في مركز الدائرة:

$$\text{أو} \quad \frac{\text{أ ب}}{\theta} = \frac{\text{ب جـ}}{\text{س}} \qquad 5-5$$

وفي هذا المثال يقطع المحيط زاوية مقدارها 360 درجة في مركز الدائرة وبذلك يمكن كتابة معادلة جديدة إذا فرضنا أن س = 360

$$\text{أو} \quad \frac{\text{أ ب}}{\theta} = \frac{\text{المحيط}}{360} \qquad 6-5$$

$$\text{أو أب} = \theta \times \frac{\text{المحيط}}{360} \qquad 7-5$$

ولكن ما صلة أب بقطر الشمس؟ قطر الشمس خط مستقيم بينما أب قوس.

إذا تصورنا كبر محيط الدائرة التي نحن بصددها وصغر أب بالنسبة لمحيط هذه الدائرة لاتضح لنا جليا أن أب قريب جدا من الخط المستقيم*. أي أن الفرق بينهما ضئيل إلى الحد الذى يمكن تجاهله ويمكن للقارئ أن يرسم دائرة قطرها 10 سنتيمترات. ثم يضع نقطتين قريبتين من بعضهما، فهل يستطيع رؤية فرق واضح بين القوس والخط المستقيم الذي يصل طرفي القوس؟

وعلى هذا الأساس يمكن اعتبار أب مساويا لقطر الشمس ولذلك نعيد كتابة المعادلة 5-7 لتقرأ

$$\text{قطر الشمس} = \theta \times \frac{\text{محيط الدائرة التي نصف قطرها}}{360} \qquad 1.496 \times 10^{11} \text{ متر}$$

$$\text{قطر الشمس} = \theta \times \frac{\text{محيط الدائرة}}{360} \qquad 8-5$$

$$\theta = 32 \text{ دقيقة} = \frac{32}{60} \text{ درجة} \qquad 8-5$$

$$\pi = 3.142$$

$$\text{قطر الشمس} = \frac{2\times 3.142\times 1.496\times 10^{11}}{360} \times \frac{32}{60}$$

$$= 1.393\times 10^{9} \text{ م}$$

$$= 1.393\times 10^{6} \text{ كلم}$$

* قطر الشمس = 0.93 % من محيط الدائرة التي نصف قطرها المسافة بين الأرض والشمس.

ويبلغ حجم الشمس 1.41×10^{27} م^3. ويبلغ متوسط كثافتها 1.41×10^3 كجم/م^3 وتبلغ الكثافة في القلب أكثر من 150 مرة كثافة الماء.

ومما يجدر ذكره أن قطر القمر رغم صغره بالنسبة لقطر الشمس فإنه يقطع زاوية مقدارها قطر $\frac{1}{2}$ 31 دقيقة على سطح الأرض. وهى تساوى تقريبا نفس الزاوية التي يقطعها قطر الشمس على سطح الأرض. والسبب في ذلك راجع إلى بعد الشمس عن الأرض الذى يساوى 388 مرة مثل بعد القمر عن الأرض. ولو كانت الشمس في نفس موضع القمر بالنسبة للأرض، لعملت زاوية مقدارها 194 درجة أي إنها ستغطى كل قبة السماء فلا نرى شيئا غيرها في السماء، بل إننا لن نتمكن من مشاهدة السماء أبداً!

3-1-5 الطاقة الشمسية

سنلجأ في حساب طاقة الشمس إلى الطرق غير المباشرة أيضا. فالطاقة الشمسية لا يصلنا منها على الأرض إلا النذر اليسير وهو كاف لدوران عجلة الحياة على الأرض. ولو زاد عن هذا المقدار بكثير لتوقفت الحياة.

وما نستطيع فعله على الأرض هو قياس الطاقة الحرارية التي تسقط على وحدة المساحة من سطح الأرض في زمن معين. ولكن ما فائدة ذلك في معرفة الطاقة الكلية التي تنبعث من الشمس؟ صبراً !. إن كمية الطاقة الحرارية التي تسقط على وحدة المساحة من سطح الأرض يمكن قياسها بقياس كمية الحرارة التي يمتصها قدر معين من الماء يعرض سطحه لحرارة الشمس بحيث تصله الأشعة في منطقة في الطبقات العليا من الجو حيث يقل تأثير الجو في امتصاص حرارة الشمس. وبحساب الارتفاع في درجة الحرارة في زمن معين نستطيع قياس مجمل الحرارة التي يمتصها السنتيمتر المربع في الثانية الواحدة.

رحسبت هذه الكمية فوجدت مساوية 1.36×10^6 إرج في الثانية الواحدة أو نحو سعرين حراريين في الدقيقة ويطلق على هذه الكمية الثابت الشمسي، وسميت الثابت لأنها لا تتغير على سطح الأرض في المنطقة الواحدة في نفس التاريخ. ولكن تختلف عن الكواكب الأخرى إذ إن هذه الكمية تعتمد على مسافة الكوكب من مصدر الحرارة وميلان الأشعة الساقطة على الكوكب.

ولحساب الطاقة الحرارية التي تنبعث من الشمس تخيل أنك في مركز كرة ضخمة نصف قطرها المسافة بين الشمس والأرض. ومن تعريفنا للثابت الشمسي يتضح لنا أن السنتمتر المربع من سطح هذه الكرة يتلقى 1.36×10^{6} إرج في الثانية وبما أن الشمس ترسل طاقتها في كل الاتجاهات بصورة متساوية فإن كل هذه الحرارة لابد أن تسقط على سطح هذه الكرة الداخلي. ولذلك إذا عرفنا مساحة سطح الكرة المتخيلة نستطيع حساب مقدار الطاقة التي تنبعث من الشمس في الثانية الواحدة.

ولكن مساحة سطح أية كرة $= 4\pi$ نق^2 9-5

حيث نق = نصف قطر الكرة

π = النسبة التقريبية = 3.142

نق = 1.496×10^{13} سم

وإذا عوضنا قيمة نق و π في المعادلة 9-5 نحصل على مساحة الكرة الضخمة التي نحن بصددها.

مساحة الكرة = $4 \times 3.142 \times (1.496 \times 10^{13})^2 = 28.127 \times 10^{26}$ سم^2

الطاقة الكلية للشمس = $28.127 \times 10^{26} \times 1.36 \times 10^{6}$

= 3.82×10^{33} إرج /ثانية

= 3.82×10^{26} واط = 3.8×10^{23} كيلوواط = 3.825×10^{26} جول/ثانية

= 9.14×10^{25} سعر / الثانية

وهذه كمية هائلة من الطاقة لا يمكن تصورها بالمقاييس الأرضية. فما مصدر هذه الطاقة؟

تتكون الشمس من عدد كبير من العناصر، وكلها في الحالة الغازية، شأنها في ذلك شأن بقية النجوم. وقد تعرف العلماء حتى الآن على ما يربو على ستين عنصراً. وذلك بواسطة تحليل طيف الشمس.

ويتم ذلك بواسطة جهاز يسمى الاسبكتروجراف. ويوصل هذا الجهاز بالمنظار الفلكي ويحلل الضوء أولاً إلى ألوانه الطبيعية ثم يصور على أفلام فتوغرافية خاصة. ومعرفته الألوان وتوزيعها يعرف العلماء العناصر المكونة للمصدر المنبعث منه الضوء. ولكن كيف يتعرف العلماء على العناصر مع أن ألوانها مختلطة مع بعضها البعض؟

لكل عنصر ألوان معينة موزعة على مسافات معلومة في سلم ألوان الطيف وتكون هذه الألوان مختلطة مع ألوان العناصر الأخرى. ولكن جهاز الاسبكتروجراف يستطيع فصل هذه الألوان جميعا ثم يصورها. ولعل القارئ رأي منشوراً زجاجياء ورأي كيف يفصل المنشور الوان الطيف. إن الاسبكتروجراف يمضي في تحليل الضوء اكثر من ذلك بكثير إذ يظهر الألوان في خطوط منفصلة. ويسمي ذلك بالطيف الخطي (line spectra) إن طريقة تحليل الطيف المنبعث من النجوم من أهم الأعمال التي تشغل وقت علماء الفلك في الوقت الحاضر لأنها تعطي معلومات كثيرة ومفيدة عن النجوم مثل درجة الحرارة ونوع العناصر ونسب وجودها والضغط...الخ.

ونتيجة لتحليل ضوء الشمس تبين أن معظم كتلة الشمس تتكون من عنصر الأيدروجين بنسبة 74% تقريباً. ويلي ذلك عنصر الهيليوم ويمثل 25% من كتلة الشمس. ويمثل الباقي من كتلة الشمس بقية العناصر الأخرى، بما فيها الحديد (0.016%) والأكسجين (0.77%) والكربون (0.29%) والكبريت (0.12%) والنيون (0.12%) والنتروجين (0.09%) والسليكون(0.07%) والمغنيسيوم (0.05%) وتوجد عناصر آخري بنسب أقل مثل (النيكل و الكالسيوم و الكروم).

لقد اعتقد العلماء في أول الأمر أن يكون مصدر طاقته الشمس ناتجاً عن الانكماش المستمر. ولكن كمية الطاقة التي تنبعث من الشمس لا يمكن تفسيرها عن طريق الانكماش أو التفاعلات الكيماوية. ولذلك فقد اقترح العلماء في عام 1928 أن يكون مصدر طاقته الشمس والنجوم الأخرى نووياً.

وهناك نوعان من التفاعلات النووية التي تحدث داخل النجوم وكلاهما يحتاج إلى درجات حرارة عالية. وسنركز على النوع الأول منها.

5-1-3-1 سلسلة البروتون ــ البروتون

ويصبح هذا النوع فعالاً في درجة الحرارة التي لا تقل عن 10^7 درجة مطلقة. وفي هذا النوع تندمج نوى ذرات الايدروجين لتكون في النهاية نوى لذرة الهيليوم الطبيعي. ويلاحظ في هذا التفاعل أن كتلة أربع من نواة الايدروجين تندمج مع بعضها لتكون نواة لذرة الهيليوم أقل من كتلة 4 من نوى ذرة الايدروجين بمقدار 0.71 %. (كتلة 4 ذرات ايدروجين =4 X1.0013 = 04.03252

وكتلة نواة الهيليوم = 4.00389 ووحدة كتلة. والفرق بين الكميتين 0.02863

وهذا يساوى 0.0071 من كتلة 4 ذرات ايدروجين تقريباً). ولذلك فعندما يتحول جرام واحد من الأيدروجين إلى هيليوم يتحول منها 0.0071 جرام طاقة.

وفقاً لمعادلة اينشتين لتحويل المادة إلى طاقة:

$$\text{ط} = \text{ك ع}^2 \qquad 10\text{-}5$$

حيث ك = الكتلة المتحولة إلى طاقة

ع = سرعة الضوء = 3×10^{10} سم/ثانية

وبتعويض قيمة ك و ع في المعادلة 5-10 نحصل على:

$$\text{ط} = 0.0071 \times (3 \times 10^{10})^2 = 0071 \text{ و} 0 \times 9 \times 10^{20} = 6.39 \times 10^{18} \text{ إرج}$$

وهذه طاقة تكفي لرفع كتلة مقدارها 220 طن إلى حوالى 290 كيلومتر فوق سطح الأرض، أو هي تكفي لرفع درجة حرارة 1545 طن من الماء مائة درجة مئوية (حوالى 1.5×10^{10} سعر.)

هذه هي الطاقة الناتجة من 0.0071 من الجرام الواحد فقط. أي عندما يتحول 4 جرام من الايدروجين إلى هيليوم.

دعنا نعود مرة أخرى لتقدير ما يتحول من كتلة الشمس إلى طاقة في الثانية الواحدة. ويمكن حساب ذلك من المعادلة (5-10)

$$ط = ك\ ع^{2}$$

الطاقة الكلية للشمس في الثانية = 3.8×10^{33} إرج /ثانية

$$ك = \frac{3.8 \times 10^{33}}{(3 \times 10^{10})^{2}} = \frac{3.8 \times 10^{33}}{9 \times 10^{20}}$$

$$= \frac{3.8 \times 10^{13}}{9} = 4.2 \times 10^{12}\ جم/ث = 4.2 \times 10^{9}\ كجم/ث = 4.2 \times 10^{6}\ طن/ث$$

ويعنى ذلك 4.2 مليون طن من المادة تتحول إلى طاقة في الثانية الواحدة وهذا يقابل 592 مليون طن من الايدروجين تتحول نووياً إلى هيليوم وطاقة*. وإذا علمنا أن عمر الشمس يقدر الآن بنحو 4.5×10^{9} سنة فكم تحول من كتلتها إلى طاقة خلال هذه المدة

عدد الثواني في العام الواحد = $365\frac{1}{4} \times 24 \times 3600 = 3.15576 \times 10^{7}$

عدد الثواني في 4.5 بليون سنة = $4.5 \times 10^{9} \times 3.15576 \times 10^{7}$

---

* 4.2×610 = 591.57 مليون طن/ث

0071و

$= 1.42 \times 10^{17}$ ثانية

ولذلك فإن المادة التي تحولت إلى طاقة في ظرف 4.5 بليون سنة:

$$= 1.42 \times 10^{17} \times 4.2 \times 10^{12} = 6 \times 10^{29} \text{ جم} = 6 \times 10^{23} \text{ طن}$$

$$\text{وما تحول إلى هيليوم} = \frac{6 \times 2310}{0.0071} = 5.9574 \times 10^{23} = 8.5 \times 10^{25} \text{ طن}$$

ولكن هذه الكمية من المادة المتحولة إلى طاقة رغم كبرها لا تساوي شيئاً يذكر إذا قورنت بكتلة الشمس البالغ قدرها 1.99×10^{33} جم. ويمكن حساب النسبة التي تحولت من كتلتها إلى طاقة بالتقريب كالآتي:

$$\text{من كتلة الشمس} = 3 \times 10^{-4} = \frac{6 \times 10^{29}}{1.991 \times 10^{33}}$$

أي أن ما استهلك من كتلة الشمس لا يزيد عن ثلاثة أجزاء من عشرة آلاف جزء من كتلتها. (هل يعني ذلك أن الشمس قد استهلكت $\frac{3}{10000}$ من مخزون طاقتها؟)

إن الجواب عن ذلك لا، بكل تأكيد؛ لأن ما حسبناه هو الجزء الذى تحول إلى طاقة وهو يعادل 0.0071 من كمية الأيدروجين الذى تحول إلى هيليوم وطاقة. وبذلك يكون الأيدروجين المتحول إلى طاقه وهيليوم يساوي 0.042 من كتلة الشمس. أي 4.2 % فقط في خلال 4.5 بليون سنة.

إذ ا افترضنا أن كتلة الأيدروجين حالياً في الشمس تبلغ 50% من كتلتها، فإن كتلة الأيدروجين

$$= 1.991 \times 10^{33} \times \frac{1}{2} = 9.955 \times 10^{33} \text{ جرام.}$$

وإذا علم أن كل جرام من الأيدروجين عندما يتحول منه 0.0071 جرام إلى طاقة.

لذلك فإن الجزء المتوافر من كتلة الشمس يتحول إلى طاقة

$= 10^{33} \times 0.0071 = 7.1 \times 10^{30}$ جرام.

الطاقة المفقودة من الشمس في عام واحد بمعدلها الحالي

3.8×10^{33} ارج/ث $= 3.8 \times 10^{33} \times 3.2 \times 10^{7} = 12 \times 10^{40}$

الكتلة المتحولة إلى طاقة بمعدلها الحالي $= 3.8 \times 10^{33}$ إرج/ث

ويساوي ذلك في عام $3.8 \times 10^{33} \times 3.15576 \times 10^{7} = 1.199 \times 10^{41}$

يساوي تقريباً 12×10^{40} إرج

افرض عمر الشمس المتبقي = ز

$$\text{ز} \times 1.2 \times 10^{41} = 7.1 \times 10^{30} \left(3 \times 10^{10}\right)^{2}$$

$$1.2 \text{ز} \times 10^{41} = 7.1 \times 10^{30} \times 9 \times 10^{20}$$

$$\text{ز} = \frac{7.1 \times 9 \times 10^{50}}{1.2 \times 10^{41}} = \frac{7.1 \times 9 \times 10^{9}}{1.2} = 53.25 \times 10^{9}$$

أو 53 بليون سنة بالتقريب، إذا استمرت الشمس في إنتاج الطاقة بمعدلها الحالي: أي 3.8×10^{33} إرج في الثانية الواحدة.

وتجدر الإشارة إلى أن الطريقة التي تحصل بها الشمس على طاقتها هي نفس الطريقة التي تستعمل في المفاعلات النووية الحرارية. وتشبه طاقة القنبلة الأيدروجينية، ولكن الأخيرة تعطي طاقتها دفعة واحدة ولا يمكن التحكم فيها.

وهناك نوعان من التفاعلات في بعض النجوم هما:-

5-1-3-2 دورة الكربون – النتروجين

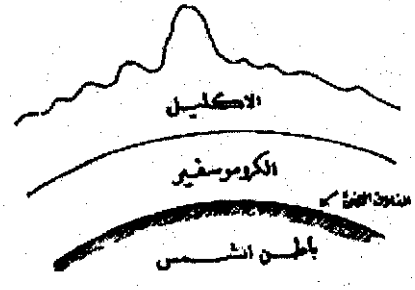
وفي هذه يندمج الأيدروجين مع الكربون ليعطي نيتروجين ويندمج النتروجين مع الأيدروجين في سلسلة من التفاعلات تكون نتيجتها في النهاية طاقة وهيليوم وكربون وهذا النوع من التفاعل النووي يحدث في درجات حرارة أعلى من 15 مليون درجة مطلقة.

(ب) في هذا النوع من التفاعل يتحول الهيليوم العادي في سلسلة من التحولات إلى كربون وطاقة. وهذا النوع من التفاعل يكون مهماً في درجة حرارة أعلى من 100 مليون درجة مطلقة.

5-1-4 أجزاء الشمس

يمكن تقسيم الشمس إلى أربعة أجزاء رئيسة:-

1- الاكليل (أو الكورونا) وهو الجزء الخارجي.
2- الكروموسفير.
3- الغلاف المضيء (أو الفتو سفير).
4- باطن الشمس.



شكل 5-3 (أجزاء الشمس)

5-1-4-1 الغلاف المضيء:

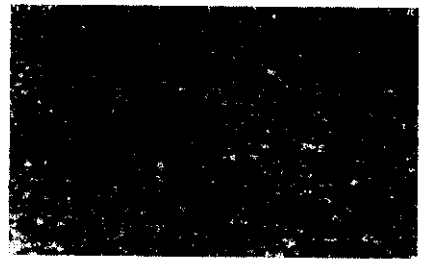
سطح هذا الجزء هو الذى يشاهد من الشمس وهو ما يصوره فلم فوتوغرافي عادى*. وتحت هذا الغلاف يقع باطن الشمس. ويبلغ سمك الغلاف المضيء حوالي 800 كلم. وتصل درجة

* الترجمة الأصح شريحة ضوئية واكن أصبح تعبير فلم فوتوغرافي هو الشائع.

حرارة سطحه 4500 درجة مطلقة وتزداد مع الاتجاه نحو الأعماق وتبلغ نحو 6800 على عمق 240 كلم.

ويتميز الغلاف المضيء بظاهرتين يمكن مشاهدتهما من الأرض: هما الحبيبات والبقع الشمسية.

والحبيبات عبارة عن مناطق صغيرة نسبياً من سطح الشمس تبدو للمشاهد على الأرض ناصعة البياض بالنسبة لما حولها. وتظهر خلال المنظار – من سطح الأرض- الفلكي في حجم حبة الأرز. ويبلغ قطر الحبيبة الواحدة نحو 1000كيلومتر في المتوسط، وأصغر حبيبة رصدت يبلغ قطرها 300 كيلومتر. وأحسن وصف لها أنها تشبه البلورات اللامعة التي ترصع سطحاً داكناً. انظر صورة شكل 5-4.



شكل 5-4 (الحبيبات)

وسبب لمعان الحبيبات هو علو درجة حرارتها بالنسبة لما حولها، ويتراوح ارتفاع درجة منطقة الحبيبة مقارناً بما حولها، بين 50 و 100 درجة مئوية.

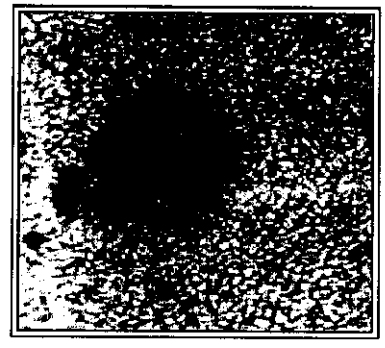
ويعتقد أن هذه الحبيبات عبارة عن أعمدة من الغازات الساخنة المندفعة من باطن الشمس إلى السطح. وعندما تصل الغازات الساخنة إلى سطح الشمس تنتشر وتبرد وتأتى أعمدة غازات أخرى لتحل محلها وهكذا دواليك. والغاز الذي ينتشر هو الذي يبدو داكنا بالنسبة للمعان الغاز الساخن المندفع من باطن الشمس. وتستمر الحبيبة لامعة نحو ثماني دقائق قبل أن يختفي لمعانها.

والظاهرة الثانية في الفتوسفير (الغلاف المضيء)، هي ما يسمي بالبقع الشمسية. وهي مناطق داكنة من سطح الشمس تبدو داكنة بالنسبة لما حولها.

وهذه المناطق كبيرة بحيث يمكن أن تشاهد بالعين المجردة لولا خطورة النظر مباشرة إلى الشمس. وكان جاليليو أول من أشار إلى وجود البقع الشمسية الأمر الذي أثار عليه حفيظة رجال الكنيسة لاعتقادهم أن الأجرام الفلكية مقدسة، ووجود بقع داكنة تعتبر نقصا في قدسيتها في نظرهم.

وتدل الدراسات المستخلصة من دراسة الطيف المنبعث من البقع الشمسية أن درجة حرارتها تقل عما حولها بمقدار 1500 درجة مئوية. ولكن رغم ذلك فإن البقع قد تكون أسخن من سطوح كثير من النجوم الأخرى.

والبقع مناطق كبيرة في سطح الشمس. فقد يصل قطر البعض 160.000 كيلومتر ويتراوح عمرها بين بضع ساعات وبضعة أشهر. ويلاحظ الراصد لها على الأرض أنها تتحرك. ومن هذه الحركة استنتج الناس حركة الشمس حول محورها من الغرب إلى الشرق. وتكمل الشمس هذه الدورة في زهاء 25 يوما عند خط استوائها، أي تسير حول محورها بمعدل 2.03 كلم /ث.



شكل 5-5 (البقع الشمسية)

ولوحظ أن عدد البقع الشمسية يكثر فيما بين خطي عرض 5 و 40 شمالاً وجنوباً، كما أنها تختلف في أعدادها من وقت لآخر. غير أن هذا الاختلاف يتبع نمطاً خاصاً بصورة دورية حيث يبدأ عدد البقع قليلاً ويتكاثر حتى يبلغ أقصاه، ثم يبدأ في الانحسار إلى أن يبلغ حده الأدنى مرة أخرى. ويبدأ مرة أخرى في الازدياد ويتم دورته في نحو أحد عشر عاماً. وهذا هو الزمن الذي يمضي بين الحد الأدنى والحد الأدنى التالي له. أو هو الزمن بين الحد الأقصى والحد الأقصى التالي له. ولوحظ أن عدد البقع في حالة الذروة قد يصل إلى ما يربو على المائة.

وللبقع الشمسية مجالات مغنطيسية كبيرة تفوق المجال المغنطيسي للأرض بكثير، وتحدث زوابع مغنطيسية عند ذروتها على سطح الأرض وبقية الكواكب.

ويرى بعض العلماء أن المجال المغنطيسي ناتج من حركة الغازات في شكل فورانات آتية من داخل الشمس إلى الخارج. وتتحرك هذه الغازات – وهي مواد متأينة – في شكل لولبي، مما يجعل لها مجالاً مغنطيسياً. وهذا يشبه أثر التيار الكهربي المار في ملف. ومما هو معلوم أن الملف يصبح مغنطيسياً بسبب مرور التيار الكهربي خلاله.

5-1-4-2 الكروموسفير

وهذا الغلاف هو الذي يحيط بالغلافة المضيء. ويتراوح سمكه ما بين 1500 و 3000 كيلو متر. ويختلف عن الفوتوسفير في أنه أكثر شفافية للإشعاع واكثر تخلخلاً. ويمكن اعتباره بمثابة الغلاف الجوي بالنسبة للشمس. وقد اكتشف وقت الكسوف الكلي للشمس حيث إنه لم يكن من السهل دراسته في غير وقت الكسوف حيث أنه لا يرى. ولكن أصبح الآن من الميسور دراسته باستخدام أجهزة خاصة تغطي الغلاف المضيء. ويحدث في هذا الغلاف ظاهرتا الألسن الشمسية والوهج الشمسي.

شكل 5-6 (يوضح الوهج الشمسي في الكروموسفير والصورة مأخوذة بأشعة إكس*)

والظاهرة الأولى تبدو في شكل لهب عند أطراف الشمس وهي عبارة عن أعمدة من الغازات الساخنة المندفعة من باطن الشمس في شكل بلازما بسرعات تصل إلى نحو 25 كلم/ث. ويبدو

* الصورة من الشبكة العنكبوتية في الموقع www.astronomy.com

أحياناً وكأنها تحلق فوق الغلاف المضيء، وقد تبقى على هذه الحالة لعدة أيام. وتسمى الألسن الشمسية (spicules). ورغم أن أسباب حدوث الألسن الشمسية غير معروفة على وجه التأكيد. ولكن لوحظ أنها تحدث بالقرب من مناطق البقع الشمسية مما يشير إلي وجود صلة ما بينها وبين البقع الشمسية ويبلغ عرضها في المتوسط 500 كلم وارتفاعها نحو 8000 كلم.

وظاهرة الوهج *(Flares)*:

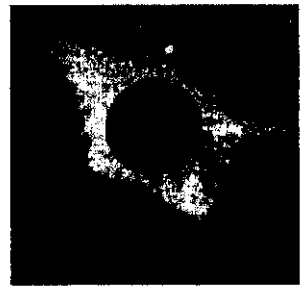
والظاهرة الثانية عبارة عن لمعان مفاجئ في الكروموسفير ويطلق عليها الوهج الشمسي (Solar Flares). ويصل الوهج الشمسي أقصى لمعانه في فترة وجيزة، ولكنه ينقشع في بطء في فترة تتراوح بين بضع دقائق وبضع ساعات، ويولد الوهج الشمسي طاقة هائلة في مستوى 10^{27} أرج/ث في المتوسط، وتفوق الطاقة المتولدة طاقة انفجار بركان بمقدار عشرة ملايين مرة. ولوحظ أن الوهج الشمسي يحدث تشويشاً في الإرسال الإذاعي لأنه يؤثر على مقدرة الأيونسفير على عكس الأمواج الإذاعية الطويلة، مما يحدث ما يسمى بالإظلام اللاسلكي. كما أن الوهج يصحبه انطلاق إشعاعات خطرة، يخشى منه كثيراً على رجال الفضاء. ولوحظ أن درجة الحرارة تزداد في الطبقات الأبعد من الكروموسفير. وأقصي درجة حرارة سجلت 100,000 درجة مطلقة عموماً فإن درجة الحرارة تتراوح فيه بين 4500 و 100,000 درجة مطلقة.

شكل 5-7 (يوضح ألسناً شمسية داكنة اللون تشاهد في منتصف الصورة وفي يمينها*)

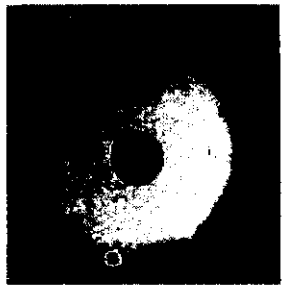
* نفس المصدر السابق.

3-4-1-5 الإكليل (أو الكورونا)

يحيط الإكليل بالكروموسفير ويمتد إلى ملايين الكيلو مترات فوقه. وتصدر منه كمية كبيرة من الضوء تبلغ نصف الكمية التي تنبعث من القمر في حالة البدر ولا تلاحظ هذه الكمية من الضوء إلا في حالة الكسوف الكلي أو بواسطة أجهزة خاصة. انظر الشكل 5-8 أ أو الشكل 5-8 ب.



شكل 5-8 أ



ب

وتؤثر البقع الشمسية على امتداد الإكليل، حيث يصبح أكثر انتظاماً في حالة الحد الأعظم للبقع. ويقل هذا الانتظام عندما تكون عدد البقع الشمسية في أدني حد لها.

ودرجة حرارة الكورونا تبلغ على الأقل مليون درجة مطلقة. أي أنها أعلى درجة حرارة من الفتوسفير والكروموسفير.

2-5 بقية النجوم:

ذكرنا في الفصل الثاني أن الشمس لا تعدو أن تكون نجماً عادياً يشبه بقية النجوم في كثير من صفاته الأساسية. ولذلك فمن خلال معرفتنا للشمس، نستطيع معرفة الكثير عن النجوم التي تفصلنا عنها مسافات موغلة في البعد.

ولعل أول سؤال يتبادر إلى الذهن، من أين تأتي النجوم بضوئها؟ والجواب المقبول لدى العلماء أنها تحصل على طاقتها بنفس الطريقة التي تحصل بها الشمس على الطاقة – وذلك بتحويل

جزء من كتلتها إلي طاقة بأحد الطرق التي ورد ذكرها في 5-1-3 من هذا الفصل. والنجوم جميعها أجسام غازية رغم اختلافها في درجة الحرارة والحجم والكتلة والكثافة.

5-2-1 تصنيف النجوم:

هناك الكثير من الخواص التي يمكن أن تصنف على أساسها النجوم، فيمكن تصنيفها حسب الحجم أو اللون أو غيرها من الصفات التي تفرق بين مجموعات من النجوم والصفات التي تجمع هذه المجموعات. فبعض النجوم يدور حول بعض، وبعضها يتغير بصورة دورية.

ومن الصفات المهمة التي تفرق بين النجوم اختلاف الألوان. واختلاف الألوان واضح حتى بالعين المجردة ويتضح أكثر عند النظر إليها خلال المنظار الفلكي. وتختلف النجوم في لمعانها أيضاً. فمنها اللامع الأزرق مثل نجم الشعري اليمانية في كوكبة الكلب الأكبر، وسهيل اليمن. ونجم الشعري اليمانية ألمع نجم في السماء ويليه نجم سهيل اليمن. وهناك نجوم حمراء مثل نجم منكب الجوزاء في كوكبة الجبار. ويلاحظ هذا النجم جهة الشمال الغربي بالنسبة للشعري اليمانية وتختلف ألوان النجوم بين ذلك كالأصفر والأخضر والبرتقالي.

والاختلاف في ألوان النجوم راجع إلى اختلاف في درجات حرارتها. فأنت لابد أنك تعرف أن اللهب الأزرق أسخن من اللهب الأصفر أو الأحمر، ولهذا السبب كان الناس قديماً يزيدون من ضغط " وابور الجاز " ليصبح اللهب أزرق وتزيد من الضغط على الجاز في " الرتينة " ليزداد ضوؤها بياضاً. ونور "الرتينية"* يميل إلي الصفرة عندما يقل الضغط وانخفاض درجة الحرارة. ولعلك لاحظت أن الحديد يحمى فيحمر وتزيد في تسخينه أكثر فيصفر لونه وعندما تزيد في التسخين يبيض اللون. ومعنى ذلك فإن لون النجم يحدد لنا درجة حرارة سطحه.

وتختلف النجوم في أحجامها. فكما يوجد في الناس عمالقة وأقزام يوجد أيضاً في النجوم العمالقة والأقزام وعمالقة النجوم أكبر بكثير من حجم الشمس.

5-2-1-1 عمالقة النجوم:

ومن عمالقة النجوم منكب الجوزاء، وهو نجم أحمر اللون كما تقدم. ويبلغ قطر هذا النجم العملاق أكثر من 300 مليون كيلو متر. أي أن نصف قطره يزيد عن المسافة التي تفصلنا عن

* وابور الجاز والرتينة اصبح استعمالها في المدن قليلاً بسبب انتشار استعمال الكهرباء حتى في القرى.

الشمس. ولو كانت الأرض تدور حول منكب الجوزاء على نفس مسافتها من الشمس، لدارت داخل منكب الجوزاء؛ ونجم منكب الجوزاء هذا يفوق قطر الشمس بنحو 500 مرة.

ولون منكب الجوزاء يدل على انخفاض درجة حرارة سطحه. ولكن كبر حجمه لا يدل على كبر كتلته. إذ إن كثافته صغيرة للغاية وهذه الصفة تنطبق على جميع النجوم من جنس العمالقة ويوضح الجدول 5-1 بعض النجوم العمالقة.

جدول 5-1 بعض النجوم العملاقة

النجم	الكوكبة	بعده بالنسبة لبعد الشمس	الحجم بالنسبة لحجم الشمس
منكب الجوزاء	الجبار	500	489
قلب العقرب	العقرب	640	489
الدبران	الثور	45	68
السماك الرامح	العواء	23	36

5-2-1-2 أقزام النجوم:

والأقزام تقل في حجمها عن الشمس بكثير، ويطلق عليها اسم الأقزام البيضاء ويتراوح حجم الأقزام بين 0.1 و 1.2 من كتلة الشمس. ولكن كثافتها كبيرة إذا قيست بكثافة الشمس فهي تتراوح بين 50,000 و 100,000 مرة مثل كثافة الماء. وفي مثل هذه الكثافة العالية لابد أن تكون المادة في شكل ذرات بلا إلكترونات تدور حولها. أي أنها عبارة عن نوى ذرات اقتلعت منها إلكتروناتها. ونحن نعلم أن الإلكترونات تمثل الجزء الأعظم من فراغ الذرة ومن ثم كان كبر الكثافة. ومن الأقزام البيضاء رفيق الشعري اليمانية ورفيق الشعري الشامية ورفيق آخر النهر

ولعله من المفيد أن نذكر هنا أن الأقزام نجوم في آخر مرحلة من مراحل حياتها بعد أن شاخت وهرمت. وتحصل هذه النجوم على طاقتها بفعل الانكماش المستمر بالتفاعلات النووية. ويستمر انكماش الأقزام حتى تتحول في نهاية حياتها إلى ما يسمى بالنجوم النيوترونية. وتتكون أساساً من نيوترونات مكبوسة أو مضغوطة في حيز ضيق للغاية؛ وهي تصغر الأقزام بنحو ألف مرة ولا يقف انكماش النجم عند هذا الحد، إذ يستمر في الانكماش إلى أن يصل الحد الذي لا يستطيع الإشعاع الإفلات من سطحه وفقاً لنظرية أينشتين بفعل جذب النجم للإشعاع. وفي

هذه الحالة يسمى النجم بالفجوة السوداء أو الثقب الأسود (*Black Hole*) وقطر النجم في هذه الحالة يكون في حدود بضع كيلومترات.

5-1-2-3 النجوم الثنائية:

عندما ينظر المرء بعينه المجردة يلاحظ أن ضوء النجم يبدو وكأنه ينطلق من مصدر واحد. ولكنه إذا استعان بمنظار فلكي فإنه يجد أن كثيراً من النجوم يتكون من نجمين أو أكثر ويطلق على النجوم المكونة من نجمين النجوم الثنائية أو الثنائيات. وحيثما وليت نظرك في السماء ترى النجوم الثنائية.

والنجمان اللذان يكونان الثنائي يدوران حول مركز جذب مشترك. ويكون هذا المركز أقرب دائماً إلى النجم الأكبر في كتلته. وهذا المركز في الواقع يمثل مركز الثقل المشترك. وينطبق على كل الأجسام التي تدور حول بعض. وحتى الأرض والشمس يمكن اعتبارهما جرماً ثنائياً، إلا أن مركز الثقل يقع داخل الشمس.

ويحكم حركة النجمين قانون الجذب الكوني. ومعنى ذلك أنه توجد قوة جذب مشترك بين النجمين تتناسب طردياً مع مضروب كتلتهما وعكسياً مع مربع المسافة التي تفصلهما.

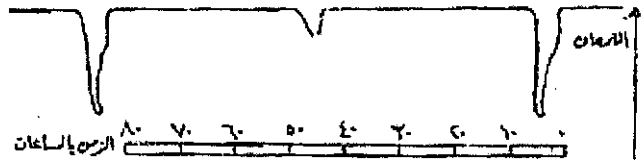
والشعرى اليمانية عبارة عن ثنائي يدور كل منهما حول المركز المشترك ويتم كل منهما دورته حول المركز في نحو 50 عاماً.

ولوحظ أن بعض النجوم يتكون من ثلاث نجوم يدور الأول والثاني حول مركز ثقلهما. ويدور هذا الثاني والنجم الثالث حول مركز مشترك آخر. والنجم القطبي مثال لهذا النوع من النجوم الذي يصح أن يسمى (ثلاثياً).

ونوع ثالث من النجوم يتكون من أربع نجوم: يدور الأول والثاني حول مركز جذب واحد ويدور الثالث والرابع حول مركز جذب آخر. ولذلك فكل اثنين منهما يكونان ثنائياً. ويدور كل من الثنائيين حول بعضهما حول مركز جذب مشترك. ففي نجم التؤم المؤخر يدور النجم الأول والثاني حول بعضهما في ثلاثة أيام. ويدور الثالث والرابع حول بعضهما في تسعة أيام. ويكمل الثنائيان دورتهما حول بعض في نحو 300 عام.

ويطلق على بعض الثنائيات لفظة الثنائيات الكسوفية، لأنها تتكون من نجمين أحدهما لامع والآخر خافت. ولذلك فإن النجم الخافت يكسف النجم اللامع عندما يكون بين المشاهد والنجم اللامع. وفي هذه الحالة يقل لمعان النجم ككل. وهذه هي إحدى الطرق المستعملة لقياس دورة الثنائي. ومن أمثلة الثنائيات الكسوفية رفيق الشعرى اليمانية ورفيق الغول.

ويمكن توضيح ما يحدث لشدة اللمعان أثناء حركة الثنائي بالشكل 5-9 الذي يمثل شدة الضوء أثناء دورة ثنائي كسوفي:



شكل 5-9

ويلاحظ في هذا الشكل أن قوة الضوء تقل بصورة فجائية مقابل الزمن 10 في المحور الأفقي ثم يرجع إلى مستواه السابق بنفس السرعة. وهذا يمثل الزمن الذي توسط فيه النجم الخافت بين المشاهد والنجم اللامع فحجب عنه ضوء النجم اللامع؛ وما يلاحظ من ضوء خافت هو الضوء الصادر عن النجم الخافت. ثم يقل الضوء قليلاً عند الخط الذي يقع بين 40 و 50 في المحور الأفقي. ويحدث ذلك عندما يتوسط النجم اللامع بين المشاهد والنجم الخافت فينخفض ضوء الثنائي قليلاً لأن ضوء النجم الخافت رغم قلته أصبح لا يصل إلى المشاهد. ويقل الضوء مرة أخرى بنفس الطريقة بعد مضى حوالي 70 ساعة من الانخفاض الأول. ويعنى ذلك أن دورة الثنائي تتم في نحو 70 ساعة. ويمثل هذا الرسم البياني نجم الغول. وهو من الثنائيات الكسوفية.

وبمعرفة مدة الدوران يستطيع العلماء معرفة مجموع كتلتي الثنائي وذلك باستعمال قانون كبلر الثالث.

$ز^2 \alpha ف^3$ حيث ف = المسافة بين مركز ثقل الثنائي 10-5

أو $ف^3 = ث ز^2$ و ز = الزمن الدوري 11-5

فقد برهن نيوتن أن الثابت في المعادلة 5-11 يساوى مجموع كتلتي الجسمين وينطبق هذا على أي جسمين يدوران حول مركز جذب مشترك مثل القمر والأرض، والأرض والشمس... ألخ. لذلك يمكن كتابة المعادلة (5-11) لتقرأ:

$ز^2 (ك_1 + ك_2) = ف^3$

حيث $ك_1$ = كتلة النجم الأول

$ك_2$ = كتلة النجم الثاني

ف = المسافة بينهما

ز = مدة دوران النجمين حول بعضهما البعض.

مثال (1):

افرض أن المسافة بين نجمين 6 وحدات فلكية ومدة دورانهما حول بعض تساوى 4 سنوات. أحسب مجموع كتلتهما بالكتلة الشمسية؟

الحل:

$(ك_1 + ك_2) ز^2 = ف^3$

$$ك_1 + ك_2 = \frac{ف^3}{ز^2} = \frac{6^3}{(4)^2} = \frac{6 \times 36}{16}$$

أي 13.5 مثل كتلة الشمس

مثال (2):

أحسب البعد بين نجمين يكونان ثنائياً بالوحدات الفلكية إذا كان مجموع كتلتهما يساوي 1.44 كتلة شمسية ودورتهما 90 عاماً.

$(ك_1 + ك_2) ز^2 = ف^3$

$ف^3 = 1.44 \times 90^2 = 1.44 \times 8100 = 11664$

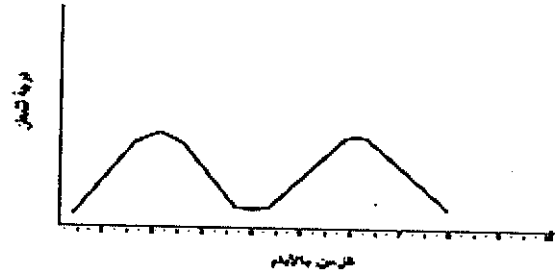
$ف = \sqrt[3]{11664} = 22.68 = 22.7$ وحدة فلكية

ونلفت نظر القارئ إلى أن هذه الطريقة تنطبق على الثنائيات التي تدور حول بعضهما في مسار دائري.

ويطلق على الثنائيات الكسوفية، المتغيرات الكسوفية، دلالة على وجود متغيرات أخرى وهي المتغيرات النابضة.

5-2-1-4 النجوم المتغيرة:

والتغير المقصود هنا هو تغير درجة لمعان النجم. ولوحظ أن لمعان النجم المتغير يزيد وينقص مع مرور الزمن والشكل 5-10 يوضح ذلك



شكل 5-10 (لمعان النجوم المتغيرة)

أنواع المتغيرات:

هناك ثلاثة أنواع من النجوم المتغيرة:

أ- المتغيرات النابضة.

ب- المتغيرات المتفجرة.

ج- المتغيرات الكسوفية.

والمتغيرات النابضة يتغير لمعانها بطريقة دورية نتيجة التمدد والانكماش في حجم النجم، ونتيجة لذلك يزيد لمعانها وينخفض.

أما المتغيرات المتفجرة (Eruptive) فإن التغير فيها يحدث بصورة مفاجئة وسريعة. وقد يكون التغير المفاجئ زيادة في اللمعان أو خفوتاً فيه.

والنجوم الكسوفية عبارة عن نجوم ثنائية تدور حول مركز جذب مشترك للثنائي. ويقع النجمان المكونان للثنائي خلف بعضهما البعض بالنسبة للمشاهد ويحدث التغير بصورة دورية إذ إن كلا من النجمين يقع بين المشاهد والنجم الآخر فيحجب ضوئه كما أشرنا إلى ذلك من قبل في هذا الفصل. والثنائي بهذه الصفة لا يعتبر نجماً متغيراً بالمعنى الدقيق للكلمة، إذا ليس هو نجماً واحداً يتغير كالنجم النابض.

5-1-2-5 النجوم النابضة:

معظم هذا النوع من النجوم عبارة عن نجوم عملاقة أو عملاقة عظيمة (Super giants). ومن هذا النوع ما يسمى بالنجوم المتغيرة القيفاوية (Cepheid Variables)؛ وجاء الاسم من أن أول نجم اكتشف منها، وهو النجم المسمى دلتا قيفاوس الذي يقع في كوكبة قيفاوس، وهذا النوع من النجوم المتغيرة يغلب على لونه اللون الأصفر. ويتغير لمعان دلتا قيفاوس في دورات طول الواحدة 5.4 أيام. ويزداد اللمعان بسرعة ليصل إلى حده الأقصى؛ ثم يقل اللمعان بصورة أبطأ لتصل إلى الحد الأدنى كما يشير الشكل 5-9.

يوجد من هذا النوع نجو 600 نجم في مجرتنا، ويتركز عند مركز المجرة. وتتراوح مدة دورانها بين يوم واحد وخمسين يوماً.

والنجوم المتغيرة من العمالقة نادرة الوجود، والقيفاوية منها أكثر ندرة. ومن أمثلة النجوم القيفاوية النجم القطبي ومدة تغيره 3.9696 يوم. ودلتا قيفاوس ومدة تغيره 5.4 أيام. ومنها إيتا (eta) العقاب وزيتا (zeta) التوأمان وبيتا (Beta) الكلب الأكبر.

ولوحظ أن مدة تغير النجم النابض تتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي لكثافة النجم. فإذا رمزنا للمدة بالحرف (ز) والكثافة بالحرف (ث) فإن:

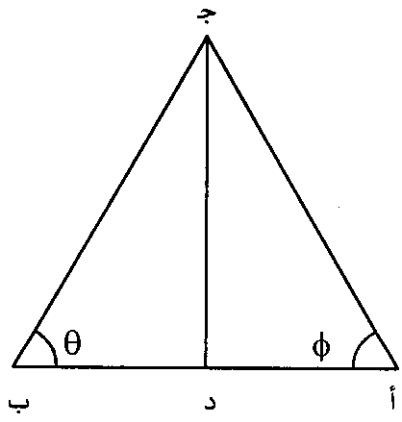
$$ز \propto \sqrt{\frac{1}{ث}} \qquad \text{أو} \qquad ز^2 \propto \frac{1}{ث}$$

3-5 أبعاد النجوم:

ناقشنا في الصفحات الماضية قياس بعض خواص النجوم، مثل الكتلة والحجم والطاقة. وكان ذلك باستعمال وسائل غير مباشرة للبعد الشاسع للنجوم عنا.

وسنستعمل لقياس أبعاد النجوم طرقاً غير مباشرة لنفس السبب. والطريقة التي سنلجأ إليها هي نفس الطريقة التي يستعملها المساحون لقياس أبعاد بعض المسافات لأجسام تبعد عنهم كثيراً، ولا يتمكنون من قياس أبعادها بوسائل مباشرة. مثل قياس عرض نهر أو جبل يبعد آلاف الأمتار.

والطريقة المستعملة بسيطة وهي تحديد مسافة قاعدية في موضع القياس وجسم في آخر المسافة التي يراد قياسها. ثم تقاس الزاويتان اللتان تعملها المسافة القاعدية مع الجسم



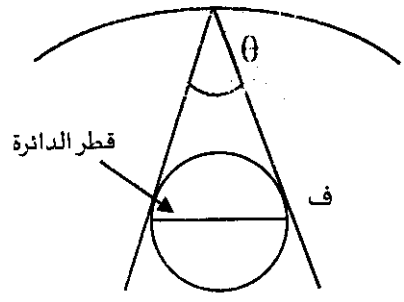
المختار.

شكل 5-11 (عرض النهر)

أ ب = القاعدة و جـ يمثل مسافة الجسم المختار والزاويتان هما θ و ϕ . وواضح أنه باختيار مقياس رسم مناسب يمكن قياس المسافة جـ د. بمعرفة أ ب والزاويتين المشار إليهما.

وبالنسبة للنجوم يقاس الانحراف الظاهري (*Star Parallax*) لنجم قريب بالنسبة لنجوم أبعد منه بالنسبة للشمس. وذلك بمعرفة المسافة أ ب و الزاوية أ جـ ب. والمسافة أ ب هي المسافة بين الشمس والأرض: وهي نصف قطر مسار الأرض حول الشمس وقدره حوالي 150 مليون كيلو متر. ويطلق عليه الوحدة الفلكية. والزاوية أ جـ ب: سمها θ هي الزاوية التي يعملها نصف

قطر مسار الأرض حول الشمس على محيط الدائرة التي نصف قطرها مسافة النجم من مركز مسار الأرض حول الشمس.



شكل 5-12 (مسار الأرض حول الشمس)

من العلاقة $\frac{360}{\text{ف } 2\pi} = \frac{\theta}{\text{نق}}$

حيث نق = نصف قطر مسار الأرض حول الشمس

و ف = نصف قطر الدائرة التي نصف قطرها المسافة بين النجم والشمس.

$$\text{ف} = \frac{\text{نق} \times 360}{\theta \times 2\pi}$$

فإذا علمنا أن الزاوية θ صغيرة جداً وتحسب بالثانية القوسية (second of arc). فيمكن تحويلها إلي ثوان قوسية بقسمتها على 360.

وبذلك تصبح المعادلة (2)

$$\text{ف} = \frac{\text{نق} \times 360}{2\pi \times \frac{\theta}{3600}} = \frac{\text{نق} \times 360 \times 3600}{\theta \times 2\pi}$$

فإذا اعتبرنا نق = 1 وحدة فلكية

تصبح المعادلة (3):

$$\text{ف} = \frac{1296000 \times 1}{\pi\, 2 \times \theta} = \frac{206265}{\theta} \qquad 4$$

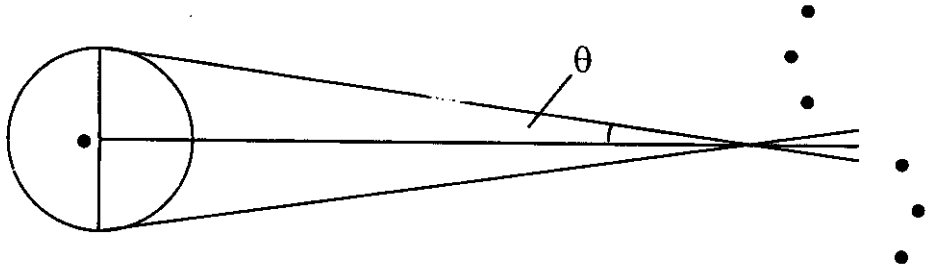
ولتبسيط المعادلة (4) تعرف مسافة جديدة تساوى 2.6265 وحدة فلكية. هذه المسافة هي البارسك Parsec

ف = $\frac{1}{\theta}$ بارسك – حيث θ بالثانية القوسية

فإذا عرفنا الانحراف الظاهري θ للنجم يمكن حساب بعده عنا.

ولكن كيف تقاس θ؟

لقياس θ تؤخذ صورة فتوغرافية لقبة السماء في الاتجاه الذي يقع فيه النجم الذي يراد قياس بعده. ثم تؤخذ صورة بنفس المنطقة بعد مضي ستة أشهر. وسيتضح من فحص الصورتين أن النجم المعني قد تغير موضعه الظاهري في الصورتين وذلك بالنسبة للنجوم الأبعد منه.



شكل 5-13 (الانحراف الظاهري)

إن التغير في موضع النجم الظاهري بالنسبة للنجرم البعيدة يشبه ما يحدث عندما تراقب الأجسام القريبة والبعيدة من سيارة متحركة؛ فأنت تلاحظ أن الأجسام البعيدة تبدو متحركة بسرعة أقل بالنسبة للأجسام القريبة بل تبدو لك القريبة متحركة عكس حركة السيارة والبعيدة تبدو متحركة في اتجاه حركة السيارة، وهذا يشرح الانحراف الظاهري للنجم القريب الذي يراد قياس انحرافه الظاهري.

إن هذه الطريقة تصبح للنجوم الأقرب لنا نسبياً. أما النجوم البعيدة فإن قياس انحرافها الظاهري يصعب وينطوي على خطأ في القياس. ويزيد هذا الخطأ مع زيادة بعد النجم. كذلك وجد أن الحالة في الغلاف الجوي تزيد في مقدار الخطأ لذلك لجأ العلماء للقياس بواسطة الأقمار الصناعية وسفن الفضاء مثل اسكاي لاب والمحطة الدولية. وأمكن قياس أبعاد مئات الآلاف من النجوم.

مثال:

احسب بعد نجم الشعرى الشامية إذا كان الانحراف الظاهري له 0.287 ثانية قوسية.

بالباسك.

بالسنة الضوئية إذا علم أن البارسك يساوي 3.262 سنة ضوئية.

جـ- بالكيلو متر حيث السنة الضوئية = 9.46×10^{12} كلم

الحل:

أ- ف = $\frac{1}{\theta} = \frac{1}{0.287} = 3.48$ بارسك

ب- ف = $3.48 \times 3.262 = 11.35 \cong 11.4$ سنة ضوئية

جـ- بالكيلو متر (ف) = $11.4 \times 9.46 \times 10^{12} = 1.07 \times 10^{14}$ كلم

4-5 الأسئلة:

1. احسب كتلة الأرض إذا كان القمر يدور حولها على بعد 384000 كيلو متر بسرعة 1 كيلو متر في الثانية (استعمل نفس الطريقة لإيجاد كتلة الشمس في هذا الفصل).
2. كيف عرف العلماء أن الشمس تدور حول محورها.
3. أوجد الثابت الشمسي على سطح الشمس علماً بأن الطاقة الشمسية: 4×10^{33} أرج/ ثانية. قطر الشمس 1.39×10^{11} سم.
4. إذا كانت نسبة الأيدروجين في الشمس حالياً 75% من كتلتها. احسب الباقي من عمر الشمس إذا استمرت بنفس السرعة في استهلاك كتلتها لتوليد الطاقة.
5. إذا كان بعد القمر عن الأرض 384000 كيلو متر. وبعمل قطره على نقطة سطح $\frac{1}{2}$ الأرض:

   احسب قطر القمر. هل يمكن استعمال هذه الطريقة لإيجاد قطر جسم كبير وقريب من الأرض؟ أذكر الأسباب.
6. ما هو الوهج الشمسي، وما هو أثره على الأرض؟
7. ما هي البقع الشمسية؟
8. إذا كان ثنائي الشعرى اليمانية يكمل دورته حول المركز المشترك في 50 عاماً احسب مجموع كتلتي النجمين إذا كان متوسط المسافة بينهما 20 وحدة فلكية (يحسب مجموع الكتلتين بوحدة الكتل الشمسية).
9. إذا كانت كتلة ثنائي الشعرى اليمانية ورفيقها 3.73 كتلة شمسية.(أي 3.73 مرة مثل كتلة الشمس). والمسافة بينهما 380 وحدة فلكية. احسب مدة دورانهما حول المركز المشترك بالوحدة الفلكية.
10. فسر وجود انخفاض اللمعان البسيط في الرسم البياني بالشكل 5-2.
11. احسب كتلة الأيدروجين التي تحولت إلى هيليوم في 4.5 بليون سنة إذا كانت كمية المادة التي تحولت إلي طاقة = 6×10^{23} طن.
12. احسب بعد نجم انحرافه الظاهري 0.021 ث قوسية:

    أ - بالبارسك

    ب - بالوحدة الفلكية

ج - بالكيلو مترات

13. إذا كان نجم فنطورس (1) يبعد عن الشمس 4.3 سنة ضوئية. احسب زاوية انحرافه الظاهرية بالثانية القوسية.

الفصل السادس

6- الكوكبات

1-6 مقدمة:

لقد استرعت النجوم انتباه الإنسان منذ القدم. وحاول أن يجد لها تفسيراً معقولاً. ولما أعياه ذلك بدأ يؤلف حولها الأساطير من نسج الخيال. فقد تخيل بعض مجموعات من النجوم كأنها تكون أشكالاً لأشياء تمثل أحداثاً بعينها في تراثه وموروثاته الحضارية. وأطلق على هذه المجموعات أسماء الأشياء التي تمثلها كالحوت والعقرب والجدي والسرطان والجبار إلى آخر ذلك من مجموعات النجوم المعروفة ويطلق على مثل هذه المجموعات تعبير "الكوكبات" والنجوم التي تتكون منها كوكبة بعينها لا يشترط أن تقع في مسطح واحد. وليست قريبة من بعضها البعض في أغلب الأحيان. وإنما تبدو للناظر إليها كذلك.

واحتفظ العلماء بأسماء تلك المجموعات رغم أنها تمثل أشياء خرافية لا تمت إلى الواقع بصلة. ولكنها تعتبر بالنسبة لعالم الفلك معالم لمواضع في قبة السماء فهي بمثابة أسماء القارات والأقطار بالنسبة للكرة الأرضية. ويبلغ عدد الكوكبات الآن 88 كوكبة.

2-6 ظهور الكوكبات:

ولاحظ الناس أن ظهور الكوكبات يحدث بصورة منتظمة. فساعدهم ذلك على معرفة مواقيت الزراعة والحصاد. فبعض هذه الكوكبات تظهر مع بداية فصل الخريف وبعضها يظهر في فصل الشتاء. حتى إن الناس في السودان يربطون بين شدة الحر وغياب الثريا؛ وهي جزء من كوكبة الثور، وعندما تظهر الثريا يبدأ الجو في التحسن، فالثريا من مجموعات نجوم الشتاء.

عندما تتطلع إلى السماء ليلاً، تلاحظ أن الكوكبات تبدو وكأنها تتحرك من الشرق إلى الغرب مثلها في ذلك الشمس والقمر. ويلاحظ المرء اختفاء كوكبات في الغرب وظهور كوكبات جديدة في جهة الشرق. ونحن نعرف الآن أن هذه حركة ظاهرية سببها حركة الأرض حول محورها من الغرب إلى الشرق. ولو توقفت حركة الأرض المحورية لأصبحت النجوم والكوكبات ثابتة في مواضعها

ولكن لماذا يتغير موضع الكوكبات مع توالي مرور الفصول؟ إن هذا يرجع إلى حركة الأرض الأخرى. وأعني بها حركتها المدارية. فالأرض تكمل دورة كاملة حول الشمس في $\frac{1}{4}$ 365 يوم.

أي بمعدل درجة واحدة في اليوم تقريباً. وبما أن هذه الحركة من الغرب إلى الشرق أيضاً: أي في نفس اتجاه حركة الأرض حول محورها فإن ذلك يجعل النجوم تبكر في شروقها بمقدار درجة واحدة كل يوم، أو حوالي أربع دقائق في اليوم. أي أن طول اليوم بالنسبة للأرض يبلغ 23 ساعة و 56 دقيقة. ويعني ذلك أن الكوكبة التي تشرق الساعة السادسة مساء يتقدم موعد شروقها بمقدار ساعة (4×15) بعد مضي 15 يوماً، فتشرق الساعة الرابعة بعد شهر. وبعد مرور ستة أشهر تشرق نفس الكوكبة الساعة السادسة صباحاً. فلا يمكن رؤيتها قريباً من منطقة خط الاستواء لأنها تكون موجودة أثناء النهار. ويستمر التبكير حتى تظهر نفس الكوكبة المشار إليها في نفس الزمن ونفس الموضع من قبة السماء بعد مرور عام واحد.

إن هذه الحقيقة مفيدة جداً في معرفة زمن طلوع الكوكبات والنجوم، فعندما نعرف زمن طلوع النجم نستطيع أن نحسب متى يطلع. أو أين يكون بعد فترة زمنية معلومة. فإذا عرفنا مثلاً خريطة السماء الساعة العاشرة مساء يوم 30 أبريل نستطيع أن نشاهد نفس الخريطة بمجموعاتها النجمية يوم 30 مايو في الساعة الثامنة مساء بدلاً من العاشرة مساء. ونستطيع أن نشاهد نفس المجموعات الساعة السادسة من مساء يوم 30 مارس. وقد بنى الجدول رقم (6-1) على هذا الأساس، ومن الجدول رقم (6-1) تستطيع معرفة موعد شروق معظم الكوكبات الشهيرة. فمثلاً في كوكبة العواء نلاحظ أن ألمع نجم فيها يكون في كبد السماء أو يخترق خط الزوال* الساعة الثامنة مساء في شهر مايو من كل عام. معنى ذلك أنه قد أشرق الساعة الثانية بعد الظهر تقريباً.

ومما يجدر ذكره أن الكوكبات التي يمكن مشاهدتها من موضع معين قد تختلف بالنسبة لمنطقة وأخرى يختلف خط عرضها عنها. فمثلاً نجد أن سكان الأجزاء الشمالية من الكرة الأرضية لا يستطيعون مشاهدة النجوم التي تظهر في أقصى الجنوب، كنجم سهيل وآخر النهر.

---

* خط الزوال هو الخط الواصل بين القطبين في الكرة السماوية ويمر فوق رأس المشاهد.

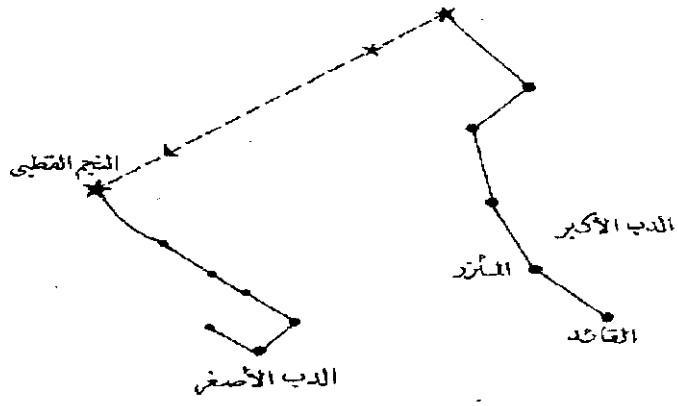
وسكان الأجزاء الجنوبية لا يرون معظم الكوكبات الشمالية كالدب الأكبر وذات الكرسي. ومعنى ذلك أنهم لا يشاهدون النجم القطبي. ونستطيع أن نعطي قاعدة عامة، وهي أنه لا يمكن رؤية الكوكبات والنجوم التي تفصل المشاهد عنها أكثر من 90 درجة من خطوط العرض شمالاً وجنوباً فالمشاهد جنوب خط الاستواء لا يستطيع رؤية النجم القطبي والمشاهد على خط عرض 14 شمالاً لا يستطيع رؤية النجوم جنوب خط عرض (76°) جنوباً.

جدول 6-1 النجوم اللامعة مرتبة حسب شدة لمعانها

1	الشعرى اليمانية	أزرق	الكلب الأكبر	فبراير	يناير	10° جنوب
2	سهيل	أصفر أبيض	السفينة	فبراير	يناير	40° جنوب
3	قنطورس(أ)	أصفر	قنطورس	يونيو	مايو	80° درجة
4	النسر الواقع	أزرق	الربابة	أغسطس	يوليو	30° شمال
5	العيوق	أصفر	ذو العنان	يناير	ديسمبر	70° شمال
6	السماك الرامح	يميل إلي برتقالي	العواء	يونيو	مايو	صفر
7	الرجل	أزرق/أبيض	الجبار	يناير	ديسمبر	10° شمال
8	الشعري الشامية	أصفر/أبيض	الكلب الأصغر	فبراير	يناير	20° شمال
9	آخر النهر	أزرق/أبيض	النهر	ديسمبر	نوفمبر	30° جنوب
10	قنطورس(ب)	،،،،	قنطورس	يونيو	مايو	80° جنوب
11	الطائر	أزرق	العقاب	سبتمبر	أغسطس	10° شمال
12	منكب الجوزاء	أحمر	الجبار	فبراير	يناير	20° شمال
13	الصايب(أ)	أزرق/أبيض	الصليب	مايو	أبريل	80° جنوب

			الجنوبي			
14	الدبران		الثور		يناير	ديسمبر	40° شمال
15	رأس التوأم المؤخر	....	التوأمان		مارس	فبراير	30° شمال
16	السماك الأعزل	أزرق/أبيض	العذراء		مايو	يونيو	30° جنوب
17	قلب العقرب		العقرب		يوليو	يونيو	50° جنوب
19	الذنب	أزرق	الإوزة		سبتمبر	أغسطس	40° شمال
20	قلب الأسد	..	الأسد		أبريل	مارس	صفر
21	الصليب(ب)		الصليب الجنوبي		مايو	أبريل	80° جنوب
22	رأس التوأم المقدم		التوأمان		مارس	فبراير	30° شمال

لمعرفة موضع النجم عند الساعة أمامه وفي الشهر الموضح أيضاً، عليك أن تحدد موضع الشمس في السماء عند الظهر (الساعة 12). وتأتي ليلاً الساعة 8 مساء ليلاً. وتنظر شمال أو جنوب هذه النقطة. فمثلاً في حالة نجم الشعرى اليمانية عليك أن تنظر جنوب 10 درجات.



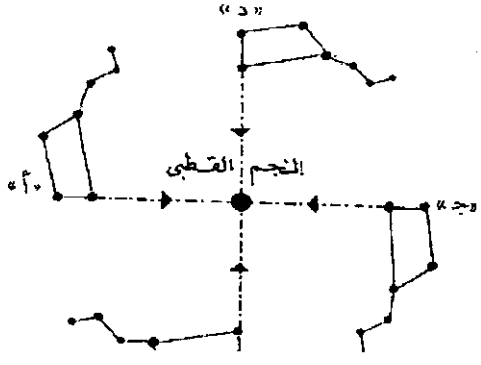
شكل 6-1 (الدب الأكبر والدب الأصغر)

وتتكون هذه المجموعة من سبع نجوم رئيسية، تشكل الأربعة الأمامية منها شكلاً رباعياً، يطلق الناس عليه في بعض قرى السودان اسم "العنقريب" وهذا الجزء يمثل جسم الدب الأكبر. إذا أضفنا إليه بعض النجوم الخافتة. وتمثل النجوم الثلاثة ذنب الدب. ويطلق على هذه النجوم الثلاثة اسم " بنات نعش " ويبدو أن الناس قد تخيلوا عنقريباً محمولاً على الأعناق وعليه نعش وتسير بنات المتوفي خلف النعش منتحبات.

وتكمن أهمية الدب الأكبر في أنه يستعمل لمعرفة اتجاه النجم القطبي الذي يشير إلي الشمال دائماً. وتشاهد كوكبة الدب الأكبر في كبد السماء في الجهة الشمالية منها بين الساعة السابعة والثامنة من شهر مايو من كل عام.

وللتعرف على النجم القطبي يوصل النجمان دوبي ومراك بخط وهمي مستقيم ويمد هذا الخط في اتجاه دوبي – مراك وإذا أشرنا بذلك فسيقع نظرنا عند ذلك على نجم لامع وهو النجم القطبي. وهذه الطريقة يمكن استعمالها دائماً لمعرفة اتجاه الشمال إذا كان النجمان دوبي ومراك موجودين أثناء مراقبتك. ولا يهم إذا كانا في أقصي الشرق أو في أقصي الغرب. ويسمى كل من دوبي ومراك، بالمشيرين لأنهما يشيران دائماً إلى النجم القطبي. وتبدو الكوكبة كأنما تدور حول النجم القطبي.

ويوضح الشكل 6-2 أربعة مواضع للدب الأكبر.



شكل 6-2

المشيران في: أ- يوم 7/20 (ب) 10/20 (ج) 1/20 (د) 4/20

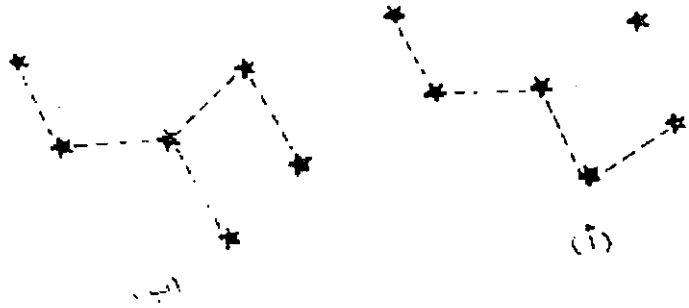
ويستفيد من وجود الدب الأكبر في تعيين الشمال سكان المناطق الشمالية من الكرة الأرضية إذ أن كوكبة الدب الأكبر لا تغيب عنهم طوال أيام السنة إلا في أوقات تلبد السماء بالغيوم. فالمناطق القريبة من خط الاستواء لا تتمكن من مشاهدة الدب الأكبر دائماً. ولكن كلما اتجهنا شمالاً كانت المدة التي يبقى فيها الدب الأكبر في السماء أطول أثناء ساعات الليل.

ومما يجدر لفت النظر إليه أن ارتفاع النجم القطبي في أي مكان شمال خط الاستواء هو بالضبط خط عرض المكان الذي يشاهد منه النجم. فمثلاً من بخت الرضا يلاحظ أن النجم القطبي يرتفع 14 درجة فوق الأفق. وهذا هو خط عرض مدينة الدويم. ومن خط عرض 4 شمالاً يكون ارتفاع النجم 4 درجات فوق الأفق. ومن خط الاستواء يكون ارتفاعه محاذياً للأفق وتتعذر رؤيته. ومن مدينة الخرطوم يكون ارتفاع النجم القطبي $15\frac{1}{2}$ درجة فوق الأفق ولكن في مدينة وادي حلفا يرتفع النجم القطبي 22 درجة. ولا يؤثر خط الطول على موضعه.

وإذا دققنا النظر في الليالي المظلمة وبعيداً عن أنوار المدن نستطيع رؤية كوكبة صغيرة قريبة من النجم القطبي وتشبه في شكلها كوكبة الدب الأكبر. وتسمى الدب الأصغر. ويقع النجم القطبي في مؤخرة الدب الأصغر. أما النجمان اللذان يليان النجم القطبي في هذه الكوكبة فيطلق عليهما اسم الحارستين، فهما كما تقول أحدى الأساطير – يحرسان النجم القطبي خوفاً من سطو الدب الأكبر عليه، وضمه إلى كوكبته.

وبالقرب من هاتين الكوكبتين توجد كوكبة أخرى واضحة، ومن السهل التعرف عليها – تلك هي كوكبة " ذات الكرسي " وتتكون من خمس نجوم لامعة يمكن تخيلها في الشكل 4 شكل 6-3(أ). وسميت بذات الكرسي لأنها يمكن أن تأخذ شكلاً آخر يشبه الكرسي، إذا وصلت نجومها بطريقة أخرى، وأضيف إليها نجم آخر: انظر الشكل 6-3(ب).

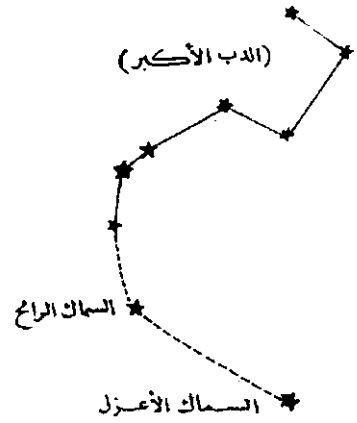
وترى الكوكبة حوالي الساعة الثامنة مساء من شهر نوفمبر في كبد السماء قريباً من منطقة النجم القطبي. ومما ساعد على التعرف على هذه الكوكبة أنها تكون دائماً في الجهة المضادة لاتجاه الدب الأكبر بالنسبة للنجم القطبي.



شكل 6-3 (ذات الكرسي)

ومن بنات نعش نستطيع أن نصل بسهولة إلى كوكبتى العوّاء والعذراء. فإذا سرنا على المنحنى الواصل بين بنات نعش في اتجاه مؤخر ذنب الدب الأكبر سنصل إلي نجم لامع وبرتقالي اللون. ذلك هو نجم السماك الرامح في كوكبة العواء (أو الراعي) وتبلغ المسافة الظاهرية بين القائد في الدب الأكبر والسماك الرامح أربعة أمثال المسافة بين القائد والمئزر في ذنب الدب الأكبر.

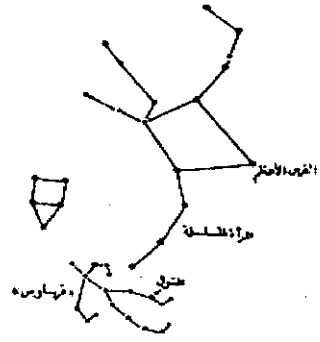
ويقع نجم السماك الأعزل على نفس المنحنى وعلى بعد ثلثي المسافة بين القائد والسماك الرامح: انظر الشكل 6-4



شكل 6-4 (كوكبة العواء)

ويمكن مشاهدة السماك الرامح في شهر يونيو فوق الرأس في حوالي الساعة الثامنة مساء. أما السماك الأعزال فيرى إلى جنوبه قليلاً في الساعة الثامنة في شهر مايو

ويستطيع المرء أن يشاهد في شهر يناير بين الساعة السابعة والثامنة مساء كوكبة فرساوس (أو الغول). وألمع نجم فيها هو رأس الغول (أو الغول) وموضعها في هذا الوقت إلى الشمال في أتجاه النجم القطبي. وترى كوكبة ذات الكرسي في نفس الوقت بالقرب منها ولكن في جهة الغرب من القبة السماوية: انظر الشكل 6-5



شكل 6-5 (كوكبة فرساوس)

ولعله من المفيد أن نعطي صورة للكوكبات حسب الفصول:

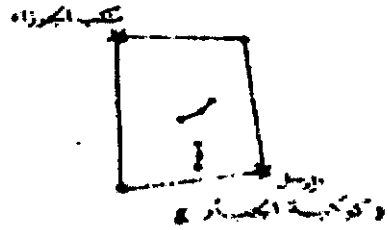
6-3 أولاً كوكبات الشتاء والربيع:

يمكن مشاهدة كثير من الكوكبات الشهيرة في ليالي الشتاء في السودان. ومن هذه الكوكبات: الجبار والثور والكلب الأكبر والكلب الأصغر والتوأمان والأسد وذات الكرسي والفرس الأعظم.

وإذا ألقينا نظرة على الجدول 6-1، نعلم أننا نستطيع مشاهدة النجوم اللامعة الآتية: وهي جميعاً نجوم المرتبة الأولي في لمعانها:

الشعرى اليمانية 2- العيوق 3- الرجل 4- الشعرى الشامية 5- منكب الجوزاء 6- الدبران 7- رأس التوأم 8- قلب الأسد 9- رأس التوأم المقدم وتنتمي جميعاً إلى كوكبات الشتاء.

دعنا نبدأ بأوضح هذه الكوكبات، وأعنى بها كوكبة الجبار التي تتكون من أربع نجوم لامعة تكون شكلاً رباعياً يتوسطه ثلاث نجوم أقل لمعاناً منها. نطلق عليها في السودان اسم " العصي " وهي تمثل حزام الجبار. ويتدلى من الحزام غمد السيف الذي تمثله ثلاث نجوم خافتة: انظر الشكل 6-6.

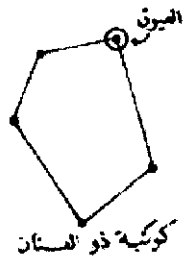


شكل 6-6 (كوكبة الجبار)

ونستطيع ملاحظة نجمين لامعين هما منكب الجوزاء والرجل ويقعان على أحد قطري الشكل الرباعي. ومنكب الجوزاء من نجوم العمالقة الحمر؛ وهو نجم يميل إلى الحمرة في لونه إذا نظرت إليه بالعين المجردة ولكن الحمرة تزداد عندما تنظر إليه من خلال المنظار الفلكي. أما النجم الآخر فهو يمثل إحدى رجلي الجبار ولذلك يطلق عليه اسم الرجل. ويبدو أن العرب هم الذين أطلقوا عليه هذا الاسم.

وتبدأ هذه الكوكبة في الظهور في الجهة الشرقية من قبة السماء في شهر نوفمبر ويتوسط السماء حوالي الساعة الثامنة مساء من شهر فبراير.

وبالقرب من كوكبة الجبار، وإلي الشمال الغربي نلاحظ نجمة لامعة تميل إلي اللون الأصفر. وهو نجم يسمى العيوق ويقع في كوكبة "ذو العنان" أو "ممسك الأعنة" ويلاحظ بالقرب من هذا النجم اللامع ثلاث نجوم صغيرة تكون مثلثاً متساوي الساقين. وتمثل العيوق- في إحدى الأساطير- عنزا. أما النجوم الثلاثة الصغيرة فتمثل "سخلاتها" الثلاث. وفي منطقة العيوق تستطيع العين تمييز أربع نجوم أخرى لامعة ولكنها أقل لمعاناً من العيوق وإذا وصلت هذه النجوم بطريقة معينة ستكون شكلاً خماسياً واضحاً، وتقع "السخلات الثلاث" خارج الشكل الخماسي، وقريباً من أحد الأضلاع: انظر الشكل 6-7.



شكل 6-7

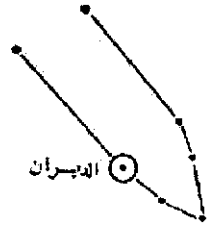
وتقع كوكبة الثور بين الجبار وكوكبة " ذو العنان "، وأوضح نجم فيها أحمر اللون لا تخطئه العين، ويسمى الدبران أو (عين الثور) وهو من العمالقة الحمراء ويكوّن معه عدد من النجوم اللامعة شكلاً يشبه العدد 7. وتستطيع في سهولة التعرف عليه عندما تقع عينك على نجم الدبران. ويمثل هذا في الواقع رأس الثور، وليس الثور كله. ويمثل النجمان البعيدان قرني الثور.

ولتحديد موضع الكوكبة في السماء، انظر إلي شمالك قليلاً وإلي أعلى حوالي الساعة الثامنة من شهر يناير. وبالقرب من هذه المجموعة وإلى جهة الغرب قليلاً تلاحظ الثريا، التي تتكون من سبع نجوم خافتة إذا نظرت إليها بالعين المجردة ولكن إذا نظرت إليها من خلال المنظار الفلكي تجد نجوماً كثيرة وبهرة ضوء بيضاء، عبارة عن سديم غازي. وتعتبر الثريا جزءاً من كوكبة الثور.

وإذا وليت نظرك جهة الشرق، وإلى الجنوب قليلاً تجد المع نجم في السماء ذلك هو نجم الشعرى اليمانية. ويبدو أن التسمية ناشئة من أن اتجاه النجم بالنسبة لأهل الجزيرة العربية يكون في اتجاه اليمن. ويكوّن نجم الشعرى اليمانية جزءاً من كوكبة الكلب الأكبر. وموعد وجود النجم في قبة السماء في يناير حوالي الساعة الثامنة مساء حيث يكون في كبد السماء في الجهة الجنوبية الشرقية. وفي نفس الوقت نستطيع رؤية سهيل إلي جنوب الشعرى اليمانية. وسهيل هذا يعتبر في المرتبة الثانية من حيث اللمعان بعد الشعرى اليمانية. وإذا كان هناك كلب أكبر فلابد من آخر أصغر.

يقع الكلب الأصغر إلى جهة الشمال قليلاً مقارناً بالكلب الأكبر ويرى ألمع نجم فيه حوالي الساعة الثامنة مساء في شهر فبراير. وهو يقع إلى الجهة الشمال قليلاً إذا قورن بالشعرى اليمانية.

وربما يكون سبب تسميته بالشعرى الشامية أن هذا النجم يقع إلى جهة الشام بالنسبة لسكان الجزيرة العربية وتتكون الكوكبة من الشعرى الشامية ونجم آخر أقل لمعاناً بالقرب منه. وتكون كوكبة الجبار والكلب الأكبر والكلب الأصغر علامة واضحة من علامات ليالي الشتاء.

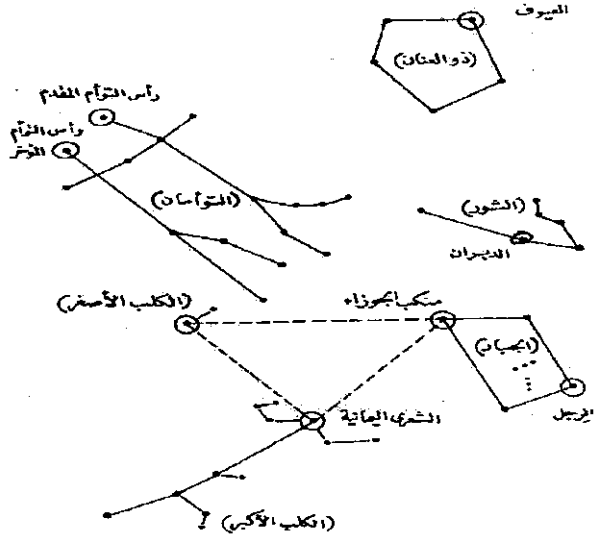


شكل 6-8 (الثور)

فإذا وصلنا منكب الجوزاء والشعرى اليمانية والشعرى الشامية بخطوط وهمية بحيث تكون مثلثاً. نحصل على ما يسمى بالمثلث الشتوي. ومن كوكبات الشتاء التوأمان. انظر الشكل 6-9.

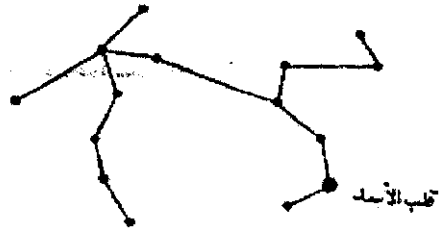
وبهذه الكوكبة نجمان لامعان يتوسطان السماء حوالي الساعة الثامنة مساء في شهر مارس. وقد تخيل الكوكبة القدماء في شكل شخصين يمسك أحدهما بالآخر، ورأسهما هما النجمان اللامعان. رأس التوأم المؤخر ورأس التوأم المقدم، والأول أشد لمعاناً من الثاني.

وتظهر في شهر أبريل ومايو فوق الرأس في الساعة الثامنة مساء كوكبات العواء والعذراء والأسد وفرساوس والدب الأكبر وذات الكرسي. وقد سبق الكلام عنها من قبل ما عدا كوكبة الأسد.



شكل 6-9

ويظهر قلب الأسد في أبريل الساعة الثامنة في نفس الموضع الذي كانت فيه الشمس عند الظهر في نفس اليوم. وهو نجم لامع. وترى الكوكبة إلى الجنوب الشرقي من كوكبة الدب الأكبر.



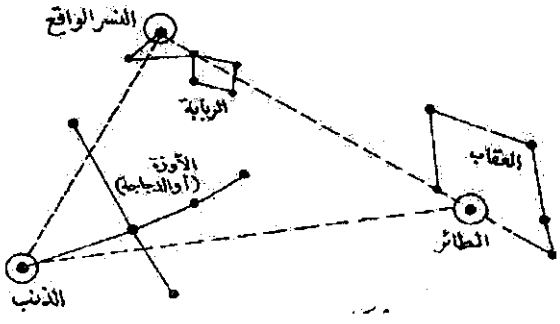
شكل 6-10 (كوكبة الأسد)

وفي نفس الوقت يلاحظ كل من العذراء والعواء بالقرب منه. ويكون الأسد إلى الغرب منهما لأنه قد أشرق قبلهما.

4-6 ثانياً: كوكبات الصيف والخريف

عندما تنظر إلي الجهة الشمالية من القبة السماوية في ليالي الصيف تستطيع أن تتعرف على مثلث يتكون من ثلاث نجوم لامعة. وهي النسر الواقع والطائر والذنب ويطلق على هذا المثلث اسم "المثلث الصيفي".

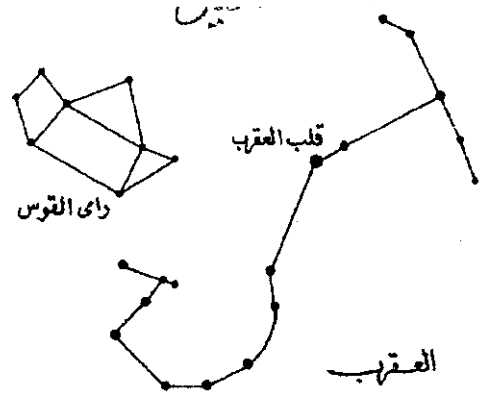
وربما ساعدك في التعرف على هذا المثلث مرور درب التبانة (أو مجر الكبش) من خلاله. وكذلك تجد في نفس الوقت نجم السماك الرامح إلى الغرب من المثلث وألمع نجوم المثلث الصيفي هي: النسر الواقع التي تعتبر ملكة المثلث الصيفي. وهي نجمة زرقاء اللون ولامعة.



شكل 6-11 (كوكبات المثلث الصيفي)

وبالنظر إلي الجدول 6-1 نلاحظ أن النسر الواقع يكون فوق رأس المشاهد بميلان قليل إلى جهة الشمال في شهر أغسطس. أما الطائر والذنب فيقعان قريباً من هذا الموضع في شهر سبتمبر. ولكن الذنب يكون إلى الشمال اكثر من الطائر. وموضع النسر الواقع بالنسبة للطائر والذنب يقع إلي الغرب منهما وهو أقرب إلي الذنب منه إلى الطائر.

وإذا تركنا الجهة الشمالية من القبة السماوية وولينا وجوهنا شطر الجنوب نستطيع التعرف على كوكبتين مهمتين هما العقرب والقوس. انظر الشكل 6-12.



شكل 6-12 ((كوكبتا) العقرب ورامي القوس)

وكوكبة العقرب أكثر الكوكبات شبهاً بالشيء الذي سميت عليه. وبها نجم لامع أحمر اللون ويسمى قلب العقرب، وهو من العمالقة الحمراء. ويبلغ قطره 640 مرة مثل قطر شمسنا: أي أنه يبلغ قطره حوالي 892 مليون كيلو متر.

وزمن اختراق العقرب لخط الزوال هو الساعة الثامنة مساء في شهر يوليو. وبالقرب من العقرب توجد كوكبة القوس (أو رامي القوس). وهي ليست واضحة مثل وضوح العقرب لعدم وجود نجم لامع بمستوى لمعان نجوم الدرجة الأولى. وتقع هذه الكوكبة قريباً من مركز مجرة الطريق اللبني. أي على بعد 26.000 سنة ضوئية من شمسنا.

6-5 البروج:

والبروج عبارة عن كوكبات عادية. والفرق بينها وبين بقية الكوكبات ظاهري فقط. ويأتي ذلك نتيجة لحركة الأرض حول محورها. ولشرح ذلك انظر الشكل 6-13 الذي يمثل المدار الداخلي لمسار الأرض حول الشمس. فعندما تتحرك الأرض حول الشمس من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) يلاحظ المشاهد من الأرض حركة ظاهرية للشمس أثناء ذلك من النقطة (هـ) إلى (د) بين نجوم " كوكبة " الحمل. وفي حركة الأرض من (ب) إلى (جـ) تبدو الشمس وكأنها تتحرك من (د) إلى (و) بين نجوم " كوكبة الثور ". وهكذا تبدو الشمس كأنها تتحرك بين نجوم 12 كوكبة عندما تكمل الأرض دورة كاملة حول الشمس. ويطلق على هذه الكوكبات والتي تبدو الشمس وكأنها تتحرك بين نجومها، " البروج".

ومنطقة البروج تقع حول حزام مدار الشمس الظاهري ويبلغ عرض هذه المنطقة 16 درجة. وتمكث الشمس نحو شهر في كل برج تاركة له لتدخل بين نجوم البرج التالي وتعود الشمس مرة أخرى بعد عام لتدخل ضمن نجوم نفس البرج الذي كانت فيه قبل عام. وأفضل طريقة للتعرف على البرج الذي توجد فيه الشمس في زمن معين هو مراقبة النجوم القريبة من الشمس عند المغيب. وتظهر الشمس بين نجوم البروج الاثني عشرة بالترتيب المبين في الجدول رقم 6-2.

جدول 6-2 نجوم البروج

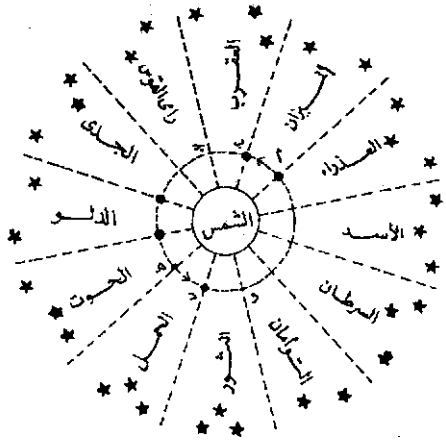
الحمل	21 مارس -20 أبريل
الثور	21 أبريل- 21 مايو
التوأمان	22مايو-21يونيو
السرطان	22 يونيو -22يوليو
الأسد	23 يوليو- 22 أغسطس
العذراء	23 أغسطس-22 سبتمبر
الميزان	23 سبتمبر- 21 أكتوبر
العقرب	23 أكتوبر–22 نوفمبر
القوس	22 نوفمبر– 21 ديسمبر
الجدى	22 ديسمبر– 20 يناير
الدلو	21 يناير– 18 فبراير
الحوت	19 فبراير– 20 مارس

وقد تعرضنا في الصفحات السابقة إلى بعض البروح الواضحة مثل التوأمان والثور والأسد والعذراء والعقرب والقوس ضمن حديثنا عن الكوكبات. ويستطيع القارئ أن يتعرف عليها مستعينا بما كتب عنها.

وتجدر الإشارة إلى أن الكواكب السيارة تظهر دائماً في منطقة البروج وذلك لقربها الشديد من الشمس. وتجد في المجلات العالمية التنبؤ بظهور كوكب ما في كوكبة كذا وكذا. فمثلاً تجد في

هذه الأيام كوكبي المريخ وزحل ضمن كوكبة التوأمان (1976م). ولكن المريخ لا يبقى طويلاً بينما يبقى زحل مدة أطول، وذلك لبعده الأكبر عن الشمس وفي عام (2008) يمكن مراقبة المشتري في كوكبة القوس والرامي. أما زحل فيرى في كوكبة الأسد*.

إن وجود الكواكب في منطقة البروج له مغزى خاص عند المنجمين – إذ يستعملون ذلك لمعرفة طباع الناس وما يصيبهم من خير وشر. وهذا جانب خرافي وليست له صله بعلم الفلك. وديننا الإسلامي ينهانا عن تصديق المنجمين. إذ يقول الرسول عليه الصلاة والسلام " كذب المنجمون ولو صدقوا ". وصدقوا هنا تعني لو حدث بالصدفة ما تنبأوا به.



شكل 6-13 (البروج)

* روجع الكتاب في 2008. والطبعة الأولى في 1976م.

6-6 الأسئلة:

1. اذكر أسباب ظهور الكوكبات مبكرة يومياً.
2. إذا ظهرت الكوكبة الساعة 10 مساء في شهر أبريل:
   أ- متى ظهرت في شهر يونيو الساعة 10 مساء.
   ب- متى ظهرت في شهر فبراير الساعة 10 مساء.
3. كيف تعرف النجم القطبي.
4. هل يظهر النجم القطبي لشخص يعيش جنوب خط عرض 30 جنوباً. اشرح.
5. اذكر ثلاثاً من كوكبات الشتاء.
6. اذكر النجوم اللامعة الثلاثة التي تكون المثلث الشتوي.
7. اذكر الكوكبات الثلاثة التي تكون النجوم اللامعة فيها المثلث الصيفي.
8. عرف البروج.
9. لماذا لا ترى في الأجزاء الشمالية أو الجنوبية من قبة السماء.
10. أشرح لماذا تري مجرة درب التبانة في شكل شريط مضيئ رغم وجودنا داخلها.

الفصل السابع

7- ارتياد الفضاء

7-1 نبذة تاريخية

فكرة السفر إلي الكواكب وغيرها من الأجرام السماوية، كانت تراود الناس منذ عهد ليس بالقريب. وربما كان أحد بواعث هذه الفكرة تطلع الإنسان الدائم إلى اكتشاف أرجاء الكون، وفك الطلاسم التي تحيط به، والوقوف على أسراره، وقد عبر عن ذلك في شكل قصص خيالية لا تخلو من الخرافة والطرافة.

ومن تلك القصص الخيالية ما نشره الكاتب الفرنسي جول فيرن، في عام 1865، حيث نشر قصة بعنوان: من الأرض إلي القمر، وصف فيها الجوانب الفنية التي تتصل بالصعاب التي تكشف الإفلات من قبضة الجاذبية الأرضية وكان وصفاً دقيقاً موضحاً العديد من الصعاب وشرح كيف يمكن التغلب عليها.

وقد تخيل فيرن أن التغلب على الجاذبية يتم بإطلاق المركبة الفـضائية بواسطة مدفع ضخم يزودها بالطاقة اللازمة للإفلات من قبضة الأرض. ومما ساعد فيرن في تصور الصعوبات خلفيته العلمية؛ فقد كان مهندساً وعالماً إلي جانب، كونه قاصاً. ولذلك فقد أدرك منذ البداية أن أهم عقبة كأداء تواجه إطلاق السفينة هي التغلب على الجاذبية. وهى إعطاء السفينة السرعة الكافية للإفلات من سطح الأرض.

لقد كان يوم 4 أكتوبر 1957 معلماً بارزاً في تاريخ ارتياد الفضاء. ففي هذا اليوم أعلن الروس عن إطلاق أول قمر صناعي لهم يدور حول الأرض. وكان بذلك أول جسم أرضي ينطلق من الأرض ليدور حولها ولابد من الإشارة هنا أن هذا الحدث قد سبقته العديد من المحاولات.

وتلا ذلك في يوم 1957/11/3 انطلاق القمر الروسي الثاني. وكان أيضاً يدور حول الأرض. ولكنه كان يحمل في هذه المرة الكلبة (لايكا). وربما كان ذلك لدراسة ردود الفعل لدى الأحياء في ظروف الفضاء.

وأثار السبق الروسي في ارتياد الفضاء ذعر الأمريكان، وألهب حماستهم للحاق بهم والتفوق عليهم. وقد وظفوا بلايين الدولارات في أبحاث الفضاء، وتطوير مناهج العلوم التي بدت لهم متخلفة عن مناهج العلوم في الاتحاد السوفيتي؛ ودللوا على ذلك بسبق الروس لهم في مجال ارتياد الفضاء.

وفي 31 يناير 1958 نجح الأمريكان في إطلاق أول قمر صناعي لهم يدور الأرض. وحتى هذه اللحظة لم يطمئن الأمريكان على موقفهم من أبحاث الفضاء، واستمرت الأموال تتدفق بلا حساب في كثير من المشاريع والخطط الرامية إلي السفر إلي الفضاء. وتبلغ الآن عدد الأقطار الأخرى التي لها أقمار صناعية أو سفن فضائية أكثر من أربعين قطراً وهى قابلة للزيادة.

وهكذا استمر التسابق في رحلات الفضاء بين الأمريكان والروس. ولكن الروس سجلوا مرة أخرى انتصاراً على الأمريكان، لأنهم أطلقوا أول مركبة فضائية تحمل إنساناً إلي الفضاء. وكان ذلك في 12 أبريل من عام 1961.

وأبى الأمريكان إلا اللحاق بمنافسهم السوفيت. إذ أطلقوا قمراً صناعياً يحمل إنساناً إلي الفضاء ليدور حول الأرض في 3 أكتوبر 1962. وكان ذلك متأخراً عن انطلاق القمر الصناعي الروسي بنحو عام ونصف العام.

وتوالت بعد ذلك السفن الفضائية المتعددة الأغراض مأهولة وغير مأهولة، وتبارى الفريقان في عدد الأفراد الذين يمكن أن تحملهم المركبة، وفي طول المدة التي يمكن أن يمكثها الرواد في الفضاء المحيط بالأرض.

ولعل أهم حدث من ناحية الفوائد العاجلة التي تحققت في هذا السباق انطلاق القمر الصناعي تلستار من الولايات المتحدة في يوم 1962/7/9. وكان الغرض منه أن يعمل محطة للإشارات اللاسلكية. ولأول مرة اصبح الناس يشاهدون الأحداث حية على بعد آلاف الأميال من مواطن حدوثها. ويستعمل هذا القمر الصناعي وغيره - إلي جانب الإرسال التلفزيوني - في الإشارات البرقية والهاتفية. وقد انتشرت محطات استقبال هذه الإشارات في كثير من أنحاء العالم. وقامت محطة لهذا الغرض جنوب الخرطوم في قرية أم حراز. وقد طورت أطباق صغيرة لاستقبال القنوات الفضائية.

وفي 1969/7/21 تمكن الأمريكان من إنزال أول إنسان على سطح القمر. وبذلك سجلوا أول سبق على الروس في مجال ارتياد الفضاء. وسبقت عملية الإنزال وصول مركبة تحمل أنساناً ودارت حول القمر ثم عادت إلى الأرض بسلام. (وسنعطي وصفاً لهذه الرحلة التاريخية في هذا الفصل لاحقاً).

وتمكن الروس من إرسال مركبة تحمل أنساناً إلي القمر وهبطت عليه برفق واستطاعت أجهزتها الأوتوماتيكية من التقاط عينة من تراب القمر وعادت سالمة إلي الأرض.

وفيما يلي نورد جدولاً بالرحلات المأهولة وغير المأهولة لسفن الفضاء:

وتجدر الإشارة إلي أن هذه القائمة لا تمثل إلا نزراً يسيراً من الأقمار الصناعية التي أرسلت لتدور حول الأرض أو إلي الكواكب. فقد أرسل الروس والأمريكان مئات الأقمار الصناعية وتبعهم بعد ذلك الصينيون والأوربيون ولحق بهم العديد من الدول الصغيرة نسبياً، ويبلغ عدد الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض وغيرها من الأجرام السماوية الآن (2007) نحو 3000 قمر عامل. أما بقايا الصواريخ وغيرها من مخلفات غزو الفضاء فيبلغ نحو 6000 قطعة تدور حول الأرض وغيرها من الأجرام السماوية.

ولكن الرحلات المثيرة حقاً هي التي انطلق فيها الإنسان في الفضاء والقائمة في الجدول 7-2 تعطي ملخصاً لذلك.

جدول 7-1 - الرحلات الفضائية غير المأهولة

م	اسم المركبة	أصلها	تاريخ إطلاقها	ملاحظات
1	اسبتنك الأولي	روسية	1957/10/4	
2	اسبتنك الثانية	روسية	1957/11/3	
3	المستكشف الأول	أمريكية	1958/1/31	
4	فان جارد	أمريكية	1958/3/17	
5	اسبتنك الثالثة	روسية	1958/5/15	
6	ليونيك الأولي	روسية	1959/10/2	وصلت على بعد 4660 ميل من القمر

7	المستكشف الرابع	أمريكية	1959	وصلت على بعد37000
8	ليونيك الثانية	روسية	1959/9/13	سقطت على القمر
9	ليونيك الثالثة	روسية	1959/10/4	دارت حول القمر وأرسلت صوراً تلفزيونية للوجه الآخر للقمر

جدول رقم 7-2

الرحلات المأهولة حتى نهاية السبعينات من القرن العشرين

	تاريخ الإطلاق	الرواد	الجنسية	اسم المركبة	عدد	ملاحظات
1	1961/4/12	يورى قاقرين	روسي	فوستك الأولي	1	الدوران حول الأرض
2	1961/6/5	آلن شبرد	أمريكي	ميركوري الثالثة	-	دون مدارية
3	1961/7/21	فيرجل جرسوم	أمريكي	ميركوري الرابعة	-	دون مدارية
4	1961/6/6	هيرمان تيتوف	روسي	فوستك الثانية	17	
5	1962/2/20	جون جلن	أمريكي	ميركوري السادسة	3	
6	1962/5/24	اسكوت كاربنتر	أمريكي	ميركوري السابعة	3	
7	1962/8/11	اندريان نيكوليف	روسي	فوستك الثالثة	64	أول لقاء بين مركبتين سوفيتين
8	1962/8/12	بافل بوبوفتش	روسي	فوستك الرابعة	48	
9	1962/10/3	ولتر شيرا	أمريكي	ميركوري الثامنة	6	
10	1963/5/15	غوردون كوبر	أمريكي	ميركوري التاسعة	22	
11	1963/6/14	فاليرى بيكوفسكي	روسي	فوستك الخامسة	81	
12	1963/6/16	فالنتينا	روسي	فوستك السادسة	64	أول امرأة في الفضاء
13	1964/10/12	فلاديمير كوكوروف	روسي	لوسنخود الولي	16	

		قسطنطين فوكتسوف				
14	1965/3/18	يورى يوجروف بافل بلابيف ألسكى لينيولينوف	روسي	فوسخود الثانية	17	أول محاولة روسية للسير في الفضاء
15	1965/3/23 1965/6/3	فيرجل رسوم وجون ينج أدوارد وايت	أمريكي أمريكي أمريكي	جمنى الثالثة جمنى الرابعة جمنى الخامسة	3 62	أول محاول أمريكية للسير في الفضاء
16	1965/8/21	غوردون كوبر وشارلس كونارد	أمريكي ,,	جمنى السابعة ,, الخامسة	120	
17	1965/12/4	فرانك بورمان وجيمس لوقل	أمريكي	جمنى السابعة		
18	1965/12/15	ولتر شيرا وتوماس استفورد	,,	جمني السادسة	206	أول لقاء مركبتين أمريكيتين
19	1966/3/16	نيل ارمسترونج وديفيد سكوت	,,	جمنى الثامنة	15	
20	1966/6/3	توماس استافورد ويوجين سيرنان	أمريكي	جمنى التاسعة ,, ,,	6 45	
21	1966/7/18	جون ورتشترد غردون	أمريكي	جمنى العاشرة	43	-
22	1966/9/12	شارلس كونارد ورتشارد غرودن	أمريكي	جمنى الحادية عشر	44	-
23	1966/11/11	جيمس لوفيل وأدوين ألرين	أمريكي	جمنى الثانية عشر	59	-
24	1967/4/23	فلاد ميركوماروف	روسية	سيوز الأولى	18	مات عند الهبوط
25	1968/10/11	ولترتيرا ودون أليسيل ولتر	أمريكية	ابولو السابعة	163	أول طيران بشرى لنموذج مركبة القيادة

		كانيجهام				التقت مع سيوز الثانية
26	1968/10/26	جورج بيرجورى	روسي	سيوز الثالثة	61	التقت مع سيوز الثانية
27	1968/12/21	فرانك بورمان وجيمس لوفل ووليان أندز	أمريكان	أبولو الثامنة	-	أول إنسان يفلت من الجاذبية ويدور 10 مرات حول القمر ويعود سالماً
28	1969/1/14	فلاديمير شالتلوف	روسي	سيوز الرابعة	48	تبادل البحارة بين المركبتين
29	1969/1/29	بورس فولينوف والسكى بلبسيف	روسي	سيوز الخامسة	49	المركبة القمرية والتقاء أول طيران بشرى لنموذج مركبة القياد معها (حول الأرض)
30	1969/3/3	جيمس ماكرفيت ديفيد اسكوت رسل سوركارت	أمريكي	أبولو التاسعة	-	
31	1969/5/18	توماس اسنافورد وسيرنان	أمريكي	ابولو العاشرة	-	اطلاق المركبة القمرية لتقترب مسافة 30000 قدم من سطح القمر
32	1969/7/16	ارمسترونج الدرن، كرينز	أمريكية	ابولو الحادية عشرة	-	أول سفينة تحط على سطح القمر وتعود سالمة
33	1969/11/14	كونارد، بين، غوردون	أمريكية	أبولو الثانية عشرة	-	مسح علمي لبحر العواصف وإحضار عينات مختلفة من صخور القمر
34	1970/4/11	هيز، لوفيل، تسويقارت	أمريكية	ابولو الثالثة عشرة	-	حدث خلل ولم تهبط على القمر وعادت بعد أن دارت حول القمر
35	1971/1/31	ألن شبرد، أدجر مشتل	أمريكية	أبولو 14	-	اكتشاف منطقة مورو

36	1971/7/26	ديفيد اسكوت، أبروين	أمريكية	أبولو 15	-	اكتشاف منطقة فرا مورو
37	1972/4/16	جون ينج، توماس ديوك	أمريكية	ابولو 16	-	اكتشاف منطقة هادلي ألبناين
38	1972/12/21	رولاند أيفان، اسمكيت سرنان	أمريكية	أبولو 17	-	اكتشاف مرتفعات ديكارت، اكتشاف منطقة توراس ليترو

2-7 كيف تم للإنسان غزو الفضاء:

أن هذا سؤال لابد أنه قد تبادر إلى ذهنك وأنت تقرأ عن هذه الطفرة العظيمة التي تحققت في القرن العشرين بعد ما كانت حلماً براود خيال الإنسان. وسنحاول في هذا الجزء من الفصل أن نعطي إجابة مبسطة لذلك قبل أن نعطي وصفاً للرحلة التاريخية إلي القمر.

أن غزو الفضاء ما كان له أن يتم لولا توفر ثلاثة عوامل رئيسية هي:

أ- المعرفة العلمية النظرية.

ب- المعرفة العلمية التطبيقية.

ج- المال اللازم لإجراء البحوث والدراسات المضنية وتصميم الأجهزة المعقدة التي يحتاجها السفر إلي الفضاء.

وسنحاول هنا أن نتطرق لهذه الأسئلة بشيء من التفصيل الذي يتناسب مع الأسلوب الذي اتبعناه في هذا الكتاب.

1-2-7 المعرفة العلمية النظرية

عندما بدأ الأمريكان والروس في التفكير الجاد للسفر إلي الفضاء كانت المعرفة العلمية متوفرة، فقد كانت قوانين الحركة معروفة. وكذلك قانون نيوتن للجذب الكوني. ولقد تعرضنا إلي هذه القوانين في الفصل الأول من هذا الكتاب.

وسنركز في هذا الفصل على معادلة مهمة تصف حركة جسمين في الفضاء بالنسبة لبعضهما البعض باعتبار أنهما يدوران حول مركز جذب مشترك. وعند تطبيق هذه المعادلة على الأجسام الفلكية نتجاهل أثر الأجسام البعيدة، مثل الكواكب والشمس لضعف أثرها على الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض وفي نفس الوقت نتجاهل أثر الأرض على السفن الفضائية التي تدور حول القمر أو كوكب آخر مثل المريخ والمشترى وهذا افتراض معقول لصغر كتل الأقمار الصناعية وبعدها عن هذه الأجرام.

ويطلق على هذه المعادلة أحياناً "معادلة الميكانيكا السماوية". والمعادلة هي:

$$ع^2 = ج\ ك \left[\frac{2}{r} - \frac{1}{x}\right] \left[\frac{1}{ص} - \frac{2}{ف}\right] \qquad V^2=Gm \left[\frac{2}{r} - \frac{1}{x}\right] \left[\frac{1}{ص} - \frac{2}{ف}\right] \qquad 1\text{-}7$$

حيث:

ع(v): سرعة أحد الجسمين بالنسبة للآخر.

ج(G)= ثابت الجاذبية.

ك(m) = مجموع كتلتي الجسمين (ك1 + ك2)

ف (r)= المسافة اللحظية بين الجسمين

ص(x) = $\frac{1}{2}$ المحور الرئيسي للمسار الذي يسير عليه الجسم الصغير حول الجسم الأكبر.

دعنا نناقش هذه المعادلة تحت الحالات الثلاث الآتية:

عندما يكون مسارة الجسم الصغير الذي يدور حول الجسم الأكبر دائرياً.

عندما يكون المسار للجسم الصغير قطعاً مكافئاً (Parabolic)

عندما يكون المسار إهليلجياً (Elliptical)

الحالة الأولى:

عندما يكون الجسم الصغير متبعاً لمسار دائري يصبح المحور الرئيسي قطراً لدائرة، وتكون المسافة بين الجسمين ثابتة وتساوى نصف القطر، لأن الجسم الصغير يدور حول مركز الجسم الأكبر ويمكن تشبيه ذلك بحركة الأرض حول الشمس (تقريباً). وإذا ألقينا نظرة على

المعادلة (7-1) نلاحظ أن ص = نصف القطر = ف. وإذا عوضنا قيمة ص في المعادلة (7-1) نحصل على:

$$ع^2 = ج\ ك \left[\frac{1}{ف} - \frac{2}{ف}\right] = \left[\frac{1}{ص} - \frac{2}{ف}\right]$$

$$V^2 = Gm = \left[\frac{2}{r} - \frac{1}{x}\right] = Gm \left[\frac{2}{r} - \frac{1}{r}\right] = Gm \times \frac{1}{r} = \frac{Gm}{r}$$

$$= ج\ ك \frac{(1)}{ف} = \frac{ج\ ك}{ف}$$

أو $\boxed{ع = \sqrt{\frac{ج\ ك}{ف}}}$ $\qquad V = \sqrt{\frac{G\,m}{r}}$ $\qquad$ 2-7

ويطلق العلماء على السرعة التي يدور فيها الجسم الأصغر حول الجسم الأكبر، في مسار دائري "السرعة الحرجة" ويدل تعبير "حرجة" أن هذه السرعة لو قلت عن ذلك لسقط الجسم الأصغر على الجسم الذي يدور حوله، ويمكن تعريف السرعة الحرجة بأنها أقل سرعة لازمة لتمكن جسماً ما ليدور حول آخر في مسار دائري، وإذا زادت السرعة قليلاً لتغير شكل المسار عن المسار الدائري ولذلك فهي سرعة حرجة إذا قلت سقط الجسم الداشر على الجسم الأكبر وإذا زادت تغير شكل المسار.

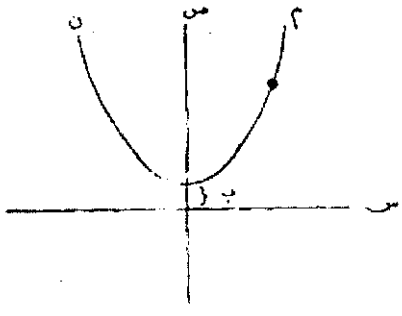
الحالة الثانية:

عندما يكون المسار قطعاً مكافئاً (PARABOLA)

والقطع المكافي منحنى تمثله المعادلة الرياضية:

ص = أس^2 + ب س + جـ

حيث أ، ب جـ كميات ثابتة



شكل 7-1 (القطع المكافئ)

ويرسم القطع المكافي من هذه المعادلة الشكل 7-1

ويلاحظ في هذه الحالة أن المحور الرئيسي يصبح لا نهائياً لأن ذراعي المنحنى (م و ن) لا يلتقيان. وبذلك تصبح المعادلة 7-1:

$$ع^2 = ج\ ك \qquad V^2 = Gm \left[\frac{2}{r} - \frac{1}{\infty}\right] = \left[\frac{1}{\infty} - \frac{2}{ف}\right]$$

حيث ∞ تعادل كمية لا نهائية و $\frac{1}{\infty}$ = صفر $= \frac{2Gm}{r}$

$$ع^2 = \frac{ج\ ك \times 22}{ف} = \frac{حـ\ ك}{ف}$$

أو $\boxed{ع = \sqrt{\frac{2ج\ ك}{ف}}}$ $V = \sqrt{\frac{2G\,m}{r}}$ 3-7

والجسم الذي تصل سرعته هذا المقدار لن يعود مرة أخرى من تلقاء نفسه إلي الجسم الذي أنطلق منه لأن ذراعي المسار لا يلتقيان أبداً فيظل الجسم المنطلق في الابتعاد باستمرار. ولذلك يطلق على السرعة س. في المعادلة (3-7) سرعة الإفلات لأن الجسم المنطلق يفلت من قبضة جاذبية الجسم الذي كان على سطحه أو دائراً حوله. فإذا أطلق قمر صناعي من سطح الأرض بسرعة تساوى المقدار الذي تمثله المعادلة 7-3 فلن يعود مرة أخرى من تلقاء نفسه إلي الأرض.

الحالة الثالثة:

أما إذا كان المسار إهليلجياً فإن سرعته تكون أقل من سرعة الإفلات وأعلي من السرعة الحرجة.

ونلفت نظر القارئ إلي أنه في حالات الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض، يمكن تجاهل كتلة الجسم الصغير (كتلة القمر الصناعي) لأنها لا تساوى شئياً يذكر إذ قورنت بكتلة الأرض

أو القمر. وبذلك ك = كتلة الجسم الأكبر وفي حالة الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض فإن ك = كتلة الأرض، أو كتلة الجسم الذي يدور حوله القمر الصناعي.

ويمكن حساب السرعة الحرجة التي تمكن الجسم من الدوران حول الأرض.

المعادلة:

$$ع = \sqrt{\frac{2ج\ ك}{ف}}$$

إذا علمنا أن ج = 6.67×10^{-8}

ف = نصف قطر الأرض = 6.37×10^{8}

ك = 5×10^{27} جرام

$$ع = \sqrt{\frac{6.67 \times 10^{8} \times 5.977 \times 10^{27}}{6.37 \times 10^{8}}} = \sqrt{\frac{6.67 \times 10^{11} \times 5.977}{6.37}}$$

$$= \sqrt{6.258 \times 10^{11}} = 7.91 \times 10^{5}$$ سم/ثانية

= 7.91 كلم / ثانية

أي أن اقل سرعة تجعل الجسم يدور حول الأرض في مسار دائري هي 7.91 كلم / ثانية. وأي سرعة اقل من ذلك تجعل الجسم يعود للارتطام بسطح الأرض.

الصلة بين سرعة الإفلات والسرعة الحرجة:

إذا قارنا المعادلتين:

$$ع_1 = \sqrt{\frac{ج\ ك}{ف}}$$

و $ع_2 = \sqrt{\frac{2\ ج\ ك}{ف}}$

نلاحظ أن $\frac{ع_1}{ع_2} = \frac{\sqrt{\frac{ج\ ك}{ف}}}{\sqrt{\frac{2\ ج\ ك}{ف}}} = \sqrt{\frac{1}{2}}$

أو $ع_2 = ع_1 \times \sqrt{2}$

$ع_1$ = السرعة الحرجة

$ع_2$ = سرعة الإفلات كما في المعادلتين (7-2) و (7-3)

سرعة الإفلات = $\sqrt{2}$ × السرعة الحرجة

Escape Velocity = $\sqrt{2}$ × Critical Velocity

ولذلك نستطيع حساب سرعة الإفلات على الأرض بضرب السرعة الحرجة × الجذر التربيعي للعدد 2.

أو سرعة الإفلات (على الأرض) = $\sqrt{2} \times 7.91$

= 1.414 × 7.91 = 11.18 كلم/ثانية

ومن هذه الحسابات يتضح لنا أن السرعة الحرجة على سطح الأرض تبلغ نحو 7.9 كلم / ثانية وسرعة الإفلات تبلغ 11.2 كلم / ثانية. ويطلق على السرعة الحرجة أحياناً السرعة الفلكية الأولي. بينما تسمى سرعة الإفلات السرعة الفلكية الثانية. والجدير بالذكر أن انطلاق الجسم من الأرض بالسرعة الفلكية الثانية لا يمكنه من التغلب على جاذبية الشمس، إذ أن ذلك

يحتاج إلي سرعة أكبر تبلغ 16.7 كلم /ثانية ويطلق عليها السرعة الفلكية الثالثة. وهي أقل سرعة لازمة ليفلت الجسم من المجموعة الشمسية. وتختلف سرعة الإفلات من المجموعة الشمسية عن سرعة الإفلات من سطح الشمس التي تبلغ 618 كلم /ث (عادة هي أكبر؟).

وربما يتبادر إلي الذهن أن الأجسام الصغيرة تحتاج إلي سرعة أكبر من الأجسام الكبيرة لتلفت من الأرض. ولكن هذا ليس صحيحاً. فالمعادلة لا تفرق بين كتل الأجسام. ويعنى ذلك أن أي جسم مهما كانت كتلته يستطيع أن يفلت من قبضة الجاذبية إذا وصلت سرعته 11.2كلم/ث. وبالطبع فإن الجسم الصغير يحتاج إلي قوة دفع اقل لكي يصل إلي سرعة الإفلات، بينما تحتاج الأجسام الأكبر كتلة إلي طاقة أكبر لتصل سرعتها إلي السرعة الفلكية الثانية.

يتضح مما سبق أن الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض لابد وأن تكون سرعتها بين 7.9كلم/ث و 11.2 كلم/ث. أما السفن الفضائية المتجهة إلي القمر أو إلي بقية أسرة المجموعة الشمسية فلابد أن تكون سرعتها أعلى من 11.2 كلم / ث وأقل من 16.7 كلم / في الثانية.

2-2-7 المعرفة التقنية

أ/ صناعة الصواريخ:

أن العقبة التي لابد من تخطيها لإرسال أي قمر صناعي إلي القمر أو ليدور حول الأرض هي التغلب على قوة الجذب بين القمر والأرض. وكان هذا معروفاً ولكن تخطي هذه العقبة أخذ وقتاً ليس بالقصير ليصبح أمراً ممكناً.

كانت صناعة الصواريخ، وتطوير وسائل الدفع الضخمة من أهم الوسائل التي ساعدت على دخول عصر الفضاء.

ولكن صناعة الصواريخ بدأت منذ عهد بعيد. وينسب إلي الصينين أنهم هم أول من صنع صاروخاً حربياً عام 1040 بعد الميلاد. واستعملوه لصد هجوم المغول عليهم في عام 1232م. وتعلم هذه الصناعة منهم المسلمون وتوضح مخطوطة للكاتب أبو الحسن الرماح في القرن الثالث عشر الميلادي رسومات لصواريخ مصنوعة من الفخار لرمي القذائف الحارقة على الأعداء. وعن طريق المسلمين انتقلت صناعة الصواريخ إلي أوروبا في عام 1258م.

وشهد القرن التاسع عشر حماسة محمومة لتطوير الصواريخ الحربية. وساهم السير وليام كنجريف البريطاني الجنسية بقدر وافر في هذا المجال.

وحتى هذه المرحلة كان وقود الصاروخ هو الوقود الجاف. ولكن في عام 1903 نشر العالم الروسي قسطنطين زيوفسكى كتاباً قيماً عن السفر إلي الفضاء وأشار فيه لأول مرة إلي فكرة استعمال الوقود السائل بدلاً من الوقود الجاف في صناعة الصواريخ. ولكن هذه الفكرة لم تعرف خارج روسيا. كما أن الوسط العلمي في داخل روسيا لم يعرها ما تستحقه من اهتمام وتقدير. ودون علم بنظريات زيوفسكى، وضع العالم الأمريكي جودارد، والعالم الألماني أوربيرت أسس صناعة الصواريخ الحديثة. فقد نشر أوربيرت بحثاً رياضياً عن السفر خارج نطاق الغلاف الهوائي عام 1923. وتطرق فيه إلي المشكلات التي تواجه السفر عبر الفضاء. واقترح حلولاً علمية لها.

ويرجع الفضل إلي جودارد في إجراء البحوث التجريبية التي توجت بإطلاق أول صاروخ يعمل بالوقود السائل، في 16 مارس 1926م. واطلع العلماء الألمان على أبحاث جودارد وأستفادوا منها في تطوير صناعة الصواريخ الموجهة لاستعمالها في الأغراض العسكرية. وأستعمل هتلر هذه الأسلحة في الحرب العالمية الثانية ضد الحلفاء.

وبعد الحرب العالمية الثانية أطلع الأمريكان والروس على السواء على أسرار صناعة الصواريخ الألمانية، وذلك حين وقعت معامل صناعة الصواريخ بألمانيا في أيديهم بعد هزيمة ألمانيا. فقاموا بتهجير الخبرات الألمانية في شكل معدات وعلماء إلي كل من أمريكا وروسيا.

ب/ أجزاء الصاروخ:

دعنا الآن نعطي وصفاً مبسطاً لأهم أجزاءً الصاروخ الرئيسية:

ستكون الصاروخ بصفة عامة من الآتي:

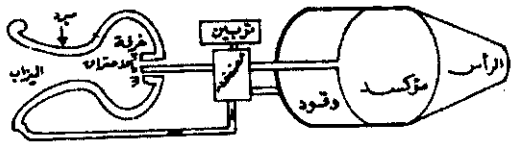
1. الرأس – وهذا يحمل الأجهزة العلمية والأشخاص إن وجدوا.
2. خزانات الوقود – وتضم إلي جانب مواد الاحتراق المواد المؤكسدة.
3. مضخات دفع الوقود إلي غرفة الاحتراق.
4. التربينات الدافعة للغازات إلي الخارج.

5. فتحة الميزاب التي تنساب منها الغازات لتحدث قوة الدفع في الاتجاه المراد تصويب الصاروخ إليه.

ج- كيف يعمل؟

يعمل الصاروخ على مبدأ قانون الحركة الثالث: الفعل ورد الفعل وهو "لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومضاد له في الاتجاه" ومما يجدر ذكره أن مبدأ رد الفعل لا يحتاج إلي وسط كي يعمل فيه بل أن الوسط يعد عائقاً له؛ ولذلك فإن الصاروخ يستطيع أن يعمل في الفراغ أحسن من عمله في الهواء إذا توفرت له المواد المؤكسدة.

وعند احتراق الوقود في غرفة الاحتراق تتولد كميات هائلة من الغازات في درجات حرارة عالية وضغط عال. وتوجه هذه الغازات المندفعة بواسطة التربينات إلي فتحة الميزاب (أنظر الشكل 7-2) محدثة رد فعل على جسم الصاروخ فيتحرك في الاتجاه المعاكس لاتجاه انسياب الغازات. وفقاً لقانون رد الفعل. وتمثل حركة الغازات الفعل واندفاع جسم الصاروخ يمثل رد الفعل.



شكل 7-2 (أجزاء الصاروخ)

ونسبة للضغط العالي الذي يتعرض له جسم الصاروخ فلابد أن تكون جدرانه قوية لتحمل هذا الضغط العالي. ودرجة الحرارة الناتجة من الاحتراق كبيرة؛ ولذلك لابد من وجود مادة مبردة، خوفاً من انصهار الجدران بفعل هذه الكمية الهائلة من الحرارة الناتجة من الاحتراق. ونتيجة الاحتكاك بالغلاف الهوائي عند دخوله أو الخروج منه.

والصواريخ التي تحمل سفن الفضاء والأقمار الصناعية تصمم عادة من عدة مراحل: أي من عدة صواريخ متصلة مع بعضها البعض بحيث يشتعل كل صاروخ أوتوماتيكياً عندما ينفد وقود الصاروخ السابق له. ويتخلص من الصاروخ الذي استنفد وقوده لكيلا يشكل عبئاً لا لزوم له. وتتعاضد المراحل المختلفة لتعطي السفينة الفضائية القوة الدافعة الضرورية لمقاومة الاحتكاك وجاذبية الأرض.

ونود أن نذكر القارئ أن حركة الأقمار الصناعية في الفضاء معقدة بسبب الأجرام السماوية العديدة والسرعة اللازمة للوصول إلي الهدف المحدد. وتستطيع الحاسبات الإلكترونية حل المعادلات المعقدة التي تصف حركة القمر الصناعي.

الوقود المستعمل في الصواريخ متعدد الأغراض، ونذكر هنا على سبيل المثال:

1. الأنلين + حامض النتريك.
2. الكحول + بيروكسيد الأيدروجين المركز.
3. الوقود النووي.

وفي هذه الحالة تستبل غرفة الاحتراق بمفاعل نووي والوقود عبارة عن مادة سائلة تحول إلي غاز بواسطة الحرارة الناتجة من التفاعل النووي.

7-2-3 الأجهزة العلمية والمعدات:

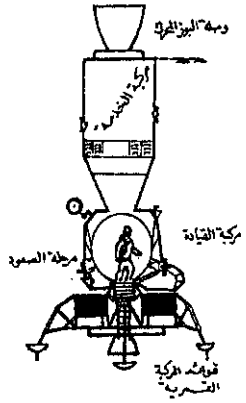
لقد حدث تقدم كبير في علم الإلكترونيات وبخاصة الترانزستور. ولولا ذلك لما كان من الميسور أن تنجز الأقمار الصناعية مهماتها. بل أن بعض هذه المهام تكاد تكون مستحيلة إلا إذا زاد حجم السفينة الفضائية بصورة خيالية ولكن أجهزة الترانزستور اختصرت الحجم والكتلة. ففي حجم صغير جداً يمكن صنع جهاز في غاية التعقيد. مثل العقول الإلكترونية.

هذا إلي جانب صناعة تطبيقية أخرى كالتقدم في صناعة اللدائن التي جعلت من الممكن تطوير مواد تتحمل ظروف الفضاء المختلفة. وهكذا نرى أن عصر الفضاء لم يكن ممكناً لولا التقدم والطفرة التي حدثت في مجال العلوم التطبيقية.

7-2-4 المال:

لا شك أن المال عصب الحياة لأي مشروع مهما كان صغيراً. ولكن عصر الفضاء يحتاج إلي مال كثير يعد بالأرقام الفلكية. فمثلاً المشروع الأمريكي الأول لإطلاق أول سفينة تحمل رجلاً واحداً ليدور حول الأرض بلغت تكاليفه بليون دولار أميركي (1000,000,000)، إن مثل هذا الرقم لا تتحمله إلا الدول الغنية، أما الدول الفقيرة فتحتاج إلي الخبرة الفنية إلي جانب الأموال اللازمة. لذلك نلاحظ أن أمريكا وروسيا هما اللتان أسهمتا بقسط واف في مناورات التسابق إلي غزو

الفضاء. واستطاعت أمريكا أن تسبق الاتحاد السوفيتي في نهاية المطاف لأنها أكثر ثروة منها. وبالطبع فقد تلاها دول كبيرة في أوروبا والصين واليابان والهند وغيرها.



شكل 7-3 (مركبة فضائية)

3-7 سفن الفضاء المأهولة:

تواجه رواد الفضاء كثير من المشكلات المتعلقة بوجود الإنسان في ظروف غير عادية لم يعتد عليها. وفيما يلي نتعرض إلي أهم هذه المشكلات:

1/ حالة انعدام الوزن:

عندما تسبح السفينة في الفضاء، أو عندما تدور حول الأرض، أو القمر، أو حول أي جرم سماوي آخر، يشعر الإنسان بفقدان وزنه. والوزن كما يذكر القارئ صفة عارضة في الأجسام، لأنها تعتمد على مكانه في الفضاء والظروف المحيطة به. فهو ليس كالكتلة التي لا تتغير بتغير المكان، فنحن نلاحظ أن كتل الأجسام تظل ثابتة على سطح الأرض، ولكن أوزانها تختلف تبعاً لبعدها من مركز الأرض. ويقل الوزن إلي السدس إذا أنتقل الجسم إلي سطح القمر ويزداد إلي 2.63 على سطح المشترى؛ ولكن ما يحدث على سفن الفضاء أكثر من ذلك بكثير حيث لا يشعر الإنسان بأي وزن ويظل طافياً في داخل السفينة وهذه حالة لم يعتد عليها الإنسان منذ وجوده على الأرض. ولكن لماذا يفقد الإنسان وزنه.

يشعر الإنسان بقوة الجذب بينه وبين الأرض عندما يكون على السطح أو قريباً منه. ولكن إذا كان يدور حول الأرض. وهي القوة التي يطلق عليها أحياناً قوة الطرد المركزية. وتساوى هذه القوة المركزية قوة الجذب بين السفينة والأرض ولكن تعاكسها في الاتجاه. وبذلك تكون القوة الناتجة على جسم السفينة صفراً لتعادل القوتين. وكما لا يخفي على القارئ الكريم فإن حالة انعدام الوزن لا تحدث لوصول السفينة إلي منطقة لا توجد فيها جاذبية الأرض بل هي موجودة، ولكنها تتعادل مع القوة الطاردة. ولولا حركة الجسم لشعر الإنسان بقوة الجذب عليه. ولذلك عندما تتوقف السفينة الفضائية عن الحركة لأي سبب فإنها تعود مرة أخرى إلي الأرض، وترتطم بها إذا كانت قريبة نسبياً منها. وهذا ما يحدث عندما يراد إنزال السفينة إلي الأرض حيث تشعل صواريخ لإبطاء السفينة حتى تكون أقل سرعة من سرعة الإفلات على الأرض.

ولابد أن نتذكر أنه لو كانت جاذبية الأرض على السفينة صفراً. لما أمكن أن تدور حولها، بل لتحركت في خط مستقيم بعيداً عن الأرض بسبب رد الفعل الناتج عن حركتها.

ويشعر الإنسان في الفضاء أيضاً بحالة انعدام الوزن عندما تكون القوة الناتجة من الحركة من قوة الجذب بين السفينة والأرض. ولكن الإنسان يسترد وزنه عندما يهبط على جرم سماوي كالقمر أو المريخ أو المشترى. ولكن لا يشعر بنفس الوزن لاختلاف كتل هذه الأجرام وأقطارها عن كتلة الأرض وقطرها.

لقد أردت من هذا الاستطراد أن أصحح الخطأ الشائع بأن حالة الوزن تحدث لوصول السفينة إلي منطقة تنعدم فيها قوة الجاذبية الأرضية. وأكرر أن حالة الوزن تحدث في أي مكان تتساوى فيه قوة الجاذبية مع قوة طاردة اتجاهها عكس اتجاه قوة الجاذبية الأرضية وهي حالة يمكن أن يشعر بها إنسان موجود في مصعد يتحرك لأسفل بنفس عجلة الجاذبية الأرضية.

ومن الطريف أن نذكر أن وزن الأرض صفر. وكذلك أوزان الكواكب والأقمار والسبب في ذلك يعزى إلي حركتها حول الأجسام التي تدور حولها، إذ تتساوى قوة الجذب المشتركة في كل حالة مع القوة الطاردة الناتجة من حركتها. وإذا قدر للأرض أن تتوقف عن الحركة لتسارعت نحو الشمس واصطدمت بها.

ونتيجة لانعدام الوزن استطاع رواد الفضاء السباحة في الفضاء وهو أمر سهل. فما على الرائد إلا أن يخرج من كبسولته لابساً حلته الفضائية وبما أنه يتحرك حول الأرض بنفس سرعة السفينة الأم سيظل على هذه السرعة متحركاً مع السفينة إلا إذا حاول إبطاء سرعته، وخوفاً من حدوث ذلك فإن الرائد يمسك بحبل قوى مربوط بالسفينة. ويستطيع أن يعود إلي السفينة بسهولة بجذب الحبل نحوه ليعطيه قوة دفع نحو السفينة فيدخلها.

ونسبة لأننا لم نعتد على هذه الحالة نجد صعوبة في إدراك ذلك فنحن قد أعتدنا على رؤية الأشياء تسقط نحو الأرض عندما نقذف بها إلي أعلى ولذلك نتوقع أن يسقط رجل الفضاء نحو الأرض عندما يخرج من سفينته في الفضاء ولكننا ننسى أن الرجل يتحرك بسرعة كبيرة أعلى من السرعة الحرجة. ولذلك فهو لا يسقط على سطح الأرض.

لعله قد دار بذهنك الآن هذا السؤال: لماذا تعتبر حالة انعدام الوزن مشكلة؟

أن المشكلة تكمن في أنها حالة لم يعتد الأنسان عليها. وتكمن في أنها تجعل الشرايين هشة مما يهدد بانفجارها. والخطر الثالث الناتج من حالة انعدام الوزن أن الدم كبقية أجزاء البدن يفقد وزنه، وقد يعرض القلب للانهيار عندما يعود الرائد إلى الأرض، إذ يكون القلب قد تعود على سهولة الضخ ولذلك فقد استحدثت طرق مختلفة لوقف جريان الدم إلي الأطراف، ثم لدفعه إليها بقوة. وفي مختبر الفضاء توجد دراجة ثابتة يستعملها الرواد لتنشيط دوراتهم الدموية.

ولابد للعلماء من دراسة أثر انعدام الوزن لفترات طويلة إذا ما كانوا ينوون التوجه إلي الكواكب. ويتوقع أن تتمخض هذه الدراسات عن وضع الحلول المناسبة لتفادي المشكلات المتوقعة من البقاء طويلاً في الفضاء. وقد جربت هذه الحالة بالبقاء شهوراً في سفينة الفضاء العالمية.

2/ التسارع الشديد:

عندما يتعرض جسم ما إلي تغير مفاجئ في السرعة، تقع عليه قوة إضافية وفقاً لقانون الحركة الثاني: ق = ك جـ

حيث ق = القوة الناتجة نتيجة التسارع.

ك = كتلة الجسم

جـ = التسارع (أو العجلة).

ويلاحظ من المعادلة السابقة أن القوة الناتجة المؤثرة على الجسم، تتناسب تناسباً طردياً مع مضروب كتلة الجسم والتسارع. أي كلما كان معدل التغير في السرعة كبيراً كانت القوة الناتجة على الجسم كبيرة.

وعند انطلاق المركبة الفضائية بسرعة كبيرة يتعرض الإنسان إلي قوة كبيرة تصل عدة أضعاف قوة الجاذبية الأرضية. وهذه قوة لا يستطيع تحملها كل الناس ويمكن أن تحدث هذه القوة ارتجاجاً في الجسم يحرك كبد الرائد بوصات من موضعه ومن ثم لابد لرجال الفضاء أن يعرَّضوا لمثل هذه القوة على الأرض ويتدربون عليها قبل أن يجاوز رواد فضاء. ولكن هذه الفترة قصيرة وتبلغ نحو 12 دقيقة حيث تبدأ بعدها السفينة في الدوران حول الأرض ويشعر الرواد بحالة انعدام الوزن بعد أن كانوا قبل قليل يشعرون بقوة أكبر من أوزانهم أثناء عملية انطلاق الصواريخ للتغلب على جاذبية الأرض.

3/ الشهب والإشعاع:

يعتبر الغلاف الهوائي درعاً واقياً للأرض من الشهب والنيازك التي تحترق في معظمها في جو الأرض، ولولا ذلك لتعرضت حياة الإنسان وبقية الأحياء للأخطار؛ ويقي الغلاف الهوائي كذلك الأحياء على سطح الأرض من الإشعاعات الخطرة التي تصدر من الشمس في شكل أيونات سريعة وأشعة فوق البنفسجية، وغيرها من الإشعاعات ذات المقدرة الكبيرة في احتراق الأجسام مثل الأشعة السينية وأشعة جاما. ولكن عندما يخرج الإنسان إلي الفضاء لا يجد غلافاً جوياً يحميه من الإشعاع والشهب. وتصمم الحلل الفضائية أيضاً بصورة تقي الرائد من هذه الأخطار والشهب، كما تصمم الحلل الفضائية أيضاً بصورة تقي الراد من مثل هذه الأخطار.

4/ المشكلات النفسية:

لقد اعتاد الإنسان على العمل في مكان رحب، يجد فيه الحرية على الحركة ويعيش في صحبة الآخرين. ولكن ظروف الفضاء تقتضى أن يكون في السفينة عدد قليل من الرواد يعيشون في حيز ضيق لا يسمح بحرية الحركة التي اعتاد عليها الناس على الأرض في منازلهم وخارجها.

وأعتاد الإنسان على نظام خاص للراحة وللعمل ليلاً ونهاراً، ولكن مسالة الليل والنهار في سفينة الفضاء تصبح غير ذات معنى للذين يضربون في الفضاء بين الأرض والقمر والكواكب، وحتى عندما تكون السفينة دائرة حول الأرض فإن امتداد الليل لا يتعدى الساعة أو الساعتين هذه التغيرات تسبب لرجل الفضاء الملل والسأم والضيق. ولذلك تزود السفينة بوسائل الترفيه والاتصال الدائم بمحطة المراقبة الأرضية.

وهناك أخطار أخرى يتعرض لها الرواد كالتغيير المفاجئ في درجة الحرارة، وأخطاء التصويب عند الإقلاع والدخول في جو الأرض. كل هذه الأخطار تعتبر مميتة إذا لم تتخذ الاحتياطات اللازمة لتخطيها. وليس ببعيد ما حدث لماكوك الفضاء كولومبيا يوم 2003/2/1؛ إذ احترق الماكوك في الغلاف الهوائي للأرض بملاحيه السبعة. وكان من نتيجة هذه الكارثة توقف البرنامج لمدة عامين ونصف العام، لمعالجة الخلل الذي سبب ذلك. وعاود البرنامج مسيرته فيما بعد في 10 أغسطس 2005.

كل هذه المشكلات اقتضت أن يختار رجال الفضاء من الصفوة التي تجتاز اختبارات قاسية وشاقة لمعرفة درجة تحملهم لأخطار الفضاء. وصممت الاختبارات اللازمة في مختبرات خاصة لدراسة آثار الفضاء على الإنسان.

ومن الشروط الضرورية الواجب توفرها في رائد الفضاء أن يكون مهندسا وطياراً ممتازاً يستطيع قيادة الطائرات النفاثة. وإلي جانب ذلك يتعرف الرائد على كل أجزاء السفينة حتى يستطيع أن يتدخل الإنسان اذا اختلت الآلات الأوتوماتيكية وفقدت فعاليتها.

4-7 الأقمار الصناعية:

يمكن تصنيف مسارات الأقمار الصناعية من حيث شكل المدار إلي قسمين رئيسين:

مسارات دائرية.

مسارات أهليلجية.

ويمكن تقسيم النوعين من المسارات من حيث الارتفاعات إلي أربعة أنواع:

أ- ارتفاعات عالية ومتزامنة مع حركة الأرض حول محورها.

وهذا النوع من المسارات حول الأرض يقع عند خط الاستواء على ارتفاع نحو 35.900 كلم فوق سطح الأرض. وتدور الأقمار الصناعية على هذا المسار بنفس سرعة دوران الأرض حول محورها وفي نفس تجاه دورانها. وبذلك تبدو هذه الأقمار ثابتة للناظر لها من سطح الأرض.

ب- ارتفاعات متوسطة:

ويبلغ ارتفاع القمر الصناعي على هذا المسار نحو 20.000 كلم. ومدة دوران القمر 12 ساعة. وهذا المسار خارج الغلاف الهوائي للأرض، ولذلك فهو مستقر. والرسائل الكهرومغناطيسية المرسلة من هذا النوع من الأقمار تغطي مساحة كبيرة من سطح الرض. وهذا يجعلها مناسبة لأغراض الملاحة الجوية والبحرية.

ج- الارتفاعات القطبية المتزامنة مع حركة الشمس الظاهرية *(Sun-Synchronous)*

وهذا النوع من الأقمار مساراتها حول الأرض حول قطبي الأرض (شمال جنوب). ومسار القمر الصناعي يقاطع خط الاستواء على الأرض في نفس الوقت. وبما أنه يمسح كل خطوط العرض للأرض، فإنه يمكن أن يجمع معلومات عن سطح الأرض، مثل الحالة الجوية ومستوى التلوث الجوي وتدور الأقمار في هذه المسارات على ارتفاع 705 كلم في مدة 99 دقيقة ومثال لهذا النوع قمر تيرا (NOAA-11(TERRA. ويمر هذا القمر فوق خط الاستواء في الس10:30اعة مساء يومياً.

د- الارتفاعات المنخفضة:

ومثل هذه الأقمار تكون مساراتها فوق الغلاف الجوي مباشرة. وبذلك تتجنب الاحتكاك مع الغلاف الجوي. ومثل هذه الأقمار تجمع معلومات من الفضاء الخارجي وترسلها إلي الأرض، ومثال لذلك منظار هابل الفضائي (Hubble space Telescope)، ويعمل على ارتفاع 610 كلم فوق سطح الأرض. ومدة دورته حول الأرض حوالي 97 دقيقة.

5-7 أهداف استكشاف الفضاء:

يمكن تلخيص هذه الأهداف في النقاط التالية:

(أ) السمعة والدعاية العالمية:

إن المقدرة على استكشاف الفضاء تعطي القطر القائم بها سمعة عالمية دليلاً على القوة المادية والتفوق العلمي، وقد استفاد الاتحاد السوفيتي من ذلك عندما حقق سبقاً مؤقتاً على الولايات المتحدة الأمريكية عام 1957، فقد كان الروس يتحدثون عن النظام الاشتراكي وتفوقه على النظام الرأسمالي بحجة أن نتاج السياسة الاشتراكية كان سبقا احدث معجزة السفر عبر الفضاء، بعد أن كان حلماً يراود البشرية، ورأينا كيف ثار الشعب الأمريكي على نظامه التعليمي وحاول لاهثاً أن يلحق بركب الاتحاد السوفيتي بل يتفوق عليه. ومن ثم كان تصريح الرئيس الراحل جون كندى الذى أكد فيه عزم الولايات المتحدة الأمريكية على إرسال إنسان إلى القمر والعودة به سالماً إلى الأرض.

(ب) الأغراض العسكرية

ربما كان للأقمار الصناعية أثر مدمر إذا زودت برؤوس نووية، يمكن تصويبها نحو أهداف معينة للأعداء على الأرض. وتستعمل الأقمار الصناعية حاليا للتجسس، وذلك بتصوير أهداف الأعداء الاستراتيجية بدقة فائقة - ويقال إن إسرائيل قد استفادت كثيراً في حربها ضد العرب من الصور الملتقطة بوساطة الأقمار الصناعية التي زودتها بها الولايات المتحدة الأمريكية، وما تزال تفعل ذلك.

(ج) المسح الجوي:

لقد استطاعت الأقمار الصناعية المزودة بأجهزة علمية دقيقة أن تلتقط صوراً مختلفة لأجزاء الأرض. ورسمت بذلك خرطاً حديثة واكثر دقة لمناطق الأرض المختلفة. وتسمى مثل هذه الأقمار بأقمار المسح الجوي. وأول قمر صناعي اطلق لهذا الغرض يسمى المستكشف رقم 17. وكان ذلك في عام 1963م وكان يكمل دورة واحدة حول الأرض كل 96 دقيقة. وتمكن أقمار المسح الجوي الطائرات والسفن في عرض البحر، والسيارات في البر من تحديد مواقعها بدقة، والاتصال بشبكة المحطات الأرضية والفضائية. وهي تستعمل نظم تحديد المواقع (G.P.S).

كذلك تستعمل هذه الأقمار الصناعية في استكشاف المعادن في باطن الأرض مثل اليورانيوم والحديد والنفط الخ.

وتتبع هذه الأقمار المسارات القطبية المتزامنة مع حركة الشمس الظاهرية، وهي بذلك تعمل نهاراً على كل سطح الأرض، كما ذكرنا من قبل. ونستطيع أخذ صور للإشعاعات المنعكسة من الأرض مرئية وغير مرئية. وتعمل الحاسبات الآلية في تفسير صور الإشعاعات الملتقطة. وهذه هي الطريقة التي تحدد بواسطتها مناطق المعادن المترسبة، ومستودعات المياه الجوفية. كذلك تحدد مصادر تلوث الجو وأثاره وغيرها من الفوائد العديدة.

(د) الأبحاث العلمية:

لقد ساعدت الأقمار الصناعية ومستكشفات الفضاء على أخذ صور واضحة ودقيقة للأجرام السماوية. وذلك بالتصوير المباشر، وإحضار المعينات، كما حدث على القمر أو بإرسال الصور التلفزيونية كما حدث بالنسبة للزهرة والمريخ والمشترى وزحل؛ ويجدر بنا أن نشير إلى أن الصور التي تلتقط للأجرام السماوية من فوق الغلاف الهوائي للأرض تكون أوضح، لأن الغلاف الهوائي يؤثر سلباً على مستوى الصور الملتقطة من سطح الأرض.

وساعدت الأقمار الصناعية في اكتشاف أحزمة فان الن الإشعاعية حول الأرض. بذلك أمكن رسم صورة لهذه الأحزمة وامتدادها حول الكرة الأرضية.

وأفادت رحلات القمر المأهولة في الحصول على معلومات جديدة عن القمر، فيعتبر القمر الآن أقرب إلى كوكب تكوّن بصورة مستقلة. وله قشرة أسمك من قشرة الأرض ويبلغ عمقها 65 كلم. وله غطاء وقلب من الحديد أو كبريتيد الحديد. ولكن كثير من الأسئلة لم تجد إجابة حتى الآن. وذلك لأن رحلات أبولو رغم كثرتها كانت محدودة في عددها واتساع المناطق التي زارتها. كما أن الأجهزة كانت محدودة. ودلت الدراسات على وجود اليورانيوم بنسبة عالية (59 جزءاً في كل بليون، بينما على الأرض يوجد 18 جزءاً في البليون أي حوالي ثلاثة أضعاف).

وكثير من هذا النوع من الأقمار يتبع المدارات القطبية المتزامنة مع حركة الشمس الظاهرية. والبعض الآخر منها مخصص لمراقبة الكواكب والنجوم والأجسام الفلكية البعيدة الأخرى. ومعظم هذه الأقمار يسير على مدارات منخفضة؛ وبعض أقمار البحث العلمي يدور حول الكواكب والشمس والقمر (قمر الأرض).

(هـ) الأرصاد الجوي:

تستطيع الأقمار الصناعية التقاط صور لتجمعات أكبر من السحب على مساحات كبيرة من سطح الأرض. كما أنها تستطيع تصوير السحب في أماكن لا توجد بها محطات رصد أرضية. وتستعمل هذه المعلومات لمعرفة التغيرات المتوقعة للطقس خلال فترة زمنية طويلة يمكن معها اتخاذ الاحتمالات لتفادى الأخطار المحتملة بالإنذار المبكر من الأخطار الناجمة من الأعاصير والفيضانات. ويتوقع أن تكون التنبؤات بالأحوال الجوية أكثر دقة وشمولاً باستعمال صور الأقمار الصناعية. والمشكلة في ذلك أن قراءة الخرط تأخذ وقتاً أطول. وتستعمل العقول الإلكترونية في قراءتها وتحليلها.

وهذا النوع من الأقمار يسير على الارتفاعات المتوسطة: بعضها يدور متزامناً مع حركة الشمس الظاهرية، والبعض الآخر يدور متزامناً مع حركة الأرض حول محورها على خط الاستواء.

(ز) الاتصالات اللاسلكية:

لقد أشرنا إلى هذا الموضوع في النبذة التاريخية. ونريد هنا أنه أصبح من الممكن إرشاد السفينة في عرض البحر بواسطة الإشارات اللاسلكية من الأقمار الصناعية. كما أنه توجد الآن شبكات عدة في مسارات مختلفة حول الأرض للاتصال اللاسلكي والتلفزيوني. وحرى بنا أن نشير هنا إلي أن ثلاثة أقمار على أبعاد متساوية تسير على نفس المسار - تقريبا - حول الأرض يمكنها تغطية كل سطح الأرض بالإرسال التلفزيوني أو الهاتفي. ولكن لابد لهذه الأقمار أن تسير بسرعة متوافقة مع سرعة الأرض حول محورها أي تتحرك هذه الأقمار بنفس سرعة الأرض حول محورها ويكمل كل واحد دورة كاملة حول الأرض في نحو 24 ساعة. وتظهر هذه الأقمار كأنها ثابتة في مكانها لا تبرحه وذلك لأنها تتحرك بنفس السرعة التي تنحرك بها الأرض: ويسمى هذا النوع من الأقمار بالأقمار المتوافقة أو المتزامنة

ويمكن مراقبة هذه الأقمار وغيرها بعد الغروب مباشرة أو قبل الشروق بقليل ويرى المراقب الأقمار العادية تتحرك بسرعة وتختفي خلف الأفق ولكن الأقمار المتوافقة تظل ثابتة كما أشرنا إلي ذلك. ومساراتها من النوع الأول، أي: الارتفاعات العالية المتزامنة مع حركة الأرض عند خط الاستواء.

وتجدر الإشارة إلي أن النوع الواحد من الأقمار الصناعية يمكن أن يستفاد منه في أكثر من غرض. فمثلاً أقمار المسح الجوي يمكن أن يستفاد منها في الأغراض العسكرية أيضاً.

والأقمار الصناعية لها أعمار وتعتمد على مستوى ارتفاعها والأعطال التي يمكن أن تصيبها من جراء الإشعاعات والنجيمات والشهب. وعموماً فإن الأقمار ذات الارتفاعات المنخفضة أعمارها قصيرة لأنها قد تدخل في الغلاف الجوي، وتفقد جزءاً من سرعتها نتيجة الاحتكاك مع الهواء وتسقط نحو الأرض وتحترق أو تسقط في البحر أو البر.

7-6 الرحلة التاريخية:

لا يجوز لنا أن نختم هذا الفصل قبل أن نعطى القارئ وصفاً لرحلة أبولو الحادية عشرة التي تعتبر بحق تاريخية.

7-6-1 أجزاء السفينة:

تتكون السفينة من الصاروخ والمركبة الفضائية - وتتكون المرحلة الأولى من الصاروخ من صاروخ يبلغ طوله 42 متراً ويبلغ قطره 10 أمتار. ويزن نحو 130980 كجم. أما المرحلة الثانية فيبلغ طولها نحو 25 متراً والقطر 10 أمتار وكتلتها 36250 كجم. والمرحلة الثالثة أقل من المرحلة السابقة إذ لا يزيد الطول عن 15 متراً والقطر نحو 7 أمتار والكتلة 129512 كجم. ويبلغ الطول الإجمالي للصاروخ والمركبة قبل الإطلاق 110 متر.

تتكون المركبة الفضائية من ثلاثة أجزاء رئيسية هي:

(أ) مركبة القيادة:

وهي عبارة عن مخروط يبلغ طوله نحو 3.3 متر وقطره عند القاعدة 4متر ويزن ما يقرب من 556 كجم. ومركبة القيادة هي الجزء الوحيد من المركبة الذي يعود إلي الأرض بعد إكمال الرحلة إلي القمر. وهذه المركبة مقسمة أيضاً إلي أجزاء أصغر هي المقدمة والمؤخرة وغرف الملاحين. والأخيرة هي المكان الذي يقضى فيه رواد الفضاء معظم وقتهم. وهي لذلك مكيفة درجة الحرارة والضغط ولا تتعدى درجة الحرارة 24 درجة مئوية. ويمكن للملاحين في هذه الغرفة أن يخلعوا حللهم الفضائية. ويوجد في هذه الغرفة وقود لتشغيل بعض الأجهزة المهمة مثل أجهزة تغيير الاتجاه.

ومركبة القيادة لها جدران سميكة ومتينة لتحتمل درجات الحرارة العالية الناتجة من الاحتكاك بالغلاف الهوائي عند الإقلاع وعند الهبوط. ومهيأة بحيث يمكن للملاحين من الاستلقاء على ظهورهم عند الإقلاع والهبوط وتتجه، المركبة في هذه الحالات نحو الأرض.

(ب) مركبة الخدمة:

يبلغ طول هذا الجزء من المركبة 8 أمتار وقطره نحو 4 متر وتبلغ كتلتها 23133كجم. وتحمل معظم خزانات الأكسجين والوقود اللازمة للرحلة، وإلي جانب ذلك بها الماء والطعام وصواريخ الإبطاء والكهرباء. وتتصل مركبة الخدمة بمركبة القيادة طوال الرحلة وينفصلان فقط عند العودة من القمر وقبيل الهبوط على الأرض.

(ج) المركبة القمرية:

الطول 7 أمتار والعرض في أوسع جزء 4.9 متر، والكتلة 15062 كجم قبل الإقلاع. وهي معدة لتسع أثنين من الملاحين.

وهذه المركبة لا تشبه أي مركبة صنعها الإنسان من قبل لأنها مصممة لظروف القمر التي تختلف كثيراً عن الظروف المعتادة على سطح الأرض، وبالمركبة القمرية صاروخان أحدهما مخصص للإنزال على سطح القمر والثاني للإقلاع منه والالتقاء بمركبة القيادة.

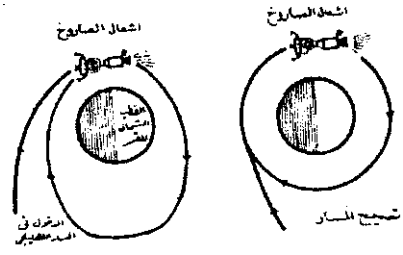
2-6-7 بدء الرحلة:

لقد استغرق الإعداد للرحلة وقتاً طويلاً ومضنياً ومالاً خيالياً لا تستطيعه إلا الدول الغنية. فقد صممت كثير من رحلات أبولو لتكون مقدمة واستعداداً لرحلة ابولو الحادية عشرة. فقد سبق ذلك رحلات أبولو السابعة والثامنة والتاسعة والعاشرة. أنظر الجدول(7-2) للتعرف على تواريخ هذه الرحلات والمهام التي أنجزتها.

وعندما حانت ساعة الإقلاع، وبعد اختبار كل الأجهزة ودراسة الأحوال الجوية وصحة الرواد، والتأكد أن كل شيء يبدو على ما يرام أعطيت شارة البدء من عقل إلكتروني. وكان ذلك في يوم الأربعاء الموافق 1969/7/16 في الساعة الثانية و32 دقيقة مساء بتوقيت جرينتش. وأنطلق صاروخ المرحلة الأولي من قاعدة كنيدي. وبعد مضى دقيقتين و 41 ثانية توقف صاروخ المرحلة الأولي عن العمل ونفذ وقوده على ارتفاع 66318 متراً فوق سطح البحر. ووصلت سرعة

المركبة الفضائية عندئذ 892 في الساعة. وأنفصل صاروخ المرحلة الأولي وسقط في المحيط. وبعد ثانيتين من توقف صاروخ المرحلة الأولي بدأت المرحلة الثانية على علوم 6760 متراً. وأنفصل هذا الصاروخ على علوم 185857متراً. وبدأ تشغيل المرحلة الثالثة بعد مضي 9 دقائق و15 ثانية من بدء الرحلة على علو 150866 متراً واستمر يعمل حتى وصلت المركبة إلى ارتفاع 188287 متراً حيث توقف وأصبحت المركبة تتخذ لها مداراً حول الأرض بعد مضي 11 دقيقة و 40 ثانية منذ بدء الرحلة. وكانت السرعة آنذاك 27808 كلم في الساعة أي 7.72كلم/ث.

عند هذه المرحلة بدأ الرواد والعقول الإلكترونية ومحطة المراقبة الأرضية في اختبار فعالية الأجهزة لبدء الرحلة التاريخية نحو القمر. وبعد أن أكملت المركبة دورة ونصف حول الأرض شغل صاروخ التصويب إلي جهة القمر. ولابد من الإشارة هنا إلي أن التصويب يأخذ في الاعتبار المكان الذي سوف يكون فيه القمر عندما تصله المركبة الفضائية، وبحسب ذلك من سرعة المركبة وسرعة القمر حول الأرض.



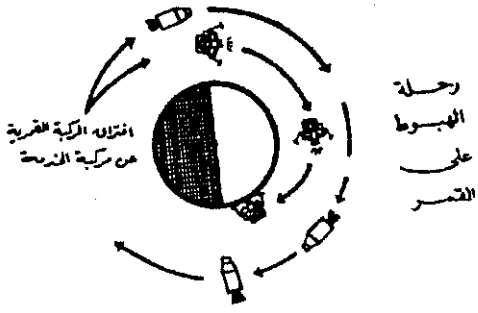
شكل 7-4

وأثناء الرحلة إلي القمر كانت قوة جذب الأرض للسفينة تقل، وفي نفس الوقت تزداد قوة جذب القمر لها وتتساوى القوتان عندما تكون السفينة على بعد نحو 288000 كلم من الأرض. بعد أن تبدأ السفينة في التسارع نحو القمر وعند الاقتراب من القمر أطلقت صواريخ الإبطاء لتتخذ المركبة مساراً اهليلجياً لها حول القمر. وحدث ذلك بعد مضي نحو 76 ساعة من بدء الرحلة (أي حوالي الساعة 6:22 من مساء يوم 1969/7/19م.

وبعد أن أكملت المركبة دورة واحدة في المسار الإهليلجي حول القمر الذي يبعد أوجه حضيضه 112 كلم عن سطح البحر، صحح المسار ليكون أقرب إلي المسار الدائري. حيث أصبح بعد الأوج 120 كلم والحضيض 99 كلم عن سطح القمر. وكانت المركبة تسير حول القمر بسرعة 5920

كلم في الساعة أي حوالي 1.64كلم/ث. وأثناء ذلك استطاعت المركبة من التقاط صور تلفزيونية لسطح القمر وأرسلتها إلي محطة المراقبة الأرضية.

وفي مساء يوم 1969/7/20 ارتدى كل من ارمسترونج والدرن الحلل الفضائية الخاصة بالانتقال إلي المركبة الفضائية القمرية، واختبروا سلامة الأجهزة. وشغلوا الطاقة الكهربية للمركبة القمرية، وفصلوا عنها الطاقة الواصلة إليها من المركبة الأم، ثم انتقلا إليها وشغلا أجهزتها. وبعد أن أكملت المركبة نحو 13 دورة حول القمر انفصلت المركبة القمرية عن مركبة القيادة وبها ارمسترونج والدرن. بينما بقى كولنز في مركبة القيادة. وصارت مركبة القيادة تسير أمام المركبة القمرية وتفصل بينهما مسافة تقدر بنحو 352 متراً.

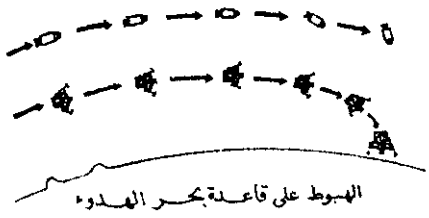


شكل 7-5

وبعد مضي نحو 101 ساعة و28 دقيقة من بدء الرحلة أطلق صاروخ الإنزال إلي القمر في المركبة القمرية، وبعد ساعة واحدة و17 دقيقة من انطلاق الصاروخ حطت المركبة القمرية على سطح القمر في منطقة بحر الهدوء عند نقطة تختلف قليلاً عن المنطقة المحددة، وذلك لأن قائد الرحلة لاحظ أن المكان المحدد عبارة عن حفرة نيزكية فحاول تفادي ذلك بتوجيه المركبة إلي نقطة آمنة. وهذا يوضح أهمية العنصر البشرى في مثل هذه الحالات. وكانت عندئذ الساعة تشير إلي التاسعة و18 دقيقة من مساء 1969/7/20م.

وبعد استعدادات دامت نحو 6 ساعات نزل ارمسترونج من المركبة وخطى على تراب القمر، وكان في هذه اللحظة التاريخية يشاهد خطواته ملايين البشر على سطح الأرض بوساطة الإرسال التلفزيوني. وكانت ساعة نزول أرمسترونج على تراب القمر هي الثالثة و56 دقيقة من

صباح يوم 1969/7/21 بالتوقيت العالمي إي بعد مضى 109 ساعة و24 دقيقة من بدء الرحلة التاريخية.



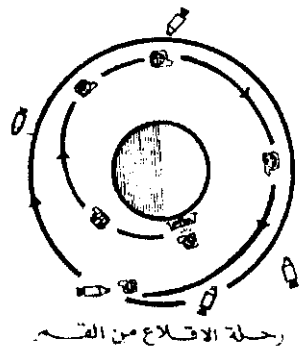
شكل 7-6

وبدلة النزول إلي القمر التي ارتداها ارمتسورنج مزودة بكل ما يحتاج إليه من ماء وأكسجين ووسائل اتصال لاسلكية. وكان عليه أن يجمع عينات من تراب القمر وصخوره. وجمع الرائد عينة من التراب والصخور ووضعها في جيب خاص في حلته الفضائية. بعد ذلك نزل الدرن أيضاً وبنفس الطريقة وخطى على تراب القمر وشاهد الرائدان مناظر رائعة كما يقولان.

ووضع الرائد بطاقة تحمل أسماء الرواد الثلاثة وجنسيتهم. وقالوا أنهم جاءوا من أجل السلام. كما وضعوا أيضاً جهازاً لقياس الهزات القمرية يعمل بصورة ذاتية ترسل الإشارات لاسلكياً إلي الأرض في حالة حدوث أية هزات قمرية.

3-6-7 رحلة العودة المظفرة:

بعد إتمام الاختبارات الضرورية للأجهزة من جانب الرائدين ارمسترونج والدرن ومحطة المراقبة في هيوستن، أعطيت إشارة البدء لرحلة العودة إلي الأرض. وأشعل صاروخ الإقلاع عند الساعة 124 و21 دقيقة من بدء الرحلة. واتخذت المركبة القمرية مداراً لها حول القمر يختلف عن مسار مركبة القيادة التي ظلت تدور حول القمر منذ أن انفصلت عنها المركبة القمرية. وكان كولنز وحيداً فيها طوال هذه المدة.

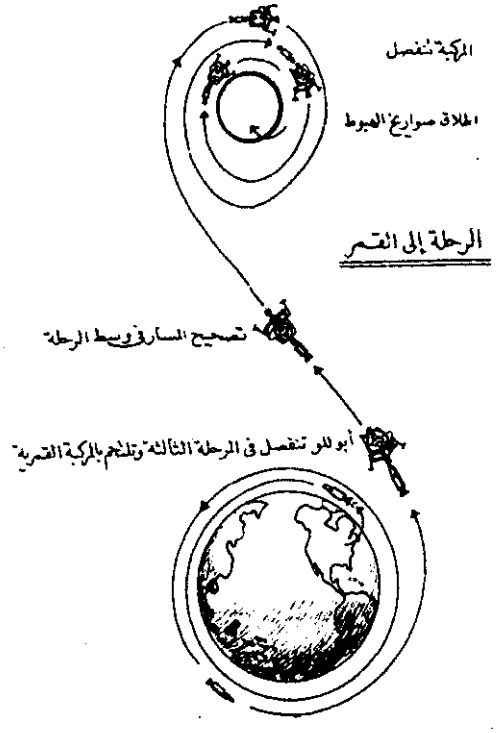


شكل 7-7

بعد ذلك صحح مسار المركبة القمرية ليطابق مسار مركبة القيادة استعداداً لانتقال ارمسترونج والدرن واللحاق بزميلهم كولنز في مركبة القيادة. ودخلت المركبة القمرية هذا المسار خلف مركبة القيادة. ثم أشعلت آلات دفع صغيرة للإلتحام بمركبة القيادة وأنتقل الرائدان إلي مركبة القيادة تاركين وراءهم الأجهزة والمعدات إلى لا يحتاجون إليها في المركبة القمرية. ودفعت لتتخذ لها مساراً حول القمر لتصبح متحفاً متحركاً للرحلة إلي القمر.

وفي يوم 1969/7/22 وبعد 135 ساعة منذ بدء الرحلة أشعل صاروخ التصويب نحو الأرض. واستمر الرواد الثلاثة في رحلتهم نحو الأرض. تحفهم قلوب ملايين البشر. وفي يوم 1969/7/24 وصلت المركبة إلي مسار لها حول الأرض. وعقد الرواد الثلاثة مؤتمراً صحفياً متلفزاً من المركبة، وأثناء دورانها حول الأرض. وفي حوالي الساعة الخامسة من مساء يوم 1969/7/24 انفصلت عربة الخدمة عن مركبة القيادة بعد أن أدت الأولي مهمتها كأروع ما يكون الأداء ودخلت مركبة القيادة وبها الرواد الثلاث الغلاف الهوائي للأرض. وعند الساعة الخامسة والدقيقة 50 نزل الرواد بواسطة المظلات في المحيط الهادي وانتشلتهم طائرة هيلوكوبتر. وجاء صوت الرواد مبشراً بسلامتهم. وهكذا انتهت أعظم ملحمة مليئة بالمخاطر والإثارة في تاريخ الإنسان على الأرض.

وبذلك تحقق وعد الرئيس الراحل جون كيندي الذي أعلن عن عزم الولايات المتحدة على إنزال رجال على القمر والعودة بهم سالمين إلى الأرض وبالطبع لم يحظ جون كنيدي بشهود هذا الإنجاز العظيم الذي وعد به الشعب الأمريكي بسبب اغتياله في 1963/11/22م.



شكل 7-8أ

شكل 7-9ب

7-7 التعاون بدلاً عن التنافس:

كانت الفترة الأولى من ارتياد الفضاء فترة تنافس شديد من قبل الدول العظمى من أجل السمعة، ومن أجل امتلاك مصادر القوة التي تمكن من التفوق في كل مجالات ارتياد الفضاء، وخاصة الجانب العسكري منها؛ ولذلك ظهرت مشروعات فضائية كثيرة: فأرسلت أقمار صناعية متعددة، وزاد عدد الدول التي دخلت هذا السباق بصورة مطردة. وكما هو معلوم فإن الروس قد بدأوا هذا السباق بإطلاق القمر الصناعي "اسبتنك" الأول في 1957/10/4 وتلاه "اسبتنك" الثاني في 1957/11/3. وجاء الأمريكان فأطلقوا المستكشف الأول في 1958/1/31: أي بعد مضي أربعة أشهر من إطلاق إسبتنك الأول. وبنهاية عام 1972 بلغ عدد الأقمار الصناعية 47 قمراً، منها 29 قمراً أمريكياً و18 قمراً روسياً.

بعد ذلك دخل نادي سباق الفضاء أقطار أخرى بلغ عددها أربعين دولة. وبلغ عدد الأقمار العاملة في الفضاء نحو 3000 بحلول عام 2000. هذا بخلاف ما تحطم منها، وظل يدور حول الأرض في شكل أجزاء متناثرة، يقدر عددها بنحو 6000 جزء.

وبما أن صناعة الأقمار الصناعية باهظة التكاليف، وتستنزف مالاً كثيراً، فقد لجأت الدول والمنظمات والوكالات الفضائية للتعاون لخفض تكلفة هذا النشاط الفضائي الذي يعتبر مهماً في العديد من مجالات الحياة.

وفيما يلى نورد بعض أمثلة للتعاون في مجال المحطات الفضائية، والمحطة الفضائية عبارة عن سفينة فضائية تحتوى على مجموعة من الأجهزة والمعدات العلمية. وهي مهيأة للعيش والعمل فيها لمدة طويلة:

7-7-1 منظار هابل الفضائي (Hubble Space Telescope)

ويعتبر هذا المنظار من أوائل مشروعات التعاون واشترك في قيامه كل من وكالة ناسا (NASA) من أمريكا ووكالة الفضاء الأوربية (ESA). والمنظار هذا عبارة عن مختبر فضائي يتكون أساساً من منظار فلكي يبلغ قطر مرآته 94 بوصة. ويضم بالإضافة إلي ذلك معدات علمية تشمل آلة تصوير ذات زاوية واسعة. وجسم المختبر اسطواني الشكل، ويبلغ طوله 13.1 متر وقطره 3.3 متر. وله مقدرة كبيرة في التقاط الصور التي تتميز بوضوح تفاصيل للأجسام المصورة. وذلك

لأن لآلة التصوير قدرة عالية التبيين والتوضيح (High resolving Power)، إلى ذلك يمكن أن يصور الأجسام التي تنبعث منها أمواج فوق البنفسجية وتحت الحمراء. وقد أكتمل بناء المختبر في نهاية عقد التسعينات من القرن العشرين بتكلفة بلغت بليون ونصف دولار. ويتصل المنظار بأقمار صناعية موجهة من محطات أرضية.

وأطلق المختبر لأول مرة بواسطة الماكوك المسمى المستكشف في أبريل 1990. وقد التقط المختبر أكثر من 100.000 صورة بحلول عام 1996. وتجدر الإشارة أن الصور الملتقطة للأجرام السماوية من خارج الغلاف الهوائي للأرض أفضل بكثير من تلك الملتقطة بأجهزة على سطح الأرض. ذلك لأن الغلاف الهوائي يحجب جزءاً من تفاصيل الصور. فالصور التي تلتقط من خارج الغلاف الهوائي خالية من التشويش، وذات تفاصيل في غاية الوضوح. وأظهرت الصور لأول مرة دلائل بوجود الثقوب السوداء وأشباه النجوم (quasars).

تعرض منظار هابل لأعطال، ولكن أمكن إصلاحها بواسطة ملاحين في رحلات وجهت إلي المختبر. وكانت آخر رحلة وجهت لهذا الغرض في ديسمبر 1999. حيث قام رواد الفضاء باستبدال أجزاء مهمة تتحكم في توازن المختبر. كما قاموا بإضافة حاسوب تبلغ سرعته عشرين ضعف سرعة الحاسوب القديم. كذلك أضيف مرسل راديو جديد ووحدة توجيه.

2-7-7 مشروع ساليوت :Salyut Programme

هذا مشروع روسي مكون من سبع مراحل: من ساليوت(1) إلي ساليوت(7). وأطلقت ساليوت الأولي في 1971/4/19 وكانت كتلة المركبة 186000 كجم. وبعد ثلاثة أيام من انطلاقها أطلقت المركبة الفضائية سيوز العاشرة، وكانت تحمل بداخلها ثلاثة رواد فضاء. واقتربت من ساليوت الأولي، ولكن الرواد لم يدخلوا في ساليوت الأولي، وعادوا راجعين إلي الأرض.

وفي يونيو من نفس العام انطلقت سيوز الحادية عشرة، وتمكن الرواد من دخول ساليوت الأولي، ومكثوا فيها 24 يوماً. وأجروا العديد من التجارب العلمية. ولكن في رحلة العودة إلي الأرض وجد أن الرواد الثلاثة قد فارقوا الحياة.

واستمر برنامج ساليوت حتى عام 1982 حيث اطلقت ساليوت السابعة التي زارها عدد من رواد الفضاء من أقطار مختلفة من بينهم كوبيون وفرنسيون وهنود. ومما يجدر ذكره أن الرواد

الروس مكثوا في المحطة 237 يوماً متصلة؛ وهي أطول مدة للمكث في الفضاء حتى ذلك التاريخ (1982). وفي عام 1991 احترقت ساليوت السابعة وسقطت على الأرض.

3-7-7 المختبر الفضائي (Sky Lab)

هذا برنامج فضاء أمريكي، وهو مطوَّر ومعقد أكثر من برنامج ساليوت الروسي. وأطلق المختبر الفضائي " اسكأي لاب" بواسطة صاروخ زحل الخامس ذي المرحلتين. ويزن المختبر 88900 كجم، ويبلغ حجمه 357 متراً مكعباً. والمختبر يدور حول الأرض، ويقوم بإجراء دراسات فلكية للشمس؛ كما يقوم بدراسات طبية طويلة الأمد. كذلك يراقب المختبر الأرض. ويستطيع القيام ببحوث علمية وتقنية مثل نمو البلورات المعدنية في حالة انعدام الوزن.

تعطل هذا المختبر عام 1973، وقام رواد الفضاء بصيانته في رحلة امتدت 28 يوماً. وخلفهم فريق آخر مكث في المختبر 59 يوماً. ثم فريق آخر مكث 84 يوماً.

ويعتبر برنامج اسكأي لاب قد نجح تماماً في إنجاز المهمات المنوطة به. فقد راقب الشمس بواسطة مناظير لمدة 740 ساعة، والتقط 175000 صورة شمسية أرسلت جميعها إلى المحطة الأرضية. كما ارسل شريطاً مسجلاً عليه معلومات، وبلغ طول الشريط 64 كلم. كذلك ارسل 4600 صورة لسطح الأرض من عل.

وفي 1979/7/11، في دورته رقم 34981 سقط المختبر نحو الأرض، وتوزع حطامه في أستراليا والمحيط الهندي. وقررت أمريكا وكندا واليابان والوكالة الأوربية تصميم محطة فضاء خلفاً للمختبر الفضائي (Sky Lab).

4-7-7 المحطة الفضائية مير (Mir Space Station)

وهي محطة فضائية روسية صممت خلفاً لبرنامج ساليوت. أطلقت المحطة في مدارها حول الأرض في 1986/2/20. وتتكون المحطة من ست غرف، وتدار بواسطة رائدين. وقد زارها رائد فضاء في 1987، ومكث فيها 326 يوماً، وهي أطول مدة مكث في الفضاء حتى ذلك الحين (1987). وفي 1987/4/12 التحمت بها المركبة القمرية كيفانت (Kvant) التي كانت تزن 18000 كجم، وكانت تحمل أربعة مناظير فلكية لأشعة أكس لمراقبة نجم جديد. وفي عام 1987-1988

زار المحطة الأرضية رائد فضاء روسي مكث فيها 349 يوماً، وأرسلت إلي المحطة الأرضية حتى عام 1995 عشرين رحلة من أقمار سيوز (الروسية).

5-7-7 المحطة الفضائية العالمية International Space Station

لقد بدأ التمهيد لهذه المحطة بتعـاون ثنائي بين أمريكا والاتحاد السوفيتي (روسيا حالياً) باتفاق عام 1993، حيث بدأ ماكوك الفضاء الأمريكي يلتحم بسفينة الفضاء الروسية مير (Mir). وتبودلت الزيارات بينهما استعداداً لرحلات فضائية إلي سفينة فضائية كبيرة تطلق في المستقبل. وفي عام 1996، أتفق كل من ناسا والوكالة الأوربية واليابانية والكندية على التعاون فيما بينها لبناء السفينة الفضائية العالمية (International Space Ship) المختصرة بـ (ISS). وهي عبارة عن مجمع بحوث فضائية متعددة الأقطار. واعتبرت سفينة الفضاء الروسية " مير" والماكوك الأمريكي نواة لهذا المشروع الذي كان مخططاً له أن يبدأ في عام 1997. ولكن حدثت مشكلات خطيرة ومتعددة؛ منها حريق محدود، وفقدان لحوالي 50% من مصدر طاقته. كما حدث تصادم بين المحطة ومركبة تموين غير مأهولة. وأرسلت عدة رحلات لتلافي الأضرار الناجمة من ذلك.

وفي يونيو 1998م أرسل الماكوك الفضائي المسمى المستكشف. وكانت تلك آخر رحلة إلي " مير" إن المشكلات التي حدثت في مير، أخرت بداية مشروع محطة الفضاء العالمية (ISS). ولكن في نوفمبر 1998 أطلق (Zarya). وبعد مضى أسبوعين من انطلاق زرايا أطلق الأمريكان الماكوك المسمى (Endeavour) حاملاً جزءاً كبيراً من المحطة، سمى الوحدة (Unity) الذي وصل بالوحدة الروسية زاريا. والوحدة كانت مصممة لتقبل إضافة وحدات لاحقة.

وتصميم محطة الفضاء العالمية يتميز بالآتي:

1. مزودة بمعدات طاقة شمسية تنتج 110 كيلو واط.
2. غرف المختبرات والسكن تكفي لسبع رواد فضاء في نفس الوقت.
3. المحطة مهيأة لمراقبة الأرض، ولإجراء شتى التجارب العلمية.

إن تجميع المحطة في الفضاء يحتاج إلي 50 رحلة فضاء. ومنذ 2000/11/2 عاش الرواد في المحطة لفترات مختلفة. ويتوقع أن تكتمل المحطة بحلول عام 2010. ومساحة المحطة كاملة –

تبلغ 108×74 م^2، وتزن 450 طن؛ وارتفاع مداها عن سطح الأرض 370-460 كلم واعتباراً من 2000/10/31 زارت المحطة (تحت التشييد) حتى أكتوبر 2004 عشر رحلات، اشترك فيها رواد من دول مختلفة. علماً بأن كل رحلة تحمل ثلاثة رواد. وأجريت العديد من التجارب العلمية المفيدة أثناء تلك الرحلات.

8-7 السفر إلي الكواكب:

بعد أن وطئت أقدام الإنسان سطح القمر في مناطق مختلفة، وأحضر من ترابه وصخوره ما زنته 400 كيلو جرام، والتقط نحو 20000 صورة جيدة لمعالم القمر، أخذ يتطلع إلي السفر إلي الكواكب القريبة من الأرض كالمريخ والزهرة. ولكن السفر إلي هذه الكواكب يتطلب مجهوداً أكبر، وتحفه الكثير من المخاطر والمتاعب، ولابد من إعداد العدة لمجابهتها وتخطيها.

والسفن غير المأهولة التي أرسلت إلي المريخ والزهرة والمشترى وزحل تعتبر مقدمات لجمع المعلومات لتكوين فكرة ناضجة عن طبيعة الظروف التي تحيط بهذه الكواكب وتوابعها.

إن الرحلة إلى المريخ تستغرق ذهاباً نحو ثمانية أشهر. أما رحلة الزهرة فأقصر ويمكن إتمام رحلة الذهاب في نحو 110 أيام. ويتوقع أن تستغرق رحلة الذهاب والعودة إلي المريخ والزهرة 16 شهراً و220 يوماً على التوالي، بخلاف المدة إلى يمكن أن يمكثها الرواد على سطح الكوكب. إن هذه مدة طويلة إذا قيست بالرحلة القمرية. وهذا يعنى أن الرواد سيمكثون مدة طويلة في ظروف انعدام الوزن والوحدة.

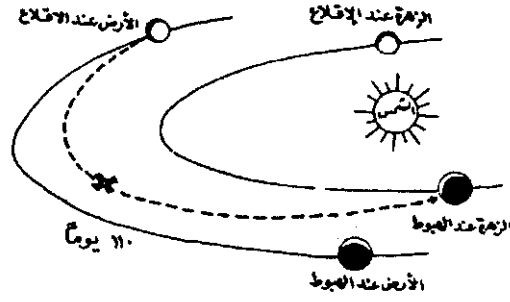
ولعل من أهم الإنجازات التي تحققت في الرحلات الماضية إلي الكواكب هي المقدرة على التحكم في مسار المركبة الفضائية عن بعد رغم أنه تفصل المركبة عن محطة المراقبة الأرضية ملايين الكيلومترات.

وهناك دوافع كثيرة لدراسة المريخ والزهرة. ومن هذه وجود بصيص من الأمل في وجود شكل من صور الحياة عليهما.

وقد جاء ذكر محطات فضائية أكبر حجماً وأكثر تجهيزاً، منها السفينة الروسية "مير". ومحطة الفضاء العالمية اللتان أجريت علي ظهرهما العديد من التجارب العلمية التي ستمهد للسفر إلي

الكواكب الأخرى. وقد كانت أطول مدة مكثها رواد الفضاء على المحطة " مير" 439 يوماً؛ وهذه المدة أقل من رحلة الذهاب والعودة بالنسبة لكوكب المريخ، ولكنها أكبر من رحلة الذهاب والعودة بالنسبة لكوكب الزهرة التي ابلغ 225 يوماً كما ذكر آنفاً. ويتوقع أن يمكث الرواد في محطة الفضاء العالمية مدداً أطول بكثير.

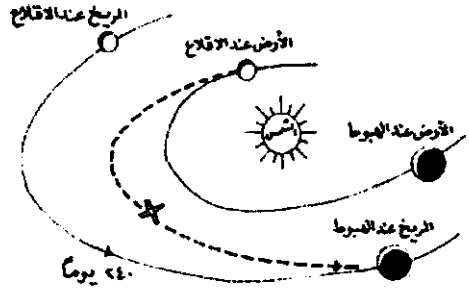
ويوضح الشكل 7-9 طريقة تصويب المركبة نحو كوكب الزهرة



شكل 7-9

ويلاحظ أن المركبة توجه في اتجاه بحيث تكون في بداية الرحلة أمام الكوكب ونسبة لسرعة الكوكب التي تفوق سرعة المركبة فإنهما سيلتقيان بعد نحو مائة وعشرة أيام من انطلاق المركبة.

أما في حالة كوكب المريخ. فإن المركبة تصوب في اتجاه بحيث يكون المريخ أمام المركبة نسبة لأنه يسير في مسار ابعد من مسار المركبة ولذلك فإن المركبة ستلحق به بعد مضى نحو ثمانية أشهر. أنظر الشكل 7-10.



شكل 7-10

ويتوقع أن يستعمل الوقود النووي في مثل هذه الرحلات الطويلة. وستكون هناك محطات فضاء ومختبرات، كما وستكون هناك أيضاً شاحنات تحمل إلي هذه المحطات ما تحتاج إليه من الوقود والطعام والماء وقطع الغيار وغيرها من لوازم البقاء بالفضاء مدة طويلة.

أن تطلع الإنسان الدائم لاكتشاف المجهول تجعله يفكر جدياً في الاتصال بالعوالم الأخرى التي يمكن أن تزخر بحياة أكثر تقدماً. ولذلك فقد صمم بعض الأجهزة التي ترسل إشارات لاسلكية نحو النجوم. ولكن أسرع رد متوقع قد يستغرق ثمانية أعوام لأن أقرب نجم من مجموعتنا الشمسية تفصلنا عنه نحو 4 سنوات ضوئية ولكن العلماء يؤملون أن يكون سكان المجموعات الشمسية الأخرى أرسلوا مثل هذه الإشارات من قبل.

وأختم هذا الفصل باقتباس حديث للعالم المصري فاروق الباز:

((المهم في كل هذا هو أن العلم لم يستطع تفسير الكون وكل ما به من أسرار، فما زال العالم يحبو، ولكن المهم أننا نحاول دائماً أن نتعلم قدر طاقة عقولنا مما خلق الله في السموات والأرض " وفي الأرض آيات للموقنين ". اللهم أجعلنا منهم))

9-7 الأسئلة:

1- ما هو أهم ما قدمه العرب والمسلمون في علم الفلك؟
2- لماذا أنزعج الأمريكان عندما أطلق الروس سفينتهم الفضائية الأولى؟
3- أعط سبباً يوضح لماذا تدور السفينة الفضائية حول الأرض قبل الاتجاه نحو القمر؟
4- إذا كانت عجلة جاذبية الأرض = د. برهن أن سرعة الإفلات من الأرض ع = $\sqrt{2\ د\ ف}$ [حيث ف= المسافة بين مركز الأرض والجسم]
5- أوجد السرعة الحرجة وسرعة الإفلات لكل من كوكبي المريخ والمشترى. (أنظر الجدول 2-1). كتلة الأرض = 6×10^{27} جرام
6- ما هو مبدأ رد الفعل. أعط مثالاً يوضح الفعل ورد الفعل. ما هو الفعل ورد الفعل في الصاروخ؟
7- لماذا يتحرك رجل الفضاء بنفس حركة المركبة عندما يخرج للسير في الفضاء؟
8- فسر لماذا يشعر الإنسان بحالة انعدام الوزن في منطقة لا تساوى فيها جاذبية الأرض صفراً؟
9- أذكر ثلاثاً من التطورات المهمة التي ساعدت على ارتياد الفضاء؟
10- ما هي أهم ثلاث مشكلات يواجهها رائد الفضاء؟
11- ما هي أهداف ارتياد الفضاء؟
12- ما هي الأقمار الصناعية المتوافقة (أو المتزامنة)؟
13- ما هي قيمة مختبر الفضاء (اسكاي لاب)؟
14- ماهي الصعوبات التي تعترض المركبات المأهولة إلى الكواكب؟
15- علل: وزن الأرض عندما تكون سابحة في الفضاء حول الشمس يساوي صفراً. فإذا سقطت على الشمس فهل يكون لها وزن؟
16- أحسب سرعة الإفلات من سطح الشمس علماً بأن نصف قطرها 6.96×10^{8} سم؛ وكتلتها 2×10^{33} جرام، وثابت الجاذبية 6.67×10^{-8}

$$\frac{\text{داين-سم}^2}{\text{جم}^2}$$

17- تبدو الأقمار الصناعية المتزامنة مع حركة الأرض حول محورها ثابتة للناظر إليها من سطح الأرض. علل. هل تبدو كذلك لمن ينظر إليها من كوكب آخر؟

18- عرف المحطة الفضائية؟

أجوبة المسائل

الفصل الأول:

(10) 0.2 (11) 8080 كلم (12) 1.54 سنة (13) 7.4×10^{22} كجم

(16) 3.36×10^{18} $\frac{\text{نيوتن}}{\text{كجم}}$

أو 3.36×1810 $\frac{\text{م}^3}{\text{ث}^2}$

الفصل الثاني:

(7) الكثافة = 9.3×10^{-12} جم/سم^3

الفصل الثالث:

(3) الاختلاف المركزي = 0.22

(14) 17 سنة

الفصل الرابع:

(4) (أ) 6 شهور

(5) (ب) 4.5 شهر

(6) (جـ) يصبح الفصل دائماً

(7) أ- 1.035 م^2

(8) ب= 1.12 م^2

(9) جـ= 1.08م^2

(10) د= 1.41 م^2

(11) هـ=11.49م^2

(18) (أ) 386458 كلم

(ب) 401281 كلم

(22) 1955/6/19 و 1973/6/30 و 1991/7/11

(24) 1970/3/7 و 1991/7/11 و 1977/10/12

(25) 1980/2/16

(29) 10×225^{6}

(30) 23 ساعة والسرعة 1828 كلم/ساعة

(33) السرعة 29.56 كلم/ث

الفصل الخامس:

(1) كتلة الأرض 5.76×10^{24} كجم

(3) الثابت الشمسي على سطح الشمس = 6.6×10^{10} أرج/ سم^{2}/ث

(4) المتبقي من عمر الشمس 80×10^{9} سنة

(5) قطر القمر = 3351 كلم، لا لأنه لا يمكن اعتبار قطر الجسم جزءاً من محيط دائرة.

(8) مجموع الكتلتين 3.2 كتلة شمسية

(9) المدة 3835 عاماً

(11) كتلة الأيدروجين المتحولة إلي طاقة = 8.45×10^{25} طن

(12) (أ) البعد بالبارسك 47.6

(ب) بالوحدة الفلكية 155

(ج) بالكيلومترات 1.47×10^{15}

(13) 0.76 ثانية قوسية

الفصل السابع:

(5) السرعة الحرجة على المشتري 42.2 كلم/ث وسرعة الإفلات 59.7 كلم/ث

السرعة الحرجة على المريخ 3.57 كلم/ث وسرعة الإفلات 5.04 كلم/ث

(15) سرعة الإفلات من الشمس 619 كلم/ث

ملحق (1)

بعض الثوابت والمصطلحات العلمية

(1) سرعة الضوء = 300000 كيلو متر في الثانية

(2) السعر (الحرارى) = 4.18 جول

(3) الأنجستروم = 10^{-8} سم

(4) الميكرون = 10^{-3} ملم

الداين = القوة اللازمة لتغير سرعة كتلة مقدارها جرام واحد بمقدار سنتميتر واحد في الثانية.

(5) النيوتن = 10^{5} داين

(6) قوة حصان واحد = 746 واط

(7) عجلة جاذبية الأرض = 9.81 متر/ثانية^{2}

(8) ثابت الجاذبية = 6.673×10^{-8} داين-سم^{2}/جم^{2}

(9) الجول = 10^{7} أرج

(10) كتلة ذرة الأيدروجين = 1.673×10^{-24} جم

(11) الوحدة الفلكية = 1.496×10^{13} سم

(12) السنة الضوئية = 9.46×10^{17} سم

6.32×10^{4} وحدة فلكية

(13) البارسك = 3.363 سنة ضوئية

(14) كتلة الأرض = $5.977 \times 10 \times 10^{24}$ كيلو جرام

(15) كتلة الشمس = 1.991×10^{30} كيلو جرام

(16) الثابت الشمسي = 1.97 سعر/م^2/دقيقة

(17) الصفر المطلق = 273 درجة مئوية تحت الصفر المئوي.

(18) الأوج = ابعد نقطة من مسار الكوكب من الشمس

(19) الحضيض = أقرب نقطة من مسار الكوكب من الشمس

(20) الأرج الطاقة الناتجة من عمل قوة قدرها داين واحد لمسافة سم واحد

ملحق رقم (2)

بدايات الشهور الهجرية للأعوام 1433-1451هـ

الشهر الهجري	اليوم	الميلادي	الاقتران		وقت الغروب	
			التاريخ	الوقت	الشمس د س	القمر د س
محرم 1433	السبت	11/26	2011/11/25	6 :10	14 :41	17 :52
صفر	الاثنين	12/26	2011/12/24	18 :06	14 :49	17 :36
ربيع أول	الثلاثاء	1/24	2012/1/23	07 :39	15 :08	15 :25
ربيع ثان	الخميس	2/23(*)	2/21	22 :35	15 :25	05:15(*)
جمادي الأول	السبت	3/24(*)	3/22	14 :37	36:15	15 :33(*)
جمادي الاخر	الأحد	4/22	4/21	07 :18	15 :45	15 :59
رجب	الثلاثاء	5/22	5/20	23 :47	15 :57	36:15(*)
شعبان	الخميس	6/21(*)	6/19	15 :02	16 :08	16 :01(*)
رمضان	الجمعة	7/20	7/19	4 :24	16 :08	16 :14
شوال	الأحد	8/19(*)	8/17	15 :54	15 :52	15 :33
ذو العقدة	الاثنين	9/17	9/16	02 :11	15 :26	15 :31
ذو الحجة	الخميس	10/16	10/15	12 :02	00:15	15 :52
محرم 1434	الخميس	11/15	12/11/13	22 :08	14 :43	14 :20(*)
صفر	الجمعة	12/14	12/12/13	08 :42	14 :45	15 :01
ربيع أول	الأحد	1/13	13/1/11	19 :44	01:15	14 :48(*)
ربيع ثان	الاثنين	2/11	2/10	07 :20	15 :20	15 :36
جمادي أول	الأربعاء	3/13	3/11	51:19	32:15	15 :17(*)
جمادي الاخر	الخميس	4/11	4/10	35:09	41:15	15 :51
رجب	السبت	5/11	5/10	29:00	15 :52	16 :21
شعبان	الاثنين	6/10	6/8	15 :56	16 :04	15 :56(*)
رمضان	الثلاثاء	7/9	7/8	07 :14	16 :09	16 :11
شوال	الخميس	8/8	8/6	21 :51	16 :00	15 :32(*)
ذو القعدة	السبت	9/7	9/5	11 :36	15 :36	26:15(*)
ذو الحجة	الأحد	10/6	10/5	00 :35	15 :08	15 :23

(2012-2030م) بالتوقيت العالمي لمكة المكرمة

ملحوظة:-

1/ معيار تحديد أوائل الشهور الهجرية

(أ) أن يحدث الاقتران قبل غروب الشمس

(ب) أن يحدث غروب القمر بعد غروب الشمس

2/ الوقت: التوقيت العالمي – لمكة المكرمة.

(*) حدث غروب القمر قبل غروب الشمس.

الشهر الهجري	اليوم	الميلادي	الاقتران		وقت الغروب	
			التاريخ	الوقت	الشمس د س	القمر د س
محرم 1435	الاثنين	11/4	11/3	12 :50	14 :47	14 :48
صفر	الثلاثاء	12/4	12/3	22:00	14 :42	15 :20
ربيع أول	الخميس	1/2	2014/1/1	14:11	14 :54	15 :06
ربيع ثان	السبت	2/1	1/30	21 :39	15 :13	14 :53(*)
جمادي الأولى	الأحد	3/2	3/1	00:08	15 :28	43:15
جمادي الآخرة	الثلاثاء	4/1	3/30	18 :45	15 :38	15 :26(*)
رجب	الأربعاء	4/30	4/29	06 :14	15 :48	16 :06
شعبان	الجمعة	5/30	5/28	18 :40	16 :00	46:15(*)
رمضان	السبت	6/28	6/27	08 :09	16 :09	16 :11
شوال	الاثنين	7/28	7/26	22 :42	16 :05	15 :36(*)
ذو القعدة	الأربعاء	8/27	8/25	14 :13	15 :46	15 :33(*)
ذو الحجة	الخميس	9/25	9/24	14:06	15 :19	15 :24
محرم 1436	السبت	10/25	10/23	21 :57	14 :54	14 :40(*)
صفر	الأحد	11/23	11/22	12 :32	14 :42	14 :51
ربيع أول	الثلاثاء	12/23	12/22	01 :36	14 :48	15 :25
ربيع ثان	الأربعاء	1/21	15/1/20	14:13	15 :07	15 :11
جمادي الأولى	الجمعة	2/20	2/18	23 :47	15 :23	14 :57(*)
جمادي الآخرة	السبت	3/21	3/20	09 :36	15 :35	15 :46
رجب	الأثنين	4/20	4/18	18 :57	15 :44	15 :31(*)
شعبان	الثلاثاء	5/19	5/18	04 :13	15 :56	16 :17
رمضان	الخميس	6/18	6/16	14 :05	16 :07	15 :58(*)
شوال	الجمعة	7/17	7/16	01 :24	16 :08	16 :21
ذو القعدة	الأحد	8/16	8/14	14 :54	15 :55	15 :43(*)
ذو الحجة	الاثنين	9/14	9/13	41:06	15 :29	15 :36

(*) غروب القمر سابق لغروب الشمس.

الشهر الهجري	اليوم	الميلادي	الاقتران		وقت الغروب	
			التاريخ	الوقت	الشمس	القمر
محرم 1437	الأربعاء	10/14	10/13	00 :06	15 :02	15 :27
صفر	الجمعة	11/13	11/11	17 :47	14 :44	45:14
ربيع أول	السبت	12/12	12/11	10 :29	14 :44	14 :59
ربيع ثان	الاثنين	1/11	2016/1/10	01 :30	15 :00	15 :32
جمادي أولى	الأربعاء	2/10	2/8	14 :39	15 :18	15 :16(*)
جمادي آخرة	الخميس	3/10	3/9	01 :54	15 :32	16 :03
رجب	الجمعة	4/8	4/7	11 :24	15 :41	15 :48
شعبان	الأحد	5/8	5/6	19 :30	15 :51	15 :35(*)
رمضان	الاثنين	6/6	6/5	03 :00	16 :03	16 :26
شوال	الأربعاء	7/6	7/4	13 :01	16 :10	16 :07(*)
ذو القعدة	الخميس	8/4	8/2	20 :45	16 :02	15 :40(*)
ذو الحجة	الجمعة	9/2	9/1	09 :03	15 :40	15 :46
محرم 1438	الأحد	10/2	10/1	00 :12	15 :12	15 :38
صفر	الاثنين	10/31	10/30	10 :38	14 :49	14 :53
ربيع أول	الأربعاء	10/30	11/29	18:12	14 :41	14 :54
ربيع ثان	الجمعة	12/30	12/29	06 :53	15 :52	15 :11(*)
جمادي أولى	الأحد	1/29	2017/1/28	00 :07	15 :12	15 :43
جمادي أخرة	الثلاثاء	2/28	2/26	14 :58	15 :27	15 :24(*)
رجب	الأربعاء	3/29	3/28	02 :57	15 :37	16 :05
شعبان	الخميس	4/27	4/26	12 :16	15 :47	15 :51
رمضان	السبت	5/27	5/25	19 :44	15 :59	15 :39(*)
شوال	الأحد	6/25	6/24	02 :31	16 :09	16 :31
ذو القعدة	الاثنين	7/24	7/23	09 :46	16 :06	16 :11
ذو الحجة	الأربعاء	8/23	8/21	18 :30	15 :49	15 :41(*)

(*) غروب القمر سابق لغروب الشمس.

الشهر الهجري	اليوم	الميلادي	الاقتران		وقت الغروب	
			التاريخ	الوقت	الشمس	القمر
محرم 1439	الخميس	9/21	9/20	05 :30	15 :22	15 :44
صفر	السبت	10/21	10/19	19 :12	14 :57	14 :59
ربيع أول	الأحد	11/19	11/18	11 :42	14 :42	14 :56
ربيع ثان	الثلاثاء	12/19	12/18	06 :31	14 :46	15 :05
جمادي أولى	الخميس	1/18	2018/1/17	02 :17	15 :05	15 :28
جمادي آخرة	السبت	2/17	2/15	21 :05	15 :22	15 :06(*)
رجب	الأحد	3/18	3/17	13ة :12	15 :34	15 :36
شعبان	الثلاثاء	4/17	4/16	01 :57	15 :43	16 :12
رمضان	الأربعاء	5/16	5/15	11 :48	15ة :54	15 :57
شوال	الجمعة	6/15	6/13	19 :43	16 :06	15 :45
ذو القعدة	السبت	7/14	7/13	02 :48	16 :09	16 :34
ذو الحجة	الأحد	8/12	8/11	09 :58	15 :57	16 :09
محرم 1440	الثلاثاء	9/11	9/9	18 :01	15 :53	15 :34(*)
صفر	الأربعاء	10/10	10/9	03 :47	15 :05	15 :36
ربيع أول	الجمعة	11/9	11/7	16 :02	14 :46	14 :53
ربيع ثان	السبت	12/8	12/7	07 :20	14 :43	15 :00
جمادي أول	الاثنين	1/7	2019/1/6	01 :28	14 :57	15 :22
جمادي آخرة	الأربعاء	2/6	2/4	21 :04	15 :16	14 :59
رجب	الجمعة	3/8	3/6	16 :04	15 :30	15 :25(*)
شعبان	السبت	4/6	4/5	08 :50	15 :40	15 51
رمضان	الاثنين	5/6	5/4	22 :45	15 :50	15 :28(*)
شوال	الثلاثاء	6/4	6/3	10 :02	16 :02	16 :09
ذو القعدة	الخميس	7/4	7/2	19 :16	16 :10	15 :55(*)
ذو الحجة	الجمعة	8/2	8/1	03 :12	16 :03	16 :33

(*) غروب القمر سابق لغروب الشمس.

الشهر الهجري	اليوم	الميلادي	الاقتران		وقت الغروب	
			التاريخ	الوقت	الشمس	القمر
محرم 1441	الأحد	8/31	8/30	10 :37	15 :42	16 :00
صفر	الاثنين	9/30	9/28	18 :26	15 :15	15 :20
ربيع أول	الثلاثاء	10/29	10/28	03 :38	14 :51	15 :21
ربيع ثان	الخميس	11/28	11/26	15 :06	14 :41	14 :43
جمادي أول	الجمعة	12/27	12/26	05 :13	14 :50	15 :08
جمادي آخرة	الأحد	1/26	2020/1/24	21 :42	15 :09	14 :48(*)
رجب	الثلاثاء	2/25	2/23	15 :32	15 :26	15 :21(*)
شعبان	الأربعاء	3/25	3/24	09 :28	15 :36	15 :46
رمضان	الجمعة	4/24	4/23	02 :26	15 :46	16 :09
شوال	الأحد	5/24	5/22	17 :39	15 :58	15 :47
ذو القعدة	الاثنين	6/22	6/21	06 :41	16 :08	16 :26
ذو الحجة	الأربعاء	7/22	7/20	17 :33	16 :07	16 :06(*)
محرم 1442	الخميس	8/20	8/19	02 :41	15 :51	16 :26
صفر	الجمعة	8/18	9/17	11:00	15:25	15:44
ربيع أول	الأحد	10/18	10/16	19:31	15:59	14:59(*)
ربيع ثان	الاثنين	11/16	11/15	05 :07	14 :43	15 :05
جمادي أول	الأربعاء	12/16	12/14	16 :17	14 :45	14 :36
جمادي آخرة	الخميس	1/14	2021/1/13	05 :00	15 :02	15 :20
رجب	السبت	2/13	2/11	19 :06	15 :20	15 :06
شعبان	الأحد	3/14	3/13	10 :21	15 :33	15 :41
رمضان	الثلاثاء	4/13	4/12	02 :31	15 :42	16 :05
شوال	الخميس	5/13	5/11	19 :00	15 :53	15 :41
ذو القعدة	الجمعة	6/11	6/10	10 :53	16 :05	16 :13
ذو الحجة	الأحد	7/11	7/10	01 :17	16 :09	16 :44

الشهر الهجري	اليوم	الميلادي	الاقتران		وقت الغروب	
			التاريخ	الوقت	الشمس	القمر
محرم 1443	الاثنين	8/9	8/8	13 :50	15 :59	16 :12
صفر	الأربعاء	9/8	9/7	00 :52	15 :34	16 :10
ربيع أول	الخميس	10/7	10/6	11 :05	15 :07	15 :22
ربيع ثان	السبت	11/6	11/4	21 :15	14 :47	14 :35(*)

جمادي أول	الأحد	12/5	12/4	07 :43	14 :42	14 :51
جمادي آخرة	الثلاثاء	1/4	2022/1/2	18 :33	14 :55	14 :34(*)
رجب	الأربعاء	2/2	2/1	05 :46	15 :14	15 :33
شعبان	الجمعة	3/4	3/2	17 :35	15 :29	15 :20(*)
رمضان	السبت	4/2	4/1	06 :24	15 :39	15 :55
شوال	الاثنين	5/2	4/30	20 :28	15 :48	15 :34(*)
ذو القعدة	الثلاثاء	5/31	5/30	11 :30	16 :01	16 :08
ذو الحجة	الخميس	6/30	6/29	02 :52	16 :09	16 :41
محرم 1444	السبت	7/30	7/28	17 :55	16 :04	16 :11
صفر	الأحد	8/28	8/27	06 :17	15 :45	16 :06
ربيع أول	الثلاثاء	9/27	9/25	21 :54	15 :18	15 :14(*)
ربيع ثان	الأربعاء	10/26	10/25	10 :49	14 :53	14 :58
جمادي أول	الجمعة	11/25	11/23	22 :57	14 :41	14 :15(*)
جمادي آخرة	الأحد	12/25	12/23	10 :17	14 :49	14 :49(×)
رجب	الاثنين	1/23	23/1/21	20 :53	15 :07	14 :41(×)
شعبان	الثلاثاء	2/21	2/20	07 :06	15 :24	15 :42
رمضان	الخميس	3/23	3/21	17 :23	15 :35	15 :27(*)
شوال	الجمعة	4/21	4/20	04 :12	15 :45	16 :08
ذو القعدة	الأحد	5/21	5/19	15 :53	15 :56	15 :53(*)
ذو الحجة	الاثنين	6/19	6/18	04 :37	16 :07	16 :37

(×) غروب الشمس وغروب القمر حدثا في نفس اللحظة.

(*) غروب القمر سابق لغروب الشمس.

الشهر الهجري	اليوم	الميلادي	الاقتران		رقت الغروب	
			التاريخ	الوقت	الشمس	القمر
محرم 1445	الأربعاء	7/19	7/17	18 :32	16 :08	16 :13
صفر	الخميس	8/17	8/16	09 :38	15 :53	16 :12
ربيع أول	السبت	9/16	9/15	01 :40	15 :27	15 :50

ربيع ثان	الاثنين	10/16	10/14	17 :55	15 :00	14 :54(*)
جمادي أول	الأربعاء	11/15	11/13	09 :27	14 :43	14 :42(*)
جمادي آخرة	الخميس	12/14	12/12	23 :32	14 :44	14 :09(*)
رجب	السبت	1/13	24/1/11	11 :57	15 :00	14 :58(*)
شعبان	الأحد	2/11	2/9	22 :59	15 :19	14 :51(*)
رمضان	الاثنين	3/11	3/10	09 :00	15 :32	15 :45
شوال	الأربعاء	4/10	4/8	18 :21	15 :41	15 :29(*)
ذو القعدة	الخميس	5/9	5/8	03 :22	15 :52	16 :23
ذو الحجة	الجمعة	6/7	6/6	12 :38	16 :04	16 :15
محرم 1446	الأحد	7/7	7/5	22 :57	16 :10	16 :02(*)
صفر	الاثنين	8/5	8/4	11 :13	16 :01	16 :17
ربيع أول	الأربعاء	9/4	9/3	01 :55	15 :38	15 :59
ربيع ثان	الجمعة	10/4	10/2	18 :49	15 :11	15 :01(*)
جمادي أول	الأحد	11/3	11/1	12 :47	14 :48	14 :38(*)
جمادي آخرة	الثلاثاء	12/3	12/1	06 :21	14 :42	14 :42(×)
رجب	الأربعاء	1/1	12/30	22 :27	14 :53	14 :22(*)
شعبان	الجمعة	1/31	25/1/29	12 :36	15 :13	15 :13(×)
رمضان	السبت	3/1	2/28	00 :45	15 :28	16 :01
شوال	الأحد	3/30	3/29	10 :58	15 :38	15 :45
ذو القعدة	الثلاثاء	4/29	4/27	19 :31	15 :47	15 :33(*)
ذو الحجة	الأربعاء	5/28	5/27	03 :02	16 :00	16 :38

(×) غروب القمر سابق لغروب الشمس

(*)غروب القمر متزامن مع غروب الشمس

الشهر الهجري	اليوم	الميلادي	الاقتران		وقت الغروب	
			التاريخ	الوقت	الشمس	القمر
محرم 1447	الخميس	6/26	6/25	10 :31	16 :09	16 :29(×)
صفر	السبت	7/26	7/24	19 :11	16 :06	16 :06
ربيع أول	الأحد	8/24	8/23	06 :06	15 :48	16 :03

ربيع ثاني	الثلاثاء	9/23	9/21	19 :54	15 :21	15 :08(*)
جمادي أول	الخميس	10/23	10/21	12 :25	14 :55	14 :44(*)
جمادي آخرة	السبت	11/22	11/20	06 :47	14 :42	14 :38(*)
رجب	الأحد	12/21	12/20	01 :43	14 :47	15 :02
شعبان	الثلاثاء	1/20	2026/1/18	19 :52	15 :05	14 :47(*)
رمضان	الأربعاء	2/18	2/17	12 :01	15 :23	15 :27
شوال	الجمعة	3/20	3/19	01 :23	15 :35	16 :04
ذو القعدة	السبت	4/18	4/17	11 :52	15 :44	15 :50
ذو الحجة	الاثنين	5/18	5/16	20 :01	15 :55	15 :42(*)
محرم 1448	الثلاثاء	6/16	26/6/15	02 :54	16 :07	16 :47
صفر	الأربعاء	7/15	7/14	09 :43	16 :09	16 :27
ربيع أول	الجمعة	8/14	8/12	17 :37	15 :56	15 :51(*)
ربيع ثاني	السبت	9/12	9/11	03 :27	15 :31	15 :40
جمادي أول	الاثنين	10/12	10/10	15 :50	15 :04	14 :47(*)
جمادي آخرة	الأربعاء	11/11	11/9	07 :02	14 :45	14 :39(*)
رجب	الخميس	12/10	12/9	00 :52	14 :43	14 :57
شعبان	السبت	1/9	2027/1/7	20 :24	14 :58	14 :37(*)
رمضان	الاثنين	2/8	2/6	15 :56	15 :17	15 :11(*)
شوال	الثلاثاء	3/9	3/8	09 :29	15 :31	15 :39
ذو القعدة	الخميس	4/8	4/6	23 :51	15 :40	15 :17(*)
ذو الحجة	الجمعة	5/7	5/6	10 :58	15 :51	16 :01

(*) غروب القمر سابق لغروب الشمس

(×) غروب القمر والشمس متزامنان.

الشهر الهجري	اليوم	الميلادي	الاقتران		وقت الغروب	
			التاريخ	الوقت	الشمس	القمر
محرم 1449	الأحد	6/6	27/6/4	19 :40	16 :03	15 :54(*)
صفر	الاثنين	7/5	7/4	03 :02	16 :10	16 :42

ربيع أول	الثلاثاء	8/3	8/2	10 :05	16 :02	16 :10
ربيع ثاني	الخميس	9/2	8/31	17 :41	15 :41	15 :26(*)
جمادي أول	الجمعة	10/1	9/30	02 :36	15 :13	15 :17
جمادي آخرة	الأحد	10/31	10/29	13 :36	14 :50	14 :33(*)
رجب	الثلاثاء	11/30	11/29	03 :24	14 :41	14 :50
شعبان	الأربعاء	12/29	12/27	20 :12	14 :51	14 :30(*)
رمضان	الجمعة	1/28	2028/1/26	15 :12	15 :10	15 :06(*)
شوال	السبت	2/26	2/25	10 :37	15 :27	15 :32
ذو القعدة	الاثنين	3/27	3/26	04 :31	15 :37	15 :55
ذو الحجة	الأربعاء	4/26	4/24	19 :47	15 :46	15 :34(*)
محرم 1450	الخميس	5/25	28/5/24	08 :16	15 :59	16 :17
صفر	السبت	6/24	6/22	18 :27	16 :08	16 :02(*)
ربيع أول	الأحد	7/23	7/22	03 :02	16 :07	16 :27
ربيع ثاني	الثلاثاء	8/22	8/20	10 :44	15 :50	15 :46(*)
جمادي أول	الأربعاء	9/20	9/18	18 :24	15 :24	15 :00(*)
جمادي آخرة	الخميس	10/19	10/18	02 :57	14 :57	15 :01
رجب	السبت	11/18	11/16	13 :18	14 :42	14 :30(*)
شعبان	الأحد	12/17	12/16	02 :06	14 :46	15 :09
رمضان	الثلاثاء	1/16	2029/1/14	17 :24	15 :03	14 :54(*)
شوال	الأربعاء	2/14	2/13	10 :31	15 :21	15 :28
ذو القعدة	الجمعة	3/16	3/15	04 :19	15 :34	15 :51
ذو الحجة	الأحد	4/15	4/13	21 :40	15 :42	15 :26(*)

(*) غروب القمر سابق لغروب الشمس

الشهر الهجري	اليوم	الميلادي	الاقتران		وقت الغروب	
			التاريخ	الوقت	الشمس	القمر
محرم 1451	الاثنين	5/14	5/13	13:42	15:54	15:56
صفر	الأربعاء	6/13	6/12	03:51	16:06	16:30

ربيع أول	الجمعة	7/13	7/11	15:51	16:09	16:02(*)
ربيع ثاني	السبت	8/11	8/10	01:56	15:57	16:07
جمادي أول	الاثنين	9/10	9/8	10:44	15:33	15:23(*)
جمادي آخرة	الثلاثاء	10/9	10/7	19:14(*)	15:06	14:39(*)
رجب	الأربعاء	11/7	11/6	04:24	14:46	14:55
شعبان	الجمعة	12/7	12/5	14:52	14:42	14:34(*)
رمضان	السبت	1/5	2030/1/4	02:49	14:56	15:25
شوال	الاثنين	2/4	2/2	16:07	15:15	15:10(*)
ذو القعدة	الثلاثاء	3/5	3/4	06:35	15:30	15:44
ذو الحجة	الخميس	4/4	4/2	22:02	15:39	15:21(*)
محرم 1452	السبت	5/4	5/2	14:12	15:49	15:49(×)
صفر	الأحد	6/2	6/1	06:21	16:02	16:18
ربيع أول	الثلاثاء	7/2	6/30	21:34	16:09	15:50(*)
ربيع ثاني	الخميس	*8/1	7/30	11:11	16:04	15:56(*)
جمادي أول	الجمعة	8/30	8/28	23:07	15:44	15:12(*)
جمادي آخرة	الأحد	9/29	9/27	09:55	15:16	15:07(*)
رجب	الاثنين	10/28	10/26	20:17	14:52	14:27(*)
شعبان	الثلاثاء	11/26	11/25	06:46	14:41	14:56
رمضان	الخميس	12/26	30/12/24	17:32	14:49	14:41(*)

(*) غروب القمر سابق لغروب الشمس

(×) غروب الشمس وغروب القمر متزامنان

ملحق رقم (3)

وقت غروب الشمس والقمر عند الاقتران لمدينة الخرطوم بالتوقيت العالمي للأعوام

(1433-1451هـ) – (2012م-2030م)

تاريخ الاقتران	وقت غروب الشمس		تاريخ الاقتران	وقت غروب الشمس		تاريخ الاقتران	وقت غروب الشمس	
	الشمس	القمر		الشمس	القمر		الشمس	القمر
1433هـ	د س	د س	1434هـ	د س	د س	1435هـ	د س	د س
2011/11/25	15:19	15:36	11/13	15:20	14:58(*)	11/3	15:22	15:24
12/24	15:29	15:19(*)	12/13	15:24	15:41	12/3	15:21	15:59
12/1/23	15:46	16:01	2013/1/11	15:39	15:26(*)	2014/1/1	15:33	15:44
2/21	15:58	(*)15:37	2/10	15:54	16:09	1/30	15:49	15:29(*)
3/22	16:03	15:59 (*)	3/11	16:02	15:46(*)	3/1	16:00	16:13
4/21	16:07	16:20	4/10	16:06	16:14	3/30	16:04	15:52(*)
5/20	16:15	15:55(*)	5/10	16:12	16:40	4/29	16:09	16:27
6/19	16:24	16:20(*)	6/8	16:21	16:15(*)	5/28	16:17	16:06(*)
7/19	16:25	16:35	7/8	16:26	16:31	6/27	16:25	16:30
8/17	16:14	15:58(*)	8/6	16:20	15:54(*)	7/26	16:24	15:58(*)
9/16	15:53	16:03	9/5	16:01	15:54(*)	8/25	16:09	15:59(*)
10/15	15:32	15:27(*)	10/5	15:38	15:57	9/24	15:47	15:54

(*) غروب القمر سابق لغروب الشمس.

يقرأ هذا الجدول مع الجدول بالملحق رقم (2) فيما يخص وقت الاقتران.

وقت غروب الشمس		تاريخ الاقتران	وقت غروب الشمس		تاريخ الاقتران	وقت غروب الشمس		تاريخ الاقتران
القمر	الشمس		القمر	الشمس		القمر	الشمس	
د س	د م	1438هـ	د س	د م	1437هـ	د س	د م	1436هـ
16:09	15:43	10/1	15:59	15:33	10/13	15:14(*)	15:27	10/23
15:26	15:24	10/30	15:21	15:20	11/11	15:28	15:19	11/22
15:31	15:20	11/29	15:37	15:23	12/11	16:04	15:28	12/22
15:50	15:32	12/29	16:10	15:38	16/1/10	15:47	15:44	15/1/20
16:19	15:49	17/1/28	15:51(*)	15:53	2/8	15:31(*)	15:57	2/18
15:57(*)	15:59	2/26	16:32	16:01	3/9	16:14	16:03	3/20
16:33	16:04	3/28	16:14	16:05	4/7	15:56(*)	16:07	4/18
16:15	16:08	4/26	15:58	16:11	5/6	16:38	16:14	5/18
16:00(*)	16:16	5/25	16:46	16:20	6/5	16:18(*)	16:23	6/16
16:51	16:25	6/24	16:27	16:26	7/4	16:42	16:26	7/16
16:31	16:24	7/23	16:01(*)	16:21	8/2	16:06(*)	16:16	8/14
16:03(*)	16:11	8/21	16:11	16:04	9/1	16:04	15:55	9/13

(*) غروب القمر سابق لغروب الشمس

وقت غروب الشمس		تاريخ الاقتران	وقت غروب الشمس		تاريخ الاقتران	وقت غروب الشمس		تاريخ الاقتران
القمر	الشمس		القمر	الشمس		القمر	الشمس	
د س	د س	1441هـ	د س	د س	1440هـ	د س	د س	1439هـ
16:24	16:06	19/8/30	15:59	15:58	2018/9/9	16:12	15:50	2017/9/20
15:47	15:44	9/28	16:06	15:36	10/9	15:30	15:29	10/19
15:56	15:25	10/28	15:27	15:21	11/7	15:32	15:19	11/18
15:21	15:19	11/26	15:39	15:22	12/7	15:44	15:26	12/18
15:49	15:30	12/26	16:02	15:36	2019/1/6	16:06	15:43	2018/1/17
15:28(*)	15:46	/1/24 2020	15:59(*)	16:01	3/6	15:42 (*)	15:56	2/15
15:57(*)	15:58	2/23	16:18	16:5	4/5	16:07	16:02	3/17
16:15	16:03	3/24	15:52 (*)	16:10	5/4	16:37	16:06	4/16
16:32	16:08	4/23	16:28	16:19	6/3	16:19	16:13	5/15
16:07(*)	16:15	5/22	16:13(*)	16:26	7/2	16:05 (*)	16:22	6/13
16:43	16:24	6/21	16:53	16:22	8/1	16:54	16:26	7/13
16:24(*)	16:25	7/20				16:31	16:17	8/11

(*) غروب القمر سابق لغروب الشمس

وقت غروب الشمس والقمر عند الاقتران لمدينة الخرطوم بالتوقيت العالمية للأعوام 1433-1451هـ (2012-2030م)

تاريخ الاقتران	وقت غروب الشمس		تاريخ الاقتران	وقت غروب الشمس		تاريخ الاقتران	وقت غروب الشمس	
	الشمس	القمر		الشمس	القمر		الشمس	القمر
1442هـ	د س	د س	1443هـ	د س	د س	1444هـ	د س	د س
8/19	16:13	16:48	8/8	16:19	16:31	7/28	16:23	16:28
9/17	15:52	16:10	9/7	16:00	16:35	8/27	16:08	16:29
10/16	15:31	15:30(*)	10/6	15:38	15:52	9/25	15:46	15:41(*)
11/15	15:20	15:43	11/4	15:22	15:10(*)	10/25	15:26	15:33
12/14	15:24	15:17(*)	12/4	15:21	15:33	11/23	15:19	14:55(*)
2021/1/13	15:41	16:01	22/1/2	15:34	15:18(*)	12/23	15:28	15:32
2/13	15:55	15:44(*)	6/29	16:26	15:56(*)	2/20	15:57	16:18
3/13	16:02	16:13	2/1	15:50	16:13	1/21	15:45	15:24(*)
4/12	16:06	16:30	3/2	16:00	15:56(*)	3/21	16:03	15:57
5/11	16:12	16:02	4/1	16:04	16:23	4/20	16:07	16:31
16/10	16:21	16:30	4/30	16:09	15:56(*)	5/19	16:14	16:11(*)
7/10	16:26	17:00	5/30	16:18	16:25	6/18	16:24	16:51

(*)غروب القمر سابق لغروب الشمس.

يقرأ الجدول هذا مع الجدول بالملحق رقم (2) فيما يخص وقت الاقتران.

تاريخ الاقتران	وقت غروب الشمس		تاريخ الاقتران	وقت غروب الشمس		تاريخ الاقتران	وقت غروب الشمس	
	الشمس	القمر		الشمس	القمر		الشمس	القمر
1445هـ	د س	د س	1446هـ	د س	د س	1447هـ	د س	د س
7/17	16:26	16:28	7/5	16:26	16:16 (*)	6/25	16:25	16:43
8/16	16:15	16:33	8/4	16:20	16:35	7/24	16:24	16:22(*)
9/15	15:54	16:18	9/3	16:02	16:25	8/23	16:10	16:27
10/14	15:33	15:26(*)	10/2	15:40	15:31(*)	9/21	15:49	15:36(*)
11/13	15:20	15:21	11/1	15:23	15:06 (*)	10/21	15:28	15:20(*)
12/12	15:23	14:52(*)	12/1	15:20	15:25	11/20	15:19	15:20
2024/1/11	15:39	15:41	12/30	15:32	15:06 (*)	12/20	15:27	15:46
2/9	15:54	15:31(*)	25/1/29	15:49	15:53	26/1/18	15:43	15:28(*)
3/10	16:02	16:16	2/28	16:00	16:23	2/17	15:57	16:01
4/8	16:05	15:55(*)	3/29	16:04	16:12	3/19	16:03	16:31
5/8	16:11	16:40	4/27	16:09	15:54 (*)	4/17	16:07	16:11
6/6	16:20	16:29	5/27	16:17	16:53	5/16	16:13	15:59(*)

(*)غروب القمر سابق لغروب الشمس.

تاريخ الاقتران	وقت غروب الشمس		تاريخ الاقتران	وقت غروب الشمس		تاريخ الاقتران	وقت غروب الشمس	
	الشمس	القمر		الشمس	القمر		الشمس	القمر
1448هـ	د س	د س	1449هـ	د س	د س	1450هـ	د س	د س
6/15	16:23	17:01	6/4	16:20	16:09 (*)	5/24	16:16	16:33
7/14	16:26	16:44	7/4	16:26	16:59	6/22	16:25	16:18 (*)
8/12	16:17	16:12 (*)	8/2	16:22	16:31	7/22	16:25	16:47
9/11	15:57	16:09	8/31	16:05	15:52(*)	8/20	16:12	16:11 (*)
10/10	15:35	15:21 (*)	9/30	15:42	15:11(*)	9/18	15:51	15:30 (*)
11/9	15:21	15:20 (*)	10/29	15:25	15:11(*)	10/18	15:30	15:39
12/9	15:22	15:40	11/28	15:20	15:32	11/16	15:19	15:10 (*)
27/1/7	15:37	15:20 (*)	12/27	15:30	15:13(*)	12/16	15:25	15:51
2/6	15:53	15:48 (*)	1/26	15:47	15:44	29/1/14	15:11	15:33 (*)
3/8	16:01	16:09	2/25	15:59	16:04	2/13	15:55	16:01
4/6	16:05	15:41 (*)	3/26	16:04	16:20	3/15	16:02	16:18
5/6	16:11	16:19	4/24	16:08	15:54(*)	4/13	16:05	15:49 (*)

(*) غروب القمر سابق لغروب الشمس

تاريخ الاقتران	وقت غروب الشمس		تاريخ الاقتران	وقت غروب الشمس		تاريخ الاقتران	وقت غروب الشمس	
	الشمس	القمر		الشمس	القمر		الشمس	القمر
1451هـ	د س	د س	1452هـ					
5/13	16:13	16:14	5/2	16:10	16:09(*)			
6/12	16:22	16:46	6/1	16:19	16:35			
7/11	16:26	16:20(*)	6/30	16:26	16:08(*)			
8/10	16:18	16:32	7/30	16:23	16:19(*)			
9/8	15:59	15:52(*)	8/28	16:07	15:38(*)			
10/7	15:37	15:12(*)	9/27	15:44	15:39(*)			
11/6	15:21	15:35	10/26	15:26	15:03 (*)			
12/5	15:21	15:16(*)	11/25	15:19	15:36			
30/1/4	15:35	16:04	/12/24 30	15:29	15:21(*)			
2/2	15:51	15:46(*)						
3/4	16:00	16:13						
4/2	16:04	15:46(*)						

8- المراجع

أولاً: المراجع العربية:

أ/ الكتب:

1- آرثر، كلارك. الإنسان والفضاء. بيروت: لايف، المكتبة العلمية، 1972.

2- أرون، س.ب. الفلك في المعسكرات. القاهرة: دار المعارف، 1947م

3- براناي، فرانكلين. كيف ترقب السماء. نيويورك: مؤسسة فرانكلين للطباعة والنشر، 1963م.

4- زكي، أحمد. مع الله في السماء. القاهرة: دار الهلال بدون تاريخ.

5- المبارك، راشد. هذا الكون ماذا تعرف عنه. دمشق، دار القلم. 1426هـ (2005م)

6- كعورة، الأمين محمد أحمد. مبادئ الكونيات. الخرطوم، دار التأليف والترجمة والنشر، 1973م.

7- هاينك، ألن. أسرار الكون. نيويورك: رابطة معلمي العلوم القومية، 1962م.

8- وايت، آن ترى. كل شئ عن النجوم، طبعة ثالثة. نيويورك، مؤسسة فرانكلين للطباعة والنشر، 1969م.

ب/ المجلات:

1- الباز، فاروق " النتائج العلمية لرحلات أبولو القمرية. الوعي الإسلامي، العدد الأول (يناير 1976)، 83-90.

2- اسكوت، دافيد. " كيف سرنا على القمر ". العربي العدد 204، (نوفمبر، 1975)، 112-117.

3- شعبان، سعد مختبر الفضاء أسكاى لاب " العربي العدد 185 (أبريل، 1974)، 38-41.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

أ/ الكتب

1- Abell, George. Exploration of the Universe. 2nd. ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1969.
2- Baker, Fredric. Astronomy. 10.New York.D.Va Nostrand,1976
3- Krogdah1, S. Wasley. Astronomical Universe. 2nd. ed. New York The Macmillan Co., 1952.
4- Page, Lou Williams. Dipper Full of Stars. Chicago b:Follet Publishing Co., 1961
5- Ryan, Peter. The Invasion of the Moon 1969. Middlesex: Penguin Books, 1969.
6- Saunders, H. N. The Teaching of General Science in Tropical Schools. London: Oxford University Press, 1965.
7- Seeds, Michael A. Foundation of Astronomy. 3rd.ed. Belmont. Words worth company.1992
8- The Astronomy and Astrophysics Encyclopedia. Edited by Stephen P. Maran. NewYork. Nostrand Reinhold.1991.
9- News week, (April 1970, 31-37. The Saga of Apollo 12.
10- News week, (Dec, 1969,) Appolo 12 Exploring the Moon

U.S.

1- Information Office..Three Days on the Moon.
2-Newsweek (December, 1968). To the Moon and Back Again.
3-Newsweek, (Jan., 1969), 8 - 18. 9 Miles to the Moon" Newsweek. (June, 1969), 18 - 21. "The Moon Age Dawn.
4- Newsweek, (July" 1969.) 26 - 42. The Moon: A New World. "
5- Times, (July, 1869). 22 - 36. Mission to the Moon. "
6- Newsweek, (July. 1969), 46 - 51. Apollo 12."
7- Newsweek, (Nov. 1969), 46 - 54. Apollo 12 Exploring the Moo.1...
8- The Astronomy and Astrophysics Encyclopedia. Edit by Stephen P. Maran. New York Nostrand Reihold.1991
9- Newsweek, (April 1970), 31 - 37.

ثالثاً: الشبكة العالمية (الإنترنت).

بروفسيور/ محجوب محمد الحسين

* بكالريوس علوم (تخصص فيزياء) ١٩٦١ من الجامعة الأمريكية بيروت. ماجستير اداب في التربية من نفس الجامعة ١٩٧١م

المواقع الادارية:

* رئيس شعبة العلوم بمعهد التربية بخت الرضا ١٩٦٢-١٩٧٤م. * رئيس ومؤسس وحدة التنسيق والأبحاث والمتابعة – بخت الرضا ١٩٧٤-١٩٧٥م. * نائب عميد معهد التربية بخت الرضا ١٩٧٥- ١٩٨٢م. * نائب مدير المركز الإسلامي الإفريقي للشئون الإدارية والمالية ١٩٨٢-١٩٩١م. * نائب مدير جامعة إفريقيا للشئون الإدارية والمالية ١٩٩١-٢٠٠٩م.

اهم الأعمال البحثية والتأليف:

* رئيس الفريق الذي أعد كتاب مشكلات التعليم في الريف العربي بتكليف من المنظمة العربية للتربية والعلوم والثقافة والعلوم ونشر في ١٩٨٩ في تونس. * كتاب مبادئ الفلك. روجع ونقح ووافقت على نشره لجنة البحوث والنشر عام ٢٠١٢م. * كتاب إسهامات الحضارة الإسلامية في العلوم الطبيعية والكونية ٢٠٠٥م. ونشرته هيئة الإبداع العلمي. * الإشتراك في تأليف ومراجعة كتب العلوم بمرحلتي التعليم العام. * إدخال الدرجات المعيارية بالسلم السباعي في معاهد التربية بالسودان في عام ١٩٧٥م.

المؤتمرات والندوات واللجان العلمية والمهنية والادارية:

* عضو في العديد من المؤتمرات واللجان الخاصة بالمناهج والتدريب بوزارة التربية منذ ١٩٦٣ وإلى تاريخه. * حلقة دراسية عن التقويم التربوي نظمتها اليونسكو وعقدت بدار السلام بتنزانيا ١٩٧٥م. * عضو مؤتمر سياسات التعليم ورئيس لجنة التدريب ١٩٩٠م. * عضو مؤتمر سياسات التعليم الثاني والثالث. * عضو اللجنة التي أدخلت الدرجات المعيارية لتقويم الشهادة الثانوية ١٩٩٥م. * عضو دائرة العلوم الكونية بالمركز العالمي لأبحاث الإيمان. * عضو المجلس العلمي بالمركز العالمي لأبحاث الإيمان. * أعد ورقة لمؤتمر الإسلام والمنهج العلمي وحضر المؤتمر في جاكرتا ٢٠٠٢م. * عضو المنتدى التربوي بالسودان. * رئيس الفريق الذي أعد ورقة عن " الصور المدركة لدي الافريقيين عن العرب" الذي عُقد بمدينة كادونا. نيجيريا مايو ٢٠٠٧م. * إسهامات الحضارة الإسلامية في علم الفلك- عقد المؤتمر بالخرطوم. * الإشراف على أطروحات الطلاب. * التدريس في كلية التربية وكلية العلوم بجامعة إفريقيا العالمية.

ISBN 978-999-42-62-7-2