الباب الخامس

الأرض وتابعها Earth and its satellite

اشترك الخوارزمي في بعثة المأمون لقياس محيط الأرض (ولد سنة 780 م).

الفصل الأول

الأرض The Earth

تبدو الأرض في الفضاء ككوكب لامع ويظهر لونها الأزرق الذي يكسو غلافها الجوي كما تظهر بعض تضاريسها، وأهم المعلومات عن كوكب الأرض مبينة في الجدول 5-1، مثل متوسط المسافة بين الأرض والشمس، وأقرب وأبعد مسافة بينهما، والسنة واليوم وهما يعبرا عن مدة إكمال دورة كاملة للكوكب حول الشمس وحول نفسه على التوالي، ميل المدار يساوي صفرا باعتباره المستوى الأساسي الذي نحسب ميل مدارات الكواكب الأخرى عليه، ميل المحورين وهو عبارة عن ميل محور دوران الكوكب حول الشمس عن محور دورانه حول نفسه وهي نفسها الزاوية بين مستويا دوران الكواكب حول نفسه وحول الشمس ومقدارها 23.45 درجة، العاكسية albedo وهي تقيس مقدار ما يعكسه الكوكب من الأشعة الساقطة عليه وكلما زادت العاكسية زاد لمعان الجسم ونلاحظ أن العاكسية للأرض تعتبر أعلى من القمر لكون الأرض لها غلافا جويا بينما القمر يفتقر لوجود غلاف جوي ولذلك فإن كوكبنا يظهر لامعا أكثر من القمر إذا نظرنا إليهما من الفضاء.

الغلاف الجوي Atmosphere

يقدر عمر الأرض جيولوجيا وفلكيا بحوالى 4.5 بليون سنة، ويعتقد الفلكيون أن الغلاف الجوي للأرض في بداية نشأتها كان يتكون من غاز الهيدروجين والهيليوم، ثم تطايرت هذه الغازات الخفيفة لأن قوة جاذبية الأرض عليها

قليلة، وسرعة هروب تلك الغازات كانت عالية، ثم حلت محلها غازات خرجت من باطن الأرض مع البراكين والنشاطات الجيولوجية، وأهم هذه الغازات النيتروجين والأكسجين. وتواجد الحياة على الأرض ساعد على إحداث بعض التغييرات في التركيب الكيميائي للغلاف الجوي حتى وصلت الأرض إلى ما هي عليه الآن.

يتكون الغلاف الجوي للأرض حاليا من 0.77 نيتروجين، 0.21 أكسجين، وعناصر أخرى موجودة بكميات ضئيلة جداً، وبالرغم من ذلك فإن بعضها مهم جداً مثل بخار الماء H_2O والأوزون O_3 وثاني أكسيد الكربون CO_2. أما الأوزون، فله أهميته في حماية الأرض من الأشعة فوق البنفسجية، وثاني أكيد الكربون مهم للنبات كما نعلم. وقد لوحظ مع تطور الصناعة وازدياد كمية الأدخنة التي تخرج من عمليات الاحتراق في المصانع أن نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي زادت وهي ما نعرفه بظاهرة الاحتباس الحراري Green house effect مما يشير إلى ظهور مشكلة بيئية أخرى، بالإضافة إلى ظاهرة الثقب في طبقة الأوزون. وهناك اعتقاد بأن درجة الحرارة قد ارتفعت بمعدل درجة مئوية واحدة وأنها قد ترتفع بمعدل أكبر في المستقبل. وهكذا فإن هناك تخوفاً من تحول الأرض إلى كوكب ساخن مثل الزهرة، نسأل الله أن يحمي كوكبنا من ذلك.

جدول 5-1 معلومات عن الأرض

متوسط البعد	149.6 مليون كم (1 وحدة فلكية)
أقرب مسافة	0.983 (وحدة فلكية)
أبعد مسافة	1.017 (وحدة فلكية)
السنة	365.256 يوم (1 سنة)
اليوم	23 س 56 ق 4.1 ث
ميل المدار	0.0 درجة
ميل المحورين	23.45 درجة
القطر	12756كم (1 قطر أرضى)
الكتلة	$5.974x10^{27}$ جم (1 كتلة أرضية)
الكثافة	5.518 جم/سم^2
قوة الجاذبية	980 سم/ث^2 (1 جاذبية أرضية)
سرعة الهروب	11.2 كم/ث
عدد الأقمار	1

يتكون الغلاف الجوي من أربع طبقات الأولى تسمى التروبوسفير وتمتد لحوالى 10 كم وهي التي تحدث فيها جميع ظواهر الطقس التي نشعر بها على الأرض من حرارة ورطوبة وأمطار وغيرها، وتليها طبقة الستراتوسفير ثم الميزوسفير وأخيراً الثيرموسفير. وتقع طبقة الأوزون بين الستراتوسفير والميزوسفير شكل 5-1، ونلاحظ أن درجة الحرارة تنقص كلما ارتفعنا في طبقة التربوسفير ولكنها تزيد كلما ارتفعنا في طبقة الستراتوسفير حيث توجد طبقة الأوزون ثم تقل درجة الحرارة في الميزوسفير، أما في طبقة الثيرموسفير فإن درجة الحرارة تزداد كلما ارتفعنا لأعلى وذلك لأن كثافة المادة تكون قليلة في هذه الطبقة وتأثير أشعة الشمس يكون واضحا وبصفة خاصة الأشعة فوق البنفسجية والسينية حيث أن هذه الطاقات العالية هي التي تؤدي لتسخين الهواء أو حتى تأينه في طبقة الثيرموسفير أو الأيونوسفير.

يرجع كل ما نعرفه من مظاهر للطقس من رياح وأمطار وسحب ودوامات إلى غير ذلك إلى عاملين مهمين: أولهما تغير درجة الحرارة من مكان لآخر، والعامل الثاني هو لف الأرض حول نفسها، فنلاحظ مثلا توليد تيارات من الهواء نتيجة اختلاف السخونة بين المياه واليابسة. وتختلف أنواع السحب حسب الظروف الجوية للمكان، ولو تصورنا أن الأرض لا تلف ففي هذه الحالة ستتحرك الرياح بين خط الاستواء (حرارة عالية) إلى القطبين حيث البرودة الشديدة، و لف الأرض حول نفسها له دور واضح في اتجاهات الرياح.

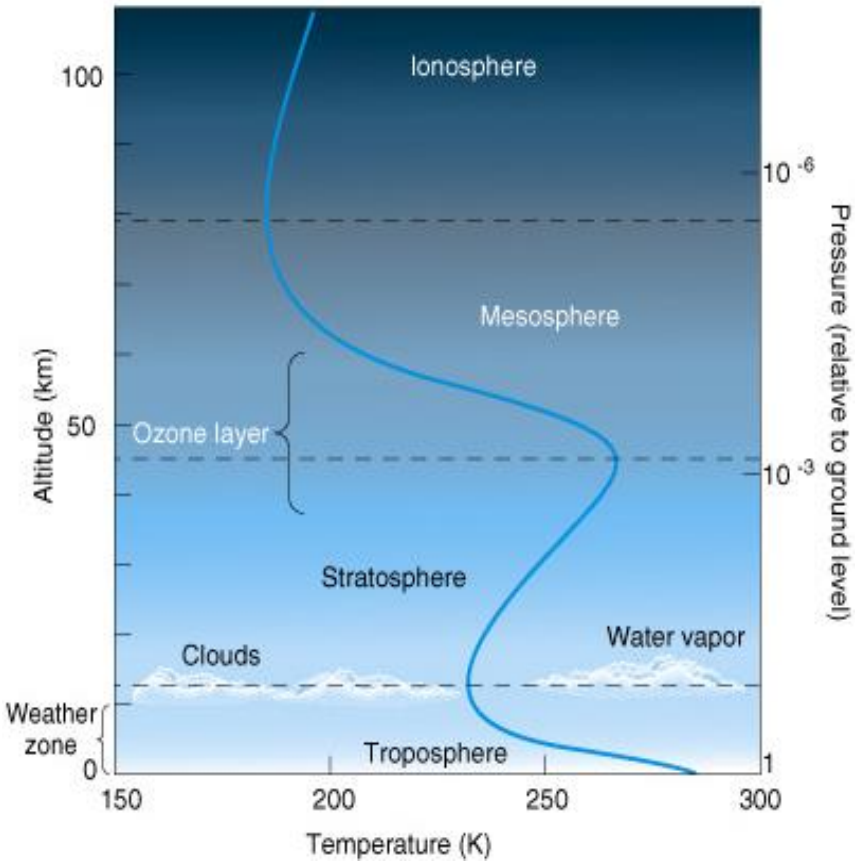
طبقة الأوزون The Ozone layer

يوجد الأكسجين في طبقة التروبوسفير على شكل جزئيات يتكون كل منها من ذرتين، وهو اللازم لتنفس الإنسان. ولكن على ارتفاع حوالى 25 كم تتجمع كل ثلاث ذرات أكسجين لتكون جزئ أوزون O_3. ويكثر غاز

الأوزون في هذه المنطقة مكونا طبقة تعرف بطبقة الأوزون، ولهذه الطبقة أهمية كبيرة، حيث تقوم بحماية الأرض من الأشعة فوق البنفسجية UV التي تأتي من الشمس وتتفاعل مع جزئيات الأوزون، فيتفكك كل جزئ إلى ذرة أكسجين وجزئ أكسجين، واللذان يتحدان بدورهما ليكونا جزئ أوزون وينتج من التفاعل الأشعة تحت الحمراء IR التي تسخن الهواء المحيط كما يظهر في التفاعلين التاليين:

$$UV + O_3 \longrightarrow O + O_2$$

$$O + O_2 \longrightarrow O_3 + IR$$



شكل 5-1: طبقات الغلاف الجوي للأرض (Astronomy Today)

وبذلك تقوم طبقة الأوزون بالتخلص من الأشعة فوق البنفسجية الضارة بالحياة على الأرض، كما يحدث نوعا من التدفئة في منطقته مما يؤدي إلى إيجاد نوع من التوازن الحراري المهم. وإلا إذا تصورنا أن الحرارة في هبوط مستمر، فقد يؤدي ذلك إلى تكثف الهواء، وفي هذه الحالة تتحول الأرض إلى بيت زجاجي كبير محاط بطبقات متكثفة أو متجمدة. والتفاعل السابق يتم في اتزان عجيب بحيث أن سرعة تكون الأوزون تساوي سرعة تفككه مما يعني أن نسبة الأوزون ثابتة، ومن الجدير بالذكر أن نسبة الأوزون تمثل واحدا في المليون من نسبة الغازات في الغلاف الجوي إلا أنها تلعب دورا مهما في حماية الحياة على الأرض. وقد يتساءل البعض عن أضرار الأشعة فوق البنفسجية وفيما يلي أهم أضرارها:

١) التسبب في تحطيم جزئيات بيولوجية مهمة.
٢) زيادة الإصابة بسرطان الجلد.
٣) الإصابة بالمياه البيضاء Cataract وهي عتمة تصيب عدسة العين.
٤) نقص المناعة.

٥) التأثير على المحاصيل الزراعية.

٦) تهديد النظام البيئي بشكل عام.

٧) إحداث تغيرات في غير صالح البشرية في الغلاف الجوي.

نظريات عن ثقب الأوزون Theories of Ozone hole

بقياس كمية الأوزون لوحظ أن نسبته في الجو الذي يعلو خليج هالي في القارة القطبية الجنوبية قد انخفضت بنسبة تتجاوز 40% بين عامي 1977-1984 وأن نسبة الأوزون تكون أقل ما يمكن في شهر سبتمبر وأكتوبر ونوفمبر ثم تتزايد نسبة الأوزون بعد ذلك، وفي هذه الفترة تكون الدائرة القطبية الجنوبية معزولة هوائياً بمعنى أن الهواء في منطقة الدائرة الجنوبية يدور فقط حول القطب الجنوبي، ولا يحدث تبادل للهواء مع المناطق المجاورة، وبالتالي إذا حدث نقص في كمية الأوزون في هذه المنطقة فإن هذا النقص لا يعوض، وهذا ما يحدث بالفعل حيث تتحلل كمية كبيرة من غاز الأوزون ولا يوجد أي تعويض لما يتحلل. ولكن ما هي أسباب هذا التحلل؟ هذا ما حاولت نظريات عديدة أن تجيب عنه، وفيما يلي أهم هذه النظريات:

هناك نظرية تعزي النقص في كمية الأوزون إلى الملوثات، ونظرية أخرى تعزي الثقب إلى حدوث تغير في الديناميكية الجوية في هذه المنطقة، وهي بذلك تعتبر النقص الملاحظ شيئاً طبيعياً، فمن المعلوم أن مناطق تركيز جميع المواد الكيميائية الموجودة في الغلاف الجوي تتغير وتتأثر بديناميكية الغلاف الجوي، كما لوحظ أن حركة الهواء الغني بالأوزون نحو القطب الجنوبي من مناطق خطوط العرض الدافئة أخذ يضعف مما يؤدي إلى حدوث دوران عكسي ينقل الهواء القطبي الغني بالأوزون نحو خط الاستواء. ومن الموضوعات المثيرة أن الدراسات الإحصائية قد أثبتت نوعا من الارتباط بين دورة المجال المغناطيسي للشمس (22 سنة) والتغيرات المناخية على الأرض، فهل للنشاط الشمسي دور في ظاهرة ثقب الأوزون؟ هل يؤدي النشاط الشمسي مثلا إلى زيادة بعض الغازات التي تحطم الأوزون؟ مازلنا نجهل الكثير عن طبيعة العلاقة بين غلافنا الجوي والأشعة التي تأتيه من الشمس، ولكن لعدم معرفة الكثير من المعلومات عما يحدث داخل المنطقة القطبية من تفاعلات كيميائية، فإننا لا نستطيع أن ننتظر حتى تثبت أي النظريات صحتها عن الأخرى، ولذلك تحركت الهيئات الدولية لتنظر إلى الملوثات التي يلفظها الإنسان وتكون ذات خطورة محتملة على طبقة الأوزون فتوقف صناعتها أو تجد لها بدائل غير ضارة.

الملوثات التي تهدد طبقة الأوزون Causes of the Ozone's layer depletion

١) أكسيد النيتريك NO والذي يستطيع أن يحطم الأوزون كما يلي:

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$

٢) ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 وقد ارتفعت نسبته في الغلاف الجوي نتيجة للاحتراق المتزايد واستعمال المخصبات الغنية بالنيتروجين. وفي الحقيقة فإن ثاني أكسيد النيتروجين في حد ذاته لا يضر الأوزون، ولكنه إذا تفكك بفعل الضوء المرئي ففي هذه الحالة ينتج عن التفكك جزئ أكسيد النيتريك الذي يتحد مع الأوزون ويحطمه كما هو مبين في التفاعل السابق.

$$NO_2 \xrightarrow[\text{الضوء المرئي}]{} NO + O$$

٣) مركبات كلوروفلوريد الكربون CFC أو ما يعرف بالفريون، وله استخدامات عديدة نذكر منها: في المبردات، وأجهزة التكييف، ودافعات الغاز، والأبخرة المضغوطة spray كالعطور والمبيدات وغيرها. وتتميز هذه المركبات بالثبات والخمول، فمركب الفريون يدوم نحو 75 عاما، وهناك مركبات متعددة من غاز الفريون. والذي يحدث أن هذا الغاز الخامل على سطح الأرض لا يتفاعل مع أي من المواد الموجودة على سطح الأرض، ويتحرك مع الرياح الهوائية هنا وهناك، بحيث يصل إلى طبقة الأوزون مع مرور الوقت، وهناك تبدأ مخاطره، حيث يتفكك تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية الموجودة هناك فتخرج منه ذرة كلور، ثم يتحد الكلور مع غاز الأوزون ويأخذ منه ذرة أكسجين ويحوله إلى جزئ أكسجين كما يلي:

$$Cl + O_3 \longrightarrow ClO + O_2$$

وأكسيد الكلور الناتج يتحد مع ذرة أكسجين لتتحرر ذرة الكلور فتعيد الكرة مع جزئ آخر من الأوزون.

$$ClO + O \longrightarrow Cl + O_2$$

أو يتفاعل أكسيد الكلور مع جزئ أوزون ليكون ثاني أكسيد الكلور ويتبقى جزئ أكسجين.

$$ClO + O_3 \longrightarrow ClO_2 + O_2$$

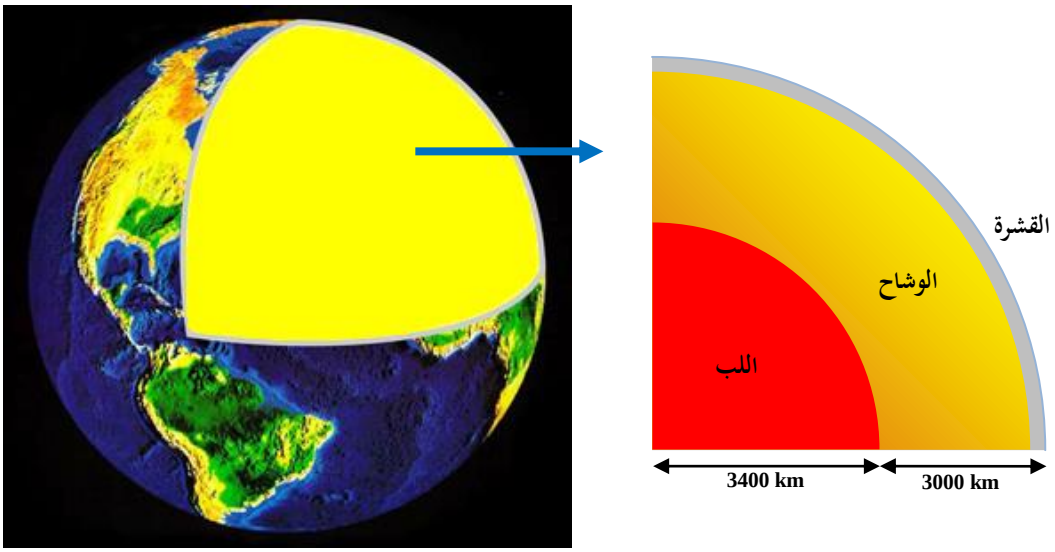
وبهذه التفاعلات السابقة اتضح أن ذرة كلور واحدة لها القدرة على تحطيم حوالى 100 ألف جزئ من غاز الأوزون

٤) مركبات الهالوجينات والتي أظهرت الدراسات أنها من الممكن أن تكون أشد تأثيرا من الفريون، وقد اتسعت دائرة الدراسات الكيميائية للمواد التي يمكن أن يكون لها دور في المشكلة. سواء كان هذا الدور سلبياً أو إيجابياً.

جيولوجية الأرض Earth's geology

من المعلوم أن الأرض ما زالت نشطة جيولوجيا، ويظهر ذلك في البراكين والزلازل، كما أن صفائح القارات تتحرك بحيث تتباعد في أماكن وتتقارب في أمكان أخرى وبدرجات متفاوتة وتحت اتزان عجيب يدهش العلماء ويجذب ألبابهم. وتنقسم الأرض إلى ثلاث طبقات رئيسة: لب ووشاح وقشرة خارجية شكل 5-2. وفي الحقيقة، فإن هذه الطبقات الثلاث تنقسم في حد ذاتها إلى طبقات تفصيلية أكثر، فإذا بدأنا مثلاً من أواخر طبقة الوشاح إلى سطح الأرض فهذا الجزء من باطن الأرض يمكن أن نقسمه إلى طبقة أثينوسفير وليثوسفير، والجزء السفلى من طبقة الليثوسفير تابع للوشاح بينما الجزء العلوي منها يمثل القشرة الخارجية للأرض والتي تكون رفيعة جداً تحت البحار والمحيطات (10 كم) وأكبر سمكا في القارات (حوالى 50 كم). وتصل كثافة المادة إلى أعلى قيمة لها في اللب وهذا يعني أن الأرض حينما كانت منصهرة تحركت المواد الثقيلة إلى أسفل، وتمركزت في اللب بينما توجد أقل كثافة في القشرة الخارجية، كما أن درجة الحرارة في اللب تصل إلى حوالى 6000 كالفن وتقل درجة الحرارة بالتدريج كلما ارتفعنا في طبقات الأرض.

ويصور علماء الجيولوجيا القارات كصفائح تعوم على مادة لينة متحركة مما يتسبب في حركة هذه الصفائح مع أي اضطرابات تحدث في باطن الأرض. وقد كانت القارات قديماً قريبة من بعضها البعض، بل ومتلاحمة بحيث لم يكن هناك فواصل بينها في بداية تكون القشرة الأرضية، ولكن نتيجة لحركة الصفائح تباعدت القارات إلى أن وصلت لشكلها الحالي شكل 5-3، وهي لا تزال في حركة مستمرة بحيث أن خريطة العالم ستتغير لتأخذ شكلا آخرا بمضي ملايين السنيين .

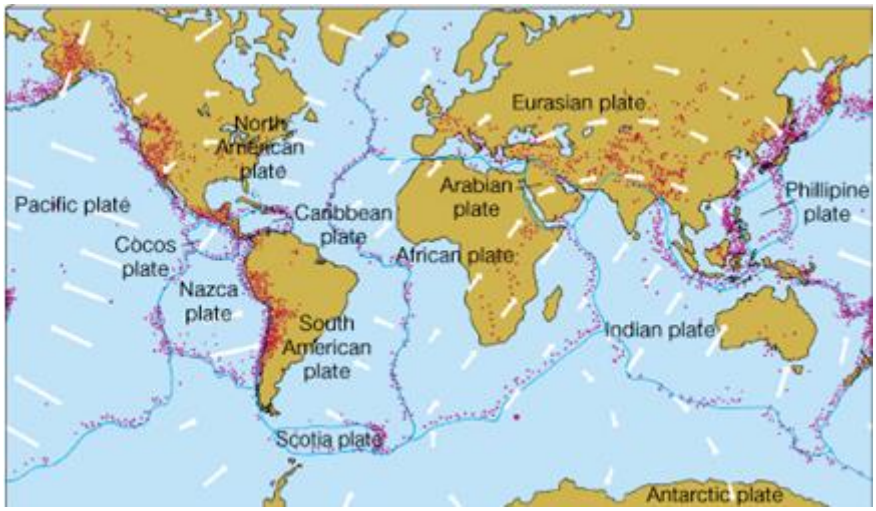


شكل 5-2: التركيب الداخلي للأرض

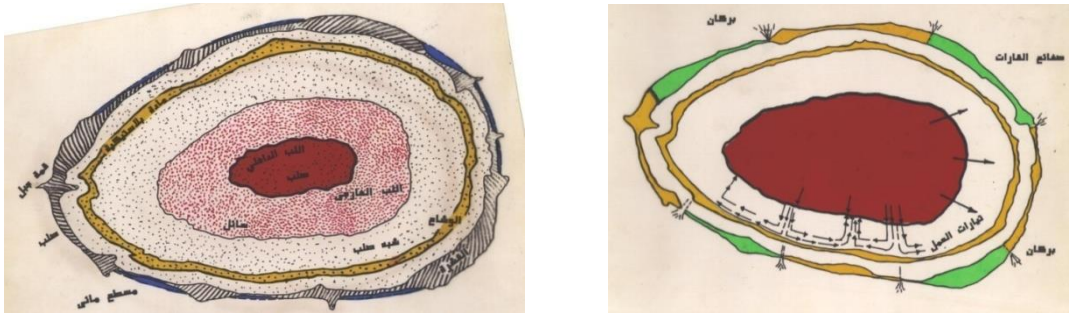
وتحدث الزلازل إذا اصطدمت صفائح القارات في أي مكان على سطح الأرض، وبعد الاصطدام قد تدخل القشرة الموجودة في قاع البحار والمحيطات (الأعلى كثافة) تحت طبقة الأرض الجبلية (الأقل كثافة)، أو أن تظل هناك قشرة ضعيفة فاصلة بين الصفائح بحيث تكون مكاناً سهلاً لحدوث البراكين. ويوجد تحت القشرة نقاط ثابتة تعد مصدر الحرارة الهائلة التي تُحدث البراكين وتسمى بالنقاط الساخنة، فإذا حدث أثناء تحرك القشرة الأرضية أن جاءت منطقة قشرة ضعيفة أمام أحد النقاط الساخنة فحينئذ تنطلق الحمم التي تخرج في شكل بركان، وغالباً ما يحدث ذلك في قاع المحيطات والبحار. ويوجد في البحر الأحمر أخدود عظيما تخرج منه البراكين، ومع خروج الحمم ورسوها على جانبي الأخدود تتباعد صفيحتي قارتي آسيا وأفريقيا ويتسع بذلك البحر الأحمر، ولذلك يقول عنه علماء الجيولوجيا أنه محيط في طور الجنين، وأنواع الصخور على سطح الأرض إما نارية وهي الأصل أو رسوبية أو متحولة. شكل 5-4 يبين صفائح القارات وطبيعة المادة في طبقات الأرض المختلفة.

أهمية النشاط الجيولوجي على الأرض Importance of geological activities

ينظر الناس إلى البراكين والزلازل على أنها كوارث يتمنون عدم حدوثها، شكل 5-5، ولكنها في حقيقة الأمر من الظواهر المهمة للإنسان وذلك لأننا نعلم أن هذه النشاطات الجيولوجية تتسبب في إخراج المعادن المهمة وإثراء وجودها على سطح القشرة الأرضية ليسهل على الإنسان أن يستخرجها ويستخدمها في حياته اليومية. وهذا يذكرنا بإنعام الله على البشر في قوله تعالى: {له ما في السموات وما في الأرض وما بينهما وما تحت الثرى}، فما تحت الثرى من خيرات ييسر الله للإنسان أن يستخرجها وأن يستفيد منها. كذلك فإن غاز الأكسجين المهم لحياة البشر يخرج مع غيره من الغازات مثل النيتروجين والكربون والكبريت من البراكين مما يساعد على إيجاد توازن طبيعي بين ما يفقده من هذه الغازات وبالذات الأكسجين وبين نسبة وجودها في الغلاف الجوي للأرض فسبحان من خلق الحياة وأوجد لها أسباب البقاء والأمان.



شكل 5-3: صفائح القارات (Astronomy Today)

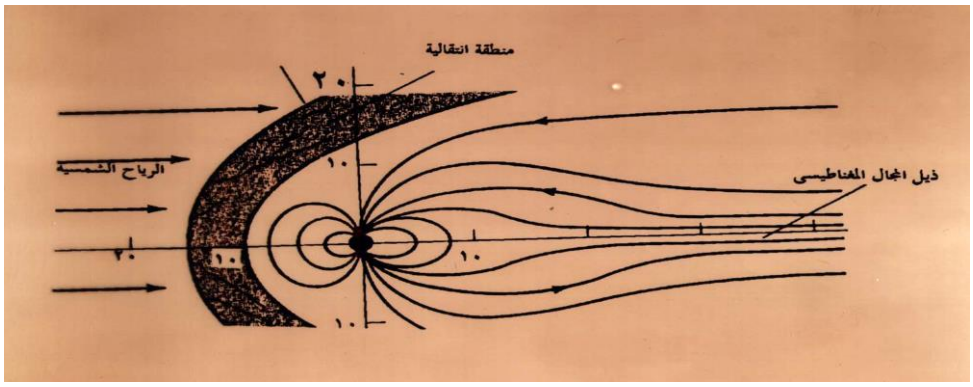


شكل 5-4: طبيعة طبقات الأرض (يمين)، وسيناريو مبسط للنشاط الداخلي بالأرض (يسار)

شكل 5-5: قوة وآثار النشاط الجيولوجي المدمرة: الزلازل (يمين)، والبراكين (يسار) (Astronomy Today)

الغلاف المغناطيسي Magnetosphere

يحيط بالأرض غلاف مغناطيسي ضخم، يظهر المجال المغناطيسي مضغوطاً في مواجهة الشمس، أما في الاتجاه المعاكس فإن خطوط المجال المغناطيسي تمتد لمسافة طويلة، شكل 5-6، وذلك لإحداث توازن بين البلازما القادمة من الشمس مع المجال المغناطيسي للأرض. يمتد الغلاف المغناطيسي في المتوسط عشرة أضعاف نصف قطر الأرض؛ أي حوالى 60 ألف كم. وفي منطقة ذيل الغلاف المغناطيسي يمتد المجال إلى حوالى 200 ضعف نصف قطر الأرض، وهذا يعني أن الغلاف المغناطيسي مجال ضخم يحيط بالأرض. ويؤدي المجال المغناطيسي مهام كثيرة في حماية الحياة على سطح الأرض، إذ أنه يستقبل الجسيمات ذات الطاقات العالية والقادمة من الشمس فيجعلها تتحرك مع خطوط المجال المغناطيسي ويبعدها تماما عن الأرض أو يمسك بها فيما يعرف بحزام الأشعة Radiation Belt أو أحزمة فان ألن Van Allen وبالتالي يمنعها من الوصول إلى سطح الأرض. ويحدث كل فترة طويلة (آلاف أو مئات السنين) أن يتغير اتجاه قطبي المجال المغناطيسي للأرض بحيث يصبح القطب الجنوبي مكان القطب الشمالي وبالعكس.



شكل 5-6: الغلاف المغناطيسي للأرض

شكل 5-7: ظاهرة الشفق القطبي

وفي منطقة حزام الأشعة تتركز كميات هائلة من الشحنات المتأينة والتي تصطدم بها أشعة الشمس ذات الطاقة العالية، فتمتص داخل طبقة الأحزمة والتي تعتبر بذلك أحد الأغشية الواقية للحياة على سطح الأرض مما يجعلنا نشعر أن الله سبحانه وتعالى قد حمى الأرض ومهدها للحياة، والتمهيد هنا لا يعني فقط بسط الأرض وجعل السير

عليها يسيرا بل كذلك إيجاد الظروف الملائمة للحياة ووضع الحواجز والأغشية اللازمة كي تقي الأرض من المخاطر المحيطة بها، وصدق الله حيث يقول منعما على البشر: {هو الذي جعل لكم الأرض ذلولا} وكذلك يقول سبحانه: {هو الذي جعل لكم الأرض مهدا}. وظاهرة الشفق القطبي، والتي تحدث عند القطبين سببها أن الشحنات الموجودة في حزام الأشعة تحدث تفريغا للشحنات الزائدة عندها فتتحرك الشحنات مع خطوط المجال المغناطيسي وتقترب من الأرض عند القطبين للتفاعل مع جزيئات الهواء محدثة ظاهرة الشفق القطبي، شكل 5-7. وهذه الظاهرة أحد الدلائل القوية على تأثير الأنشطة الشمسية على الأرض حيث تكثر ظاهرة الشفق في فترات النشاط الشمسي. أما عن نشأة الغلاف المغناطيسي فتبينه نظرية نشأته في الكواكب أنه يوجد عاملان رئيسان في نشأة وقوة المجال المغناطيسي وهما: ١) وجود لب منصهر مشحون (بلازما) في باطن الكوكب. ٢) سرعة لف الكوكب حول نفسه.

شكل 5-8: صورة لقطعة من نيزك وجدت في صحراء المملكة العربية السعودية (جامعة الملك سعود)

ويمكننا بذلك أن نوجز القول توضيحاً للآية الكريمة السابقة: إن من تذليل الله للأرض أن جعل لها غلافا جويا محاطا بالمجال المغناطيسي ليحميها من الشحنات ذات الطاقة العالية التي تخرج من الشمس، وكذلك يقوم الغلاف الجوي نفسه بحماية الأرض من الشهب التي تتحرك حركة عشوائية وتدخل بالآلاف في جو الأرض يوميا، ولولا احتراقها في الغلاف الجوي لوصلت إلى سطح الأرض ولكانت سببا في تهديد الحياة وجعلها غير مستقرة، شكل 5-8. وكما أن الغلاف الجوي للأرض لا يسمح بدخول الأشعة فوق البنفسجية لضررها الشديد على الكائنات الحية فإنه في الوقت نفسه يسمح بدخول القدر المطلوب من أشعة الشمس واللازم لاستمرار الحياة وهو الضوء المرئي دون سواه.

الأيونوسفير

يعلو الغلاف الجوي غلافا من مادة شبه بلازما حيث توجد أعلى نسبة للأيونات في الغلاف الجوي ومن هنا عرفت باسم الأيونوسفير. يبدأ الأيونوسفير من ارتفاع حوالى 80 كم ويمتد حتى أكثر من 1500 كم حيث يلتقي مع نهايات حزام الأشعة وكذا تيارات الشفق القطبي. ويسمى الأيونوسفير بالطبقة الحرارية (الثيرموسفير) إذا كنا نتكلم عن الحرارة، حيث ترتفع درجة الحرارة في تلك الطبقة عما تحتها بفعل تأثير امتصاص أشعة X وكذا UV القصيرة والتي تتسبب في رفع درجات الحرارة بل وتأين المادة في تلك الطبقة، وهذا هو المصدر الرئيس للأيونات، حيث تأين الأشعة

فوق بنفسجية القادمة من الشمس غازات الغلاف الهوائي مكونة طبقة الأيونوسفير. يتكون الأيونوسفير من أربع طبقات أقربها للأرض D وتعلوها E ثم F1 ،وآخرها طبقة F2 والتي تمتد لتلتقي مع أواخر الغلاف المغناطيسي. تبلغ نسبة الأيونات أعلى قدر لها في طبقة F2 لحدود مليون أيون لكل سم^3. الطبقتان D, F1 تختفيان أثناء الليل وتقل نسبة الأيونات في طبقتي E, F2 أثناء الليل حيث يكون مصدر الأيونات هو تلك الأيونات التي تتسرب من الغلاف المغناطيسي نحو الأيونوسفير. لقد اهتم العلماء بدراسة الأيونوسفير لما يلعبه من دور في الاتصالات الراديوية وكذا عمليات الاتصال بالأقمار الصناعية، حيث ترددات البلازما في الأيونوسفير يمكن أن تمنع أو أن تعيق بعض الترددات التي نبثها من الأرض نحو الفضاء الخارجي.

الفصل الثاني

The Moon القمر

منظر بديع للقمر شوهد في أحد الغابات عند الأفق

لقد تغنى الشعراء بالقمر كثيراً، ولهم حق في ذلك فالعين تسعد حينما ترى القمر يبدد ظلام الليل الدامس. وكان الفلاحون يترقبون البدر في قراهم ليعملوا على ضوئه في حقولهم. يتغير القمر من هلال إلى تربيع ثم بدر وهكذا حتى يصبح محاقا في آخر الشهر، هذا التغير في منظر القمر يجعلنا نشعر بمرور الوقت وتحرك الزمان وهذا هو السر في اعتماد الإنسان على القمر في حساب الشهور، وفكرة الأسبوع هي الفترة الزمنية بين أوجه القمر المتتالية: المحاق والتربيع الأول والبدر والتربيع الثاني. ولابد من التفاتة إلى إنعام الله علينا نحن سكان الأرض أن جعل لكوكبنا قمراً له حجم كبير، وبعده عنا مناسب بحيث نراه في المنازل المختلفة وبشكل واضح.

مقدمة Introduction

القمر تابع للأرض يدور حولها كما تدور الأرض حول الشمس. ويعتبر القمر كبيراً بالمقارنة مع الأقمار الأخرى الموجودة في المجموعة الشمسية. وتبلغ كتلة القمر حوالى 0.012 من كتلة الأرض، فالجاذبية عليه ضعيفة بحيث يشعر الإنسان وهو على سطح القمر أنه أصبح أخف يسهل أن يقفز في الهواء حيث تبلغ قيمة الجاذبية عليه سدس جاذبية الأرض، ولذلك لم يحتفظ بأي غلاف جوي فأصبح أرضا بلا هواء. وضعف الجاذبية يعني أنه إذا كان وزنك على الأرض 60 وزن كجم فإن وزنك على القمر سيبلغ 10 وزن كجم، وإذا أمكنك أن تحمل بسهولة على الأرض حقيبة كتلتها 30 كجم فانك وبنفس السهولة يمكنك أن تحمل على سطح القمر حقيبة كتلتها 180 كجم. لا توجد عليه أي علامات أو دلائل لوجود الماء على سطحه. لقد نجح الإنسان في الهبوط على سطح القمر بعد رحلات تمهيدية متعددة فقد أرسل الاتحاد السوفيتي (سابقا) عدة رحلات باسم لونا إلى القمر منذ عام 1959 ميلادية، وفي عام 1968 أُرسلت أولى مركبات أبوللو لتدور حول القمر، وفي يوليو من عام 1969 هبطت أول مركبة فضاء (أبوللو 11)

على سطح القمر، وبعدها نزلت 6 من مركبات أبوللو حيث أجرت العديد من التجارب العلمية، ونزل رواد فضاء على سطح القمر وأحضرت عينات من سطح القمر لدراستها بالتفصيل. وبعد عام 1972 توقفت رحلات الفضاء إلى القمر ولكن أحلام العلماء مازالت متجهة إليه، فبناء مرصد فوق القمر يعتبر واحدا من هذه الأحلام. الكثافة المتوسطة للقمر حوالى 3.2 جرام/سم^3 وهي بذلك أقل بكثير من الكثافة المتوسطة للأرض والتي تبلغ 4.5 جرام/سم^3 مما يؤكد اختلافهما في التركيب.

جدول 5-2 معلومات عن القمر

المسافة المتوسطة	384400 كم
أقرب مسافة	363297 كم
أبعد مسافة	405505 كم
الشهر النجمي	27.32 يوم
الشهر الاقتراني	29.53 يوم
ميل المدار	5.15 درجة
مدة اللف	27.32 يوم
ميل المحورين	6.68 درجة
القطر	3476 كم (0.27 قطر الأرض)
الكتلة	$7.3x10^{25}$ جم (0.012 كتلة الأرض)
الكثافة	0.60 كثافة الأرض ا
قوة الجاذبية	0.165 جاذبية الأرض
سرعة الهروب	2.4 كم/ث
درجة الحرارة	400 كالفن نهارا، 100 كالفن ليلا
العاكسية	0.07

والكثافة على القمر تشبه كثافة المادة الصخرية على سطحه وبالتالي فإن أغلب مادته تشبه سطحه؛ أي لا توجد عناصر معدنية ثقيلة بنسبة ملحوظة في لبه. كما أكدت دراسات عينات القمر أنه خال من الماء والغازات سريعة التطاير، ومواده الصخرية شبيهة بالصخور على الأرض وسطحه مكون من مركبات السيليكا مثل الأرض. وتبلغ درجة الحرارة خلال نهار القمر حوالى 400 كالفن، بينما تكون 100 كالفن فقط ليلا كما هو مبين في جدول 5-2، وهذا يعني أن الفارق في الحرارة بين الليل والنهار يصل إلى 300 كالفن، وهو فارق كبير لا يمكن تصور وجود مثله على الأرض وإلا فإن الحياة ستكون مستحيلة، والسبب في هذا الفرق الكبير في درجات الحرارة راجع إلى بطء القمر في الدوران حول نفسه (27.3 يوما أرضيا)، لذا يظل الجزء المضاء معرضاً لأشعة الشمس فترة طويلة والجزء البعيد عن الشمس لا تصله حرارة الشمس لفترة زمنية طويلة، كما أن عدم وجود غلاف جوي له دور كذلك حيث تعمل حركة الرياح على تلطيف الجو ومن ثم يحدث نوع من التوازن الحراري. وعاكسية القمر صغيرة إذا ما قورنت بعاكسية الأرض ولولا قربه منا لما تميز بهذا اللمعان الواضح الذي نراه به.

يلف القمر حول نفسه في مدة 27.3 يوم وهي نفس مدة دورانه حول الأرض. إذا تذكرنا أن لف الأرض يبلغ حوالى 23 ساعة ، 56 دقيقه، فهذا يعني أن مدة لف القمر بطيئة جدا بالقياس للف الأرض، وهذا يؤدي إلى أن اليوم على القمر أطول بكثير من نظيره على الأرض. ويبلغ النهار القمري في المتوسط حوالى 15 يوما، والليل القمري 15 يوما وذلك للمناطق الواقعة على خط الاستواء القمري. تساوي دورتي القمر حول نفسه و حول الأرض تسبب في أن وجها واحدا من القمر يظل مواجها للأرض والوجه الآخر لا نراه أبدا، وهذا من الأسرار التي جعلت العلماء يضعون في مقدمة أهدافهم أن تذهب رحلات الفضاء إلى النصف الذي لا نراه من القمر، والذي ظهر جلياً أن القمر سطح بلا هواء وأرض بلا ماء، تسقط عليه الأحجار بكثرة فتحدث على سطحه الحفر الواسعة، وبذلك فإن أي حياة لا يمكن أن تستقر عليه، بفرض وجود الأسباب الأخرى للحياة. وقد وجد على سطحه مساحات منبسطة كما يوجد على سطحه الجبال العالية.

أطوار القمر Moon phases

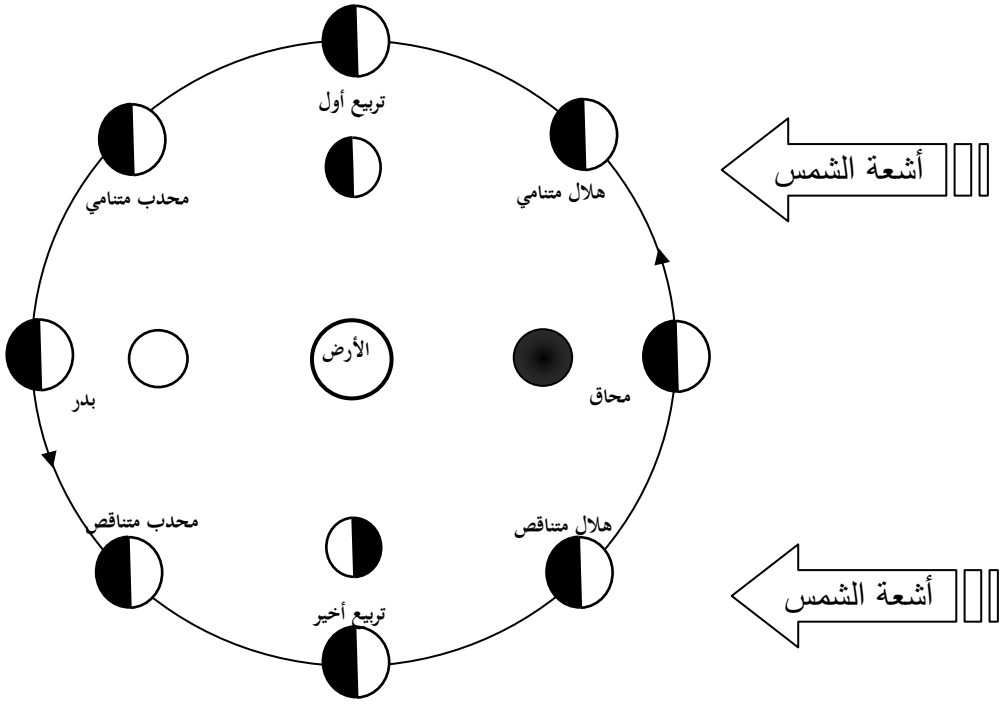
عَرَف أسلافنا أن ضوء القمر ناتج عن عكسه لضوء الشمس، وعرفوا كذلك أن القمر يدور حول الأرض، وهذه المعرفة أتت من الملاحظة المستمرة لتغير وجه القمر من ليلة إلى أخرى كما يشاهد من الأرض، كما هو مبين في شكل 5-9. يدور القمر حول الأرض في مدار بيضاوي خلال مدة 27.3 يوم، وهذه الفترة الزمنية تسمى **الشهر النجمي** وهي الفترة الحقيقية لدوران القمر، وتمثل دورة كاملة للقمر حول الأرض بالنسبة للنجوم. نلاحظ من الشكل 5-10 أنه عندما يكون القمر في وضع الاقتران، وهو الوضع الذي يكون فيه القمر والشمس على خط واحد، أو بمعنى آخر في نفس مكان وجود الشمس في السماء فإنه لا يرى؛ لأن النصف المظلم للقمر مواجها للأرض والنصف الآخر المنير مواجها للشمس، ويسمى هذا الوجه **بالمحاق** new moon، ويمثل هذا الوجه نهاية شهر قمري وبداية شهر آخر. في الأيام التالية للمحاق يزداد القمر بعدا عن الشمس وتزداد الزاوية بين القمر والشمس كما نشاهدها من الأرض، ويزداد بذلك الجزء المضاء من القمر، ويتخذ القمر عندها وجه **الهلال المتنامي** waxing crescent. ومع نهاية الأسبوع الأول تقريبا يصبح نصف القمر منيرا ويسمى هذا الوجه **التربيع الأول** first quarter، وحينها تكون الزاوية بين القمر والشمس 90 درجة بالنسبة للمشاهد على الأرض، في هذا الوضع يكون القمر عند غروب الشمس قريبا من خط الزوال أو بمعنى آخر أن القمر يشرق في منتصف النهار. في الأسبوع التالي يزداد الجزء المنير من القمر نموا ويسمى هذا الوجه **بالمحدب المتنامي** waxing gibbous.

القمر بعمر 4 أيام | القمر بعمر 7 أيام | القمر بعمر 14 يوم

القمر بعمر 26 يوم | القمر بعمر 22 يوم | القمر بعمر 18 يوم

شكل 5-9: أوجه القمر المختلفة، هلال متنامي بعمر 4 أيام، تربيع أول بعمر 7 أيام، بدر بعمر 14 يوم، محدب متناقص بعمر 18 يوم، تربيع أخير بعمر 22 يوم، هلال متناقص بعمر 26 يوما (Lick observatory).

بعد مرور خمسة عشر يوما تقريبا يكون القمر قد اكتملت إنارته واستدار شكله وهذا هو **البدر** full moon وفيه يكون القمر مستقبلا الشمس والزاوية بينهما 180 درجة حيث يشرق القمر مع غروب الشمس. في الأيام التالية للبدر يبدأ الجزء المنير من قرص القمر بالتناقص تدريجيا ويبدأ شروقه بالتأخر ويتخذ القمر وجه **المحدب المتناقص** waning gibbous. ثم مع نهاية الأسبوع الثالث تقريبا يكون القمر قد وصل إلى وجه **التربيع الأخير**، ثم وجه **الهلال المتناقص**، ويزداد اقترابا من الشمس إلى أن يكون محاقا، وبذلك يكون القمر قد أتم دورة كاملة حول الأرض بالنسبة للشمس، ومتوسطها 29.5 يوما، وتعرف باسم **الشهر الاقتراني**، أي من وقت اقتران القمر مع الشمس وهو وجه المحاق إلى المحاق التالي. لذا فإن حركة القمر الشهرية وتغير أوجهه كانت وما تزال ساعة زمنية كونية ساعدت الإنسان على مر العصور في التعرف على الوقت، هذا بالإضافة إلى كونها أساس التقويم الهجري. الفارق بين الشهرين النجمي والاقتراني ناشئ عن حركة الأرض حول الشمس، فحينما يعود القمر إلى نقطة البداية (بالنسبة للنجوم) في مداره تكون الأرض قد تحركت في مدارها حول الشمس مما يعني تغير زاوية تعرض القمر للشمس ولذلك يتأخر ظهور ميلاد القمر عن بداية الشهر النجمي الجديد.



شكل 5-10: الدائرة الخارجية تمثل مدار القمر حول الأرض، وضوء الشمس يضيء نصف سطح القمر بينما النصف الآخر مظلما. وأوجه القمر كما تشاهد من الأرض موضحة داخل الدائرة.

سماء القمر Moon's sky

القمر ليس له غلاف جوي، وهذا ليس بالغريب بل هو متوقع بسبب جاذبيته الضعيفة، وصغر سرعة الهروب من سطحه، حيث أنها تساوي 2.4 كم/ث، كما لا يحتفظ بمياه على سطحه. وعدم وجود غلاف جوي للقمر يؤدي إلى ظواهر فلكية تبدو غريبة لأهل الأرض ومن هذه الظواهر:

١) تبدو سماء القمر دائما حالكة السواد في نهاره وليله؛ مما يعني أن في نهار القمر تظهر النجوم والكواكب بجانب الشمس، ولن نلحظ تلألؤ النجوم المشهور الذي نشاهده في سماء الأرض والناتج من تيارات الهواء الأرضية، وهكذا سيصدق المثل الدارج بأننا نرى النجوم في عز الظهر (ولكن في عز ظهر القمر).

٢) عدم وجود رياح أو سحب أو أمطار أو عواصف أو برق .. إلخ من الظواهر التي اعتدنا عليها على الأرض.

٣) سطحه عرضة لجميع الإشعاعات التي تخرج من الشمس بدءاً من إشعاعات جاما وانتهاءً بالموجات الراديوية. وكذلك سماءه مفتوحة لجميع النيازك ومواد ما بين الكواكب تسقط على سطحه مكونة ما نشاهده من فوهات ارتطامية Impact craters مختلفة في أحجامها ومتناثرة على سطحه.

٤) لا يوجد انتقال للصوت، فإذا سقط نيزكا من السماء واصطدم بسطح القمر فذلك يحدث في هدوء تام ولن نسمع أي صوت نتيجة لذلك الاصطدام.

٥) لا يوجد انتقال للحرارة فالفرق كبير بين درجتي حرارة الظل والحرور (المناطق المشمسة) في النهار. وكذلك التباين الشديد بين درجتي حرارة نهاره وليله، كما هو مبين في جدول 5-2.

جيولوجية القمر Moon's geology

يبدو القمر ككرة هامدة ليس عليه أي نشاط جيولوجي كالذي يحدث على الأرض، ولذلك يقول عنه العلماء إنه خامل جيولوجيا، وبالتالي فإننا لا نستطيع أن نتكلم عن غازات تخرج من باطن القمر كي تكون غلافا مثل غلاف الأرض الجوي. مظاهر السطح على القمر ثابتة، فلا يوجد به براكين أو زلازل أو غير ذلك من الأنشطة الجيولوجية المعروفة على سطح الأرض. كما أن عدم وجود غلاف جوي يعني أن عوامل التعرية المعروفة على سطح الأرض والتي تؤثر على الصخور غير موجودة على سطح القمر، والتغير الوحيد الذي يحدث باستمرار على سطح القمر هو الفوهات الناشئة عن ارتطام النيازك بسطحه. ومن أراد أن يدرك أهمية الغلاف الجوي للأرض وما يقوم به من دور في حماية الحياة على الأرض من أخطار الشهب فلينظر إلى سطح القمر ليرى كيف امتلأ سطحه بالفوهات الناشئة عن ارتطام الشهب به، فالحمد لله على نعمه وآلائه، فإن الشهب حين تدخل جو الأرض فإنها تحترق بفعل الاحتكاك وبالتالي لا يصل منها شيء إلى سطح الأرض.

يتركب القمر من وشاح وقشرة خارجية وليس له لب تقريباً. وتتركز في مركزه العناصر الثقيلة مما يدل على أن القمر كان في حالة انصهار في أطواره الأولى وبالتالي تجمعت العناصر الثقيلة في مركزه، ولكن كثافة مادته عموما أقل من الكثافة على سطح الأرض. ونتيجة لما تدل عليه الدراسات الجيولوجية من عدم وجود مادة منصهرة بداخل القمر في وضعه الحالي فلذلك ليس له مجال مغناطيسي. نستطيع أن نفهم من هذا أن القمر وصل إلى مرحلة متقدمة في البرودة من داخله أكثر من الأرض، والقشرة الخارجية للقمر صلبة ولكنها ليست متماثلة في جميع أجزاء السطح بل أن الجزء المواجه للأرض تكون القشرة فيه أقل في السمك 50 كم وأكبر في الكثافة عما هو الحال في الوجه البعيد عن الأرض والذي يبلغ سمكه 160 كم، وذلك لأن الوجه الأول واقع تحت تأثير جاذبية الأرض منذ نشأته، فحينما كان القمر شديد الحرارة تجمعت العناصر الثقيلة فيه في الوجه المقابل للأرض وبرد القمر على هذا الحال.

تضاريس سطح القمر Moon's surface

أكثر تضاريس سطح القمر المختلفة موجودة على الوجه المقابل للأرض وأهم هذه التضاريس ما يلي:

١) تربة القمر: تربة القمر مكونة من شظايا الصخور التي تتفتت نتيجة لارتطام النيازك التي تعرض لها سطح القمر، وما زال يتعرض لها، خاصة الارتطامات الناتجة من المواد النيزكية المتناهية في الصغر Micrometeoroids . ولا توجد عوامل تعرية لخلو القمر من الهواء والرياح.

٢) البحار: مساحات واسعة داكنة اللون التي تكون ما يشبه وجه الإنسان حينما نراها بأعيننا المجردة عندما يكون القمر بدراً. هذه المساحات الواسعة حينما شاهدها جاليليو بالمنظار لأول مرة ظنها بحارا وأطلق عليها اسم بحار Maria باللغة اللاتينية. هذه المساحات الواسعة عبارة عن منخفضات كبيرة أو صحون ضخمة Basins وهي تشبه كيميائياً بازلت اللافا Lava الذي ينطلق من البراكين الأرضية، وبالتالي لا تمت إلى البحار بأية صلة. ولونها داكن، وتشغل حوالى 0.15 من سطح القمر، وتتركز في وجه القمر المواجه للأرض. ولقد وجد أن مناطق البحار والصحون تحوى تحتها تركيزا أكثر من الكتل؛ أي أن المناطق التي تقع تحت مناطق البحار كتلتها أكثر من المناطق الأخرى. ومن تحليل عينات الصخور البازلتية التي جمعت بواسطة مركبات أبوللو من مناطق البحار والصحون تبين أن عمرها يتراوح بين 3.3 و 3.8 بليون سنة، وأن مصدرها هو المناطق العميقة من القشرة القمرية. هذا يعني أن سطح البحار القمرية والصحون قد تكون من خلال انفجار براكين في الماضي.

٣) الجبال: جبال القمر تختلف عن جبال الأرض في أنها تتخذ موقعا غريبا بالنسبة لسطح القمر فهي تحيط بحواف مناطق بحار القمر وصحونه، وأنها ليست حادة الحواف لعدم وجود عوامل التعرية والنحت التي تلعب دورا هاما في جعل حواف جبال الأرض حادة الشكل. ولكن لماذا تحيط جبال القمر بحواف الصحون ؟ الإجابة على هذا التساؤل تؤدي بنا إلى الإجابة على نشأة جبال القمر وأنها حقا مختلفة عن نشأة جبال الأرض. نحن نعرف أن الجبال الموجودة على الأرض نشأت بسبب حركة القشرة الأرضية، والناتجة عن النشاط الجيولوجي الذي تميزت به الأرض، ولكن القمر يعوزه هذا النشاط الذي توقف منذ فترة طويلة. يميل الفلكيون إلى الرأي بأن جبال القمر لا تعدوا أن تكون نتيجة تراكم الشظايا الناتجة عن الارتطامات الكبيرة التي كونت بحار القمر وصحونه. ومما يؤكد ذلك أن عمر صخور هذه الجبال يتواءم مع عمر صخور شظايا الارتطام التي جمعها رواد الفضاء من قاع بحار القمر وصحونه.

٤) المرتفعات: غنية بعنصر الألمونيوم، ولونها يميل إلى البياض، وتتركز على السطح الآخر للقمر الغير مواجه للأرض. ومن قياس أعمار الصخور الموجودة بالقرب من مناطق أراضي القمر العالية وجد أن عمر هذه الصخور يبلغ حوالي 4.4 بليون سنة، وهي من أقدم المناطق عمراً، وبالتالي من أول المناطق التي تكونت على سطح القمر. وشاهد حي على ذلك، أن مناطق أراضي القمر العالية ممتلئة امتلاءً رهيباً بالفوهات الارتطامية حيث كانت المجموعة الشمسية منذ حوالى 4.5 بليون سنة في أول نشأتها تعج بفتات المواد المكونة للكواكب الذي أخذ يسقط على الكواكب وأقمارها بما فيها قمرنا، وأخذ يسقط على مناطق أراضي القمر العالية التي تكونت في ذلك الوقت تقريباً، مكونة فوهات ارتطامية متداخلة فوق بعضها البعض وملتصقة. ونشاهدها الآن كتجاعيد الشيخوخة وقد تركت بصماتها على ذلك الجزء من وجه القمر.

٥) الفوهات الارتطامية: وهي فوهات متنوعة المساحة حسب وكثيرا ما تكون فوهات متداخلة نتيجة استمرار عمليات تساقط الأحجار. وعلى العديد من الفوهات التي تنتشر على سطح القمر أطلقت أسماء مشاهير العلماء ومنهم علماء مسلمين مثل البتاني والخوارزمي وثابت بن قرة وابن يونس وابن سينا والبيروني وغيرهم ممن كان لهم فضل في تطور علم الفلك.

نظرية الفوهات Craters theory

تنتشر الفوهات الناتجة عن سقوط الأحجار المتواجدة بين الكواكب والأقمار لأن هذه الأحجار تنتشر في جميع أنحاء المجموعة الشمسية. وتوجد نظرية مقبولة لتفسير وجود الفوهات على أقمار وكواكب المجموعة الشمسية منذ نشأتها. وبداية القصة أنه في فترة تكون المجموعة الشمسية كانت المادة تتجمع وتنكمش على بعضها البعض فتشكلت في هذه الأثناء، غير الشمس والكواكب والأقمار، تجمعات صغيرة من المادة وبأعداد هائلة والتي بردت بعد ذلك مكونة للأحجار، ويمكن توقع أن تكون هذه الأحجار متبقية من عملية تكوين الشمس والكواكب والأقمار. ولما كانت واقعة تحت تأثير جاذبية الكواكب والأقمار لذا فإنها تساقطت عليها محدثة كماً هائلاً من الفوهات على أسطحها بمعدل يعتقد العلماء أنه يزيد ألف مرة عن معدل تكون الفوهات في الوقت الحالي. ويعتقد العلماء أن ذلك قد حدث بعد حوالى نصف بليون سنة من تكون الكواكب والأقمار ثم قل معدل التساقط في خلال البليون سنة التالية وبعدها أصبح معدل تساقط الأحجار ثابت وهو المعدل الحالي. وأهم مصادر مادة الشهب في الوقت الحالي هو المذنبات والكويكبات، وأصبح هذا هو الحال منذ أكثر من 3 بليون سنة.

الفصل الثالث

حركة الأرض والقمر Earth and Moon's motion

حركة الأرض المدارية Earth revolution

استخدم الإنسان حركة الأرض حول الشمس كوحدة أساسية لبناء تقويم دقيق. تدور الأرض حول الشمس في مدة متوسطها 365.25 يوم. ومدة الدوران هذه تختلف حسب النقطة التي تقاس منها بداية الدورة. فمدة دوران الأرض حول الشمس بالنسبة للنجوم تسمى **السنة النجمية** sidereal year وتساوي 365.2564 يوم، ومدة دورتها بالنسبة لنقطة رأس الحمل (الاعتدال الربيعي) تسمى **السنة الفصلية** tropical year وتساوي 365.2422 يوم، ومدة دورتها بالنسبة لنقطة الحضيض تساوي 365.2596 يوم.

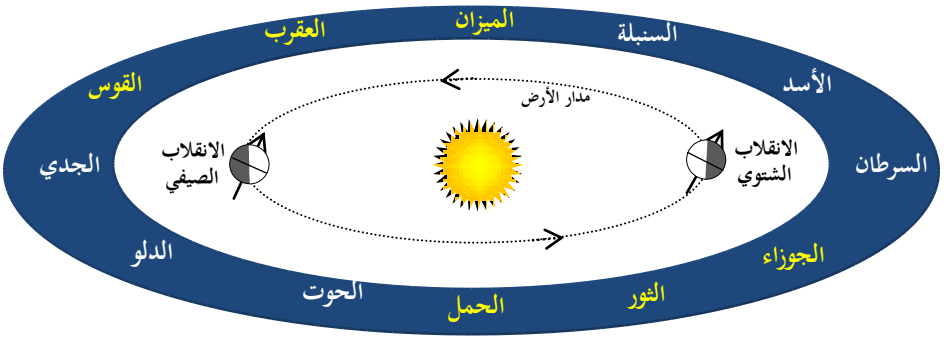
اقترح القيصر الروماني جوليس عام 46 ق.م. تقويما شمسيا معتمدا على السنة الفصلية، وسمي هذا التقويم باسمه، **التقويم الجولياني** Julian calendar. ظهرت المشكلة بداية في الكسر الموجود في طول السنة الفصلية وهو 0.2422 لأنه من الطبيعي أن يكون عدد أيام السنة عددا صحيحا من الأيام، ولكي يبسط هذا الكسر، فقد جعل طول السنة 365.25 يوما، وهذا يعني أن السنة الجولیانية تزيد عن السنة الفصلية بمقدار 0.0078 يوم والذي يساوي 11دقيقة و 15 ثانية؛ أي يوما كاملا كل حوالى 128 سنة، فالتاريخ طبقاً للتقويم الجولياني سيكون متأخراً قليلاً عن التاريخ الحقيقي المرتبط بالسنة الفصلية. أُهمل رُبع اليوم لثلاث سنوات متتالية لتصبح السنة فيه 365 يوم وتسمى **سنة بسيطة** simple year، وتجمع أو تُكبس الكسور في السنة الرابعة لتصبح 366 يوم وتسمى **سنة كبيسة** leap year، أي أن هناك سنة كبيسة كل أربع سنوات، وبمعنى آخر أن السنة التي تقبل القسمة على 4 تعتبر سنة كبيسة. قُسمت السنة اصطلاحا في التقويم الجولياني إلى 12 قسما أو شهرا (يسميها العرب قديما الأشهر الأعجمية) بعدد أيام ثابتة لكل شهر، عدا الشهر الثاني وهو فبراير، حيث يضاف اليوم الزائد في السنة الكبيسة إليه ليصبح 29 يوما، أنظر جدول 5-3. بالرغم من ضآلة الفرق بين السنة الجولیانية والسنة الفصلية إلا أن عملية تراكم الخطأ مع مرور السنوات والقرون كانت واضحة ولا يمكن أن تتماشى مع الواقع. بعد حوالى ستة عشر قرنا، لوحظ أنها تتأخر عن التاريخ الحقيقي بمقدار 10 أيام، فعمل البابا جريجوري الثالث عشر تصحيحا لهذا التقويم حيث سمي باسمه **التقويم الجريجوري** Gregorian calendar، وذلك بحذف هذه الأيام العشرة منه فكان يوم الخميس الرابع من أكتوبر عام 1582 متبوعا مباشرة بيوم الجمعة 15 أكتوبر 1582 وهو التاريخ المفترض أن يكون. ومثل التقويم الجولياني، جعلت السنة الجريجورية 365 يوما لثلاث سنوات متتالية ويكبس اليوم المتبقي في السنة الرابعة لتصبح 366 يوما، وحتى لا نرجع إلى نفس مشكلة التأخر عن التاريخ الحقيقي فقد أشترط للسنوات المئوية (القرون) في هذا التقويم أن تقبل القسمة على 400 بدلاً من 4 لتصبح سنة كبيسة، فالسنوات 1700, 1800, 1900 مثلا سنوات بسيطة في التقويم الجريجوري، بينما هي سنوات كبيسة في التقويم الجولياني، والسنة 2000 سنة كبيسة في كلا التقويمين. بهذه الطريقة أصبح متوسط طول السنة في التقويم الجريجوري 365.2425 يوما مقابل 365.2422 يوما في السنة الفصلية أي بفرق قدره 0.0003 يوما، أو يوما واحدا كل 3333 سنة. والتقويم الجريجوري هو التقويم الميلادي المعروف والمستخدم بشكل واسع في أغلب دول العالم. فمنذ يوم ضبط هذا التقويم حتى يومنا هذا أصبح التاريخ الحالي متأخراً بمقدار 3 ساعات تقريبا عن التاريخ الحقيقي،

أو بشكل أدق يتأخرالتقويم الجريجوري عن التقويم الحقيقي بمقدار 26 ثانية كل سنة. هناك شهور سريانية تستخدم في بعض الدول العربية وهي مطابقة للأشهر الميلادية وتختلف عنها بالاسم فقط كما هو مبين في جدول 5-3.

جدول 5-3: الأشهر الميلادية والسريانية

الاسم الافرنجي	الاسم السرياني	عدد أيامه	الاسم	الاسم السرياني	عدد أيامه
1 . يناير	كانون الثاني	31	2. فبراير	شباط	28 أو 29
3. مارس	أذار	31	4. إبريل	نيسان	30
5. مايو	أيار	31	6. يونيو	حزيران	30
7. يوليو	تموز	31	8. أغسطس	آب	31
9. سبتمبر	أيلول	30	10. أكتوبر	تشرين الأول	31
11. نوفمبر	تشرين الثاني	30	12. ديسمبر	كانون الأول	31

وتتعاقب الفصول الأربعة، الخريف والشتاء والربيع والصيف نتيجة لميل محور الأرض عن مستوى مدارها حول الشمس الذي يبلغ حوالى 23.5 درجة. مدار الأرض حول الشمس بيضاوي قليل التفلطح كما ذكرنا ذلك سابقا، فالفرق بين البعدين الحضيضي والأوجي يبلغ فقط 0.034 وحدة فلكية وهذا لا يسبب تغيرا يذكر في فصول السنة. فعندما يحل الشتاء في النصف الشمالي للأرض يكون الصيف قد حل في النصف الجنوبي، وتكون الأرض في الموقع الأقرب للشمس، ولكن بسبب ميلان محور الأرض فإن النصف الشمالي للأرض يكون مائلا مبتعدا عن الشمس، أما جنوب خط الاستواء فيكون مائلا باتجاه الشمس، شكل 5-11. دخول الشتاء في النصف الشمالي يوافق 21 ديسمبر ويعرف **بالانقلاب الشتوي** winter solstice وذلك لانقلاب الليل فيه من الزيادة إلى النقصان والنهار إلى الزيادة، وتكون الشمس فيه قد دخلت برج الجدي، بعدها بستة أشهر يحدث **الانقلاب الصيفي** summer solstice في 21 يونيو وذلك لانقلاب الليل والنهار بعكس ما سبق، وتكون الشمس في برج السرطان. ما بين هذين الانقلابين يحدث **الاعتدال الربيعي equinox** vernal في 21 مارس والشمس في برج الحمل، و**الاعتدال الخريفي equinox** autumnal في 23 سبتمبر والشمس في برج الميزان، ويتساوى الليل والنهار في الاعتدالين.



شكل 5-11: دائرة البروج

في الحقيقة لا يمكن الإحساس بحركة الأرض حول الشمس مباشرة، ولكنها تلاحظ بتغير موقع شروق وغروب الشمس بين الأبراج في السماء من يوم إلى آخر. في الانقلاب الشتوي تكون الشمس في برج الجدي، ثم تتحرك الأرض

في مدارها فتبدو الشمس وكأنها تحركت إلى برج الدلو ثم إلى برج الحوت حتى تصل الأرض إلى برج السرطان في الانقلاب الصيفي، ثم تبدو الشمس متحركة إلى الأسد والسنبلة حتى الجدي وذلك نتيجة لحركة الأرض حول الشمس. المسار المحدد الذي تتحرك فيه الشمس خلال الأبراج هو مسار الشمس الظاهري ويسمى **دائرة البروج** ecliptic، ونقول الظاهري لأن الحركة الحقيقة للأرض، وإنما تبدو الشمس لنا وكأنها تنزاح من موقع إلى آخر في السماء نتيجة لتغير موقع الأرض في مدارها. تدخل الشمس كل برج من هذه الأبراج في وقت محدد كما هو مبين في جدول 5-4، وتتم دورة كاملة في حركتها الظاهرية من الاعتدال الربيعي إلى رجوعها إليه في مدة 365.2422 يوما كما ذكرنا ذلك سابقا في السنة الفصلية، ومنها بُني **التقويم البروجي** حيث يمثل كل برج من هذه الأبراج الاثني عشر شهرا في التقويم البروجي، ويأخذ الشهر اسمه حسب البرج الذي تدخل فيه الشمس. طول السنة في هذا التقويم 365 يوما في السنة البسيطة و 366 يوما في الكبيسة، واليوم الزائد في الكبيسة يضاف إلى الشهر الأخير وهو الحوت ليصبح 29 يوما. وتكبس السنة في هذا التقويم طبقا للقاعدة المبينة لهذا الغرض في التقويم الجريجوري. يلاحظ أن هذا التقويم مرتبط دخوله بفصول السنة حيث يبدأ مع بداية فصل الربيع وفيه ثلاثة أشهر وهي: الحمل، الثور، والجوزاء. ثم الأشهر الثلاثة التالية لفصل الصيف وهكذا.

جدول 5-4: أشهر التقويم البروجي

الشهر	عدد الأيام	بدايته	الشهر	عدد الأيام	بدايته
1. الحمل	31	21 مارس	2. الثور	31	21 ابريل
3. الجوزاء	31	22 مايو	4. السرطان	31	22 يونية
5. الأسد	31	23 يولية	6. السنبلة	31	23 أغسطس
7. الميزان	30	23 سبتمبر	8. العقرب	30	23 أكتوبر
9. القوس	30	22 نوفمبر	10. الجدي	30	22 ديسمبر
11. الدلو	30	21 يناير	12. الحوت	29 أو 30	20 فبراير

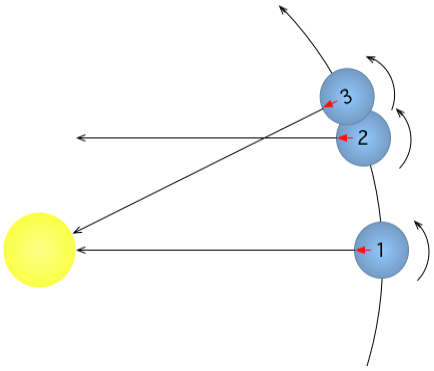
وهناك تقويم شمسي يتكون من 12 فصلاً أو شهراً تختلف أطوالها اختلافاً بيناً. ويغلب استخدامه بين المزارعين وأهل البوادي والبحارة في منطقة الجزيرة العربية والخليج العربي. وأسماء فصوله طبقاً للاسم الدارج للنجم أو النجوم التي تنزل فيها الشمس موضحة في جدول 5-5.

جدول 5-5: الأسماء الدارجة لمنازل الشمس

الاسم الدارج	عدد الأيام	بدايته	الاسم الدارج	عدد الأيام	بدايته
الذراعين	26	16 أبريل	سهيل	53	24 أغسطس
الثريا	39	12 مايو	الوسمي	52	16 أكتوبر
التويبع	13	20 يونيو	المربعانية	39	7 ديسمبر
الجوزاء	26	3 يوليو	الشبط	26	15 يناير
المرزم	13	29 يوليو	العقارب	39 أو 40	10 فبراير
الكليبين	13	11 أغسطس	الحميمين	26	21 مارس

حركة الأرض اليومية Earth's daily motion

أما حركة الأرض المحورية من الغرب إلى الشرق فإنه ينتج عنها الحركة اليومية لأجرام السماء من الشرق إلى الغرب. شروق وغروب الشمس أو أي نجم من النجوم مثلا يمكن اتخاذه مرجعا لتعريف وحدة اليوم، فالفترة الزمنية بين شروقين أو غروبين أو زوالين متتاليين للشمس تسمى **اليوم الشمسي الظاهري** apparent solar day، وللنجم تسمى **اليوم النجمي** sidereal day. وكلا اليومان يختلفان في الطول، حيث أن اليوم الشمسي يزيد تقريبا بمقدار 4 دقائق عن اليوم النجمي. فلو راقبت شروق نجم في يوم محدد فإن هذا النجم سيشرق في اليوم التالي مبكرا 4 دقائق، وبعد شهر سيشرق مبكرا 120 دقيقة، وبعد سنة سيشرق في نفس وقت شروقه في اليوم المحدد. في شكل 5-12 من الموقع 1 إلى الموقع 2 تكون الأرض قد أتمت لفة كاملة حول محورها بالنسبة لنجم (يوم نجمي)، ولكنها لم تتم الدورة بالنسبة للشمس إلا في الموقع 3 (يوم شمسي). يبدأ اليوم الشمسي وقت الظهر وذلك عندما تبلغ الشمس أقصى ارتفاع لها، أي وصولها **لخط الزوال** وهو الخط الوهمي الواصل بين الشمال والسمت والجنوب. من الواضح أن اليوم الشمسي مبني على الحركة الظاهرية اليومية للشمس، ومن السهولة عمل توقيت على أساس هذه الحركة وهو **التوقيت الشمسي** الذي كان مستخدما في الماضي على نطاق واسع جدا، ويضبط هذا التوقيت من خلال أداة تسمى **المزولة** sundial وهي مثل الساعة تعطي الوقت من خلال حركة ظل عصا مستقيمة أو شاخص على سطح أفقي كما في شكل 5-13.

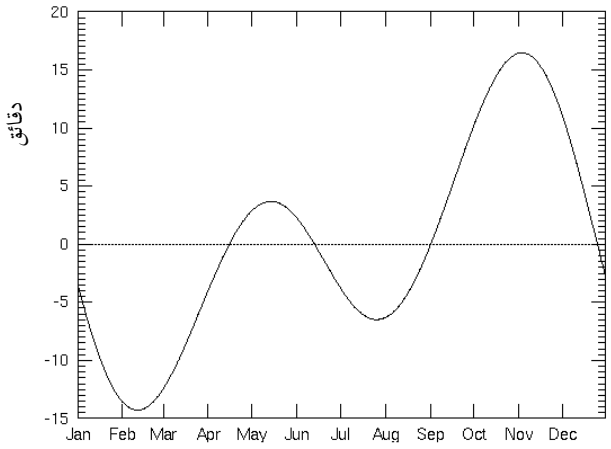


شكل 5-12: الفرق بين اليومين الشمسي والنجمي

يتغير طول اليوم الشمسي الظاهري خلال السنة بسببين: السبب الأول هو بيضاوية مدار الأرض فحسب قوانين كبلر فإن سرعة الأرض المدارية تتغير وتكون أقصاها عند الحضيض وأدناها عند الأوج، السبب الثاني هو ميلان دائرة البروج عن خط الاستواء السماوي فحركة الشمس الظاهرية متغيرة أيضا حيث تقل عند الاعتدالين وتزيد عند الانقلابين. هذا يدل على أن الشمس الحقيقية غير منتظمة السرعة ولا تعطي مؤشر دقيقاً وثابتاً للوقت، لذا وُضع توقيت ثابت ومنتظم هو **التوقيت الشمسي الوسطي** (MST) mean solar time القائم على فكرة افتراض شمس تخيلية تسير على خط الاستواء السماوي وبسرعة منتظمة تساوي متوسط سرعة الشمس، ويكون طول اليوم الشمسي الوسطي ثابت، وهو التوقيت المستخدم في حياتنا اليومية، ويُقسم هذا اليوم إلى 24 فترة متساوية تسمى كل فترة ساعة والتي تقسم بدورها إلى 60 دقيقة، والدقيقة تقسم أيضاً إلى 60 ثانية، فالقيمة الثابتة لطول اليوم الشمسي تساوي 86400 ثانية. الفرق بين التوقيتين الشمسيين الظاهري والوسطي يسمى **معادلة الوقت** equation of time وهو يتراوح بين 14- إلى 16+ دقيقة،

كما في شكل 5-14. نود الإشارة هنا أن تأثير القمر بقوى المد والجزر على الأرض يسبب تباطؤ في مدة لف الأرض المحورية وبالتالي زيادة ضئيلة جدا في طول اليوم الشمس تساوي 1.4 ملي ثانية كل قرن.

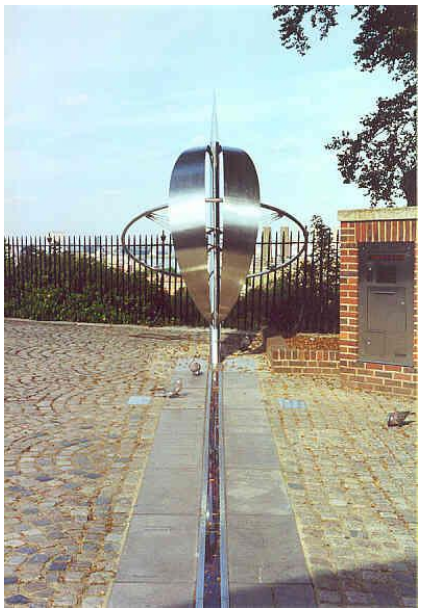
شكل 5-13: مزولة شمسية (مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية)



شكل 5-14: معادلة الوقت خلال السنة

قُسمت الكرة الأرضية إلى خطوط طول، عددها 360 خطا، تبدأ من خط طول صفر المعروف **بخط جرينتش** نسبة لمروره بمدينة جرينتش بالقرب من لندن، شكل 5-15. وتتوزع خطوط الطول بالتساوي شرق وغرب جرينتش، بعدد 180 خطا في كلا الجهتين. التوقيت طبقا لخط طول جرينتش يسمى **التوقيت العالمي** universal time (UT)، أو توقيت جرينتش، وبدأ مع تأسيس المرصد الملكي في جرينتش عام 1675 م. ويزداد التوقيت عن توقيت جرينتش بالاتجاه شرقا، ويتناقص بالاتجاه غربا. فمن الطبيعي أن تشرق الشمس على خط طول معين قبل شروقها على خط طول يليه باتجاه الغرب. فعلى سبيل المثال خط طول الرياض شرق خط طول مكة المكرمة بحوالى 7 درجات، ومن ثم فإن شروق الشمس في الرياض قبل مكة بحوالى 28 دقيقة؛ لأن فرق التوقيت بين خطي طول يساوي 4 درجات.

نستنتج من هذا أن لكل خط طول توقيت خاص به يسمى **التوقيت المحلي** local time (LT)، ويترتب عليه أنه عند تنقلك من مدينتك التي تقطن بها إلى مدينة مجاورة يجب عليك أن تغير توقيت ساعتك، وبالتالي سيكون في الدولة الواحدة عدد كبير من التوقيتات المحلية مما يصعب معه تيسير أمور الحياة المدنية مثل أوقات العمل، ورحلات الطيران والقطارات ...، لذا قُسم العالم إلى 24 **منطقة توقيتية time zones** تتبع كل منها خط طول معياري يبدأ من خط جرينتش ثم خط طول 15 ومضاعفاته في كلا الاتجاهين شرق وغرب جرينتش؛ أي أن الوقت يزداد بانتظام بمقدار ساعة عن توقيت جرينتش كلما اتجهنا شرقاً ويتناقص بنفس القدر باتجاه الغرب، حتى خط طول 180 درجة الذي هو امتداد لخط جرينتش، ويسمى **خط التاريخ العالمي** International date line، شكل 5-16، فعند عبور هذا الخط باتجاه الشرق يقدم التوقيت 24 ساعة، وعبوره باتجاه الغرب يؤخر التوقيت 24 ساعة. وليست المناطق التوقيتية متساوية بل يحكمها أمور جغرافية وسياسية يحتم عليها أن تختلف في مساحاتها. وكل منطقة يخضع توقيتها حسب خط الطول المعياري المار فيها أو بالقرب منها (وتشذ بعض المناطق عن هذا الاتفاق وتتبع خط طول معياري لا يندرج تحت مضاعفات الرقم 15). هذا التوقيت يسمى **التوقيت المدني** civil time (CT) وهو بالطبع توقيت اتفاقي القصد منه تيسير أمور الحياة وذلك بتوحيد التوقيت لجميع مدن المنطقة.

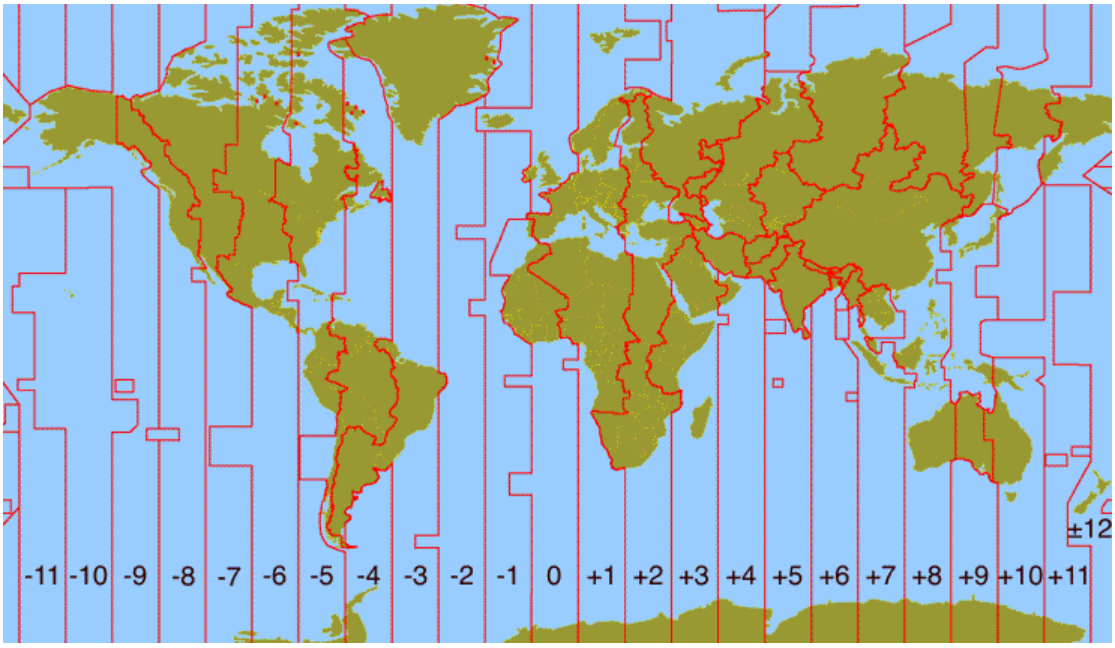


شكل 5-15: خط طول جرينتش

بالنسبة لنا في السعودية فإن التوقيت المدني يتبع خط طول 45 درجة شرقاً وهو توقيت الساعة التي في معصمك سواءً كنت هنا في الرياض أو سافرت إلى أي مدينة أخرى مهما بعدت داخل السعودية أو في نطاق منطقة الخط 45 درجة الزمنية. فإذا انتقلت مثلا إلى القاهرة الذي يتبع توقيتها خط الطول المعياري 30 درجة شرقا، وجب عليك أن تؤخر ساعتك ساعة واحدة، وبالعكس إذا انتقلت إلى أبوظبي مثلا، فإنك تقدم توقيتك ساعة واحدة لخضوع توقيتها لخط طول 60 درجة شرقا. ويمكن حساب التوقيت المدني أو خط الطول المعياري لأي منطقة من العلاقة الآتية:

$$CT = UT \pm (\frac{Lo}{15})$$

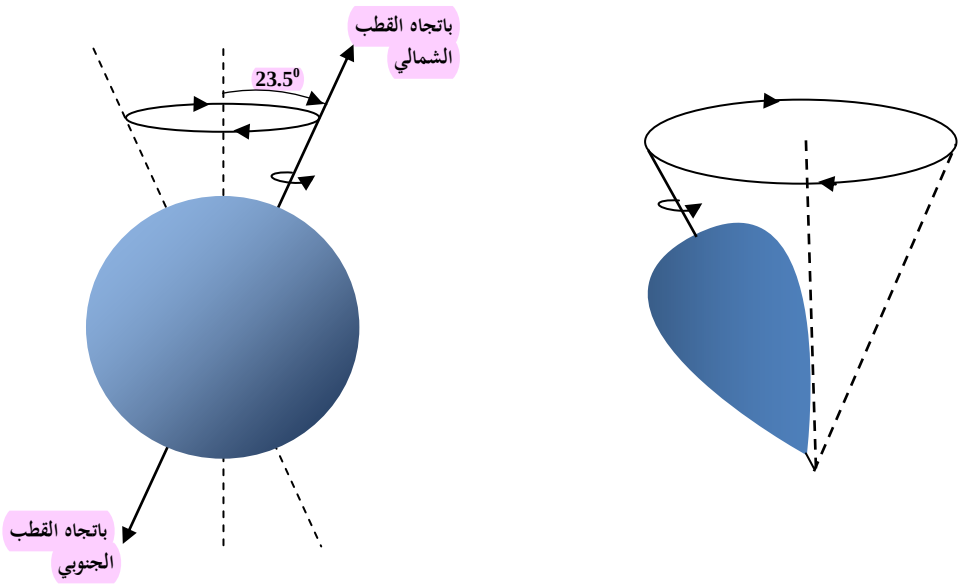
حيث أن L_o تمثل خط الطول المعياري. ويكون بالسالب للمناطق التي غرب خط جرينتش.



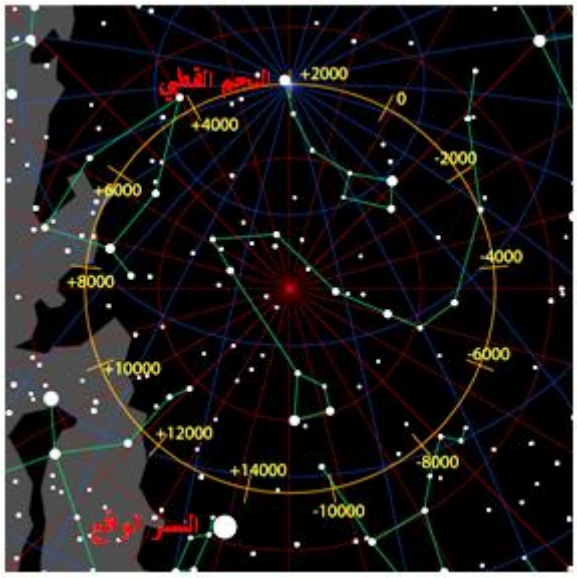
شكل 5-16: المناطق التوقيتية

السبق Precession

شكل الأرض ليس كرويا تماما، ولكنها منبعجة قليلا عند خط الاستواء ومفلطحة عند القطبين، وبسبب تأثير جاذبية القمر بشكل أساسي على الأرض وكذلك جاذبية الشمس، فإن حركة الأرض المحورية تشابه حركة لف مِغزل، فهو يترنح بحركته المحورية محدثا تغيرا في اتجاه محوره، تسمى هذه الحركة **بالسبق** precession (أو حركة الإقبال كما كان يسميها الفلكيون العرب قديما)، شكل 5-17. يتغير اتجاه محور الأرض في السماء من وقت لآخر نتيجة للسبق ويرجع إلى نفس موقعه بعد فترة قدرها 25800 سنة، وكأنه قد رسم خلال هذه الفترة دائرة في السماء نصف قطرها يساوي 23.5 درجة وهي زاوية ميل محور الأرض عن مستوى دائرة البروج. يقع النجم القطبي (يسميه عامة الناس الجدي) في الفترة الحالية بالقرب من القطب الشمالي، أو بمعنى آخر أن محور الأرض يشير تقريبا إلى النجم القطبي، فهو يدل دائما على جهة الشمال. لكن هل هذه الديمومة صحيحة؟، بالطبع لا، لأنه نتيجة للسبق فإن محور الأرض سيتحرك مشيرا بعد فترة من الزمن إلى نجم آخر غير النجم القطبي. ففي حوالى سنة 14000 م أي بعد 12000 سنة من الآن سيصبح النجم اللامع النسر الواقع بالقرب من القطب الشمالي ويكون حينها هو النجم الدال على جهة الشمال، شكل 5-18. بناء على ذلك فإن مواقع النجوم في السماء ستتغير ببطء شديد للغاية نتيجة للسبق (وهذا غير التغير بسبب الحركة الذاتية للنجم التي سنتحدث عنها في الباب العاشر)، وبالتالي عندما نقول أن الاعتدال الربيعي يحدث في 21 مارس وذلك عند دخول الشمس برج الحمل، فإن هذا ليس صحيحا حاليا بل أن الشمس في 21 مارس تكون في أول برج الحوت. وتتغير أيضا تواريخ دخول البروج عما هي عليه الآن بزيادة متوسطها تقريبا شهر واحد، وذلك لأن تواريخ البروج المتعارف عليها، جدول 5-4، قد وضُعت قبل أكثر من ألفي عام وخلال هذه المدة حدث تغير لمواقعها بسبب السبق، ولم يعمل تصحيح للتقويم البروجي لكي يتماشى مع حقيقة مواقع الشمس في السماء، وقد يكون السبب في ذلك هو عدم شيوع استخدامه بين الناس.



شكل 5-17: مقارنة بين لف مغزل ولف الأرض. في الرسم الأول: السبق كما يتضح على لف المغزل حول محوره، والثانية: السبق لمحور الأرض بسبب تأثير قوة جذب القمر والشمس على الأرض.



شكل 5-18: الدائرة التي يعملها محور الأرض نتيجة للسبق خلال 258000 سنة

دوران القمر حول الأرض Moon's revolution

يتم القمر دورة أطواره من هلال حتى الهلال الجديد في مدة متوسطها 29.53055 يوما، والتقويم القمري يتكون من اثني عشر شهرا وبالتالي فإن طول السنة القمرية 354.3667 يوما. التقويم الهجري هو تقويم قمري سمي بذلك نسبة إلى هجرة الرسول صلى الله عليه وسلم من مكة إلى المدينة التي وصلها في 12 ربيع الأول، ثم أمر الخليفة عمر بن الخطاب رضي الله عنه أن تبدأ السنة الهجرية في الأول من شهر محرم وهو يوافق 15 يوليو 622 م. تنبثق أهمية التقويم الهجري في أن العبادات والأحكام الشرعية المرتبطة بوقت أو فترة زمنية تكون مبنية على أساسه، مثل شهر رمضان

المبارك وشهر ذو الحجة، وحول الزكاة وهو سنة قمرية كاملة، وكفارة صيام شهرين هي شهرين قمريين، وأعمار الأضاحي من المواشي وزكاتها بالسنوات القمرية ... وغيرها.

من الطبيعي أن يكون عدد أيام الشهر عددا صحيحا من الأيام، فالشهر القمري لا بد أن تكون أيامه 29 أو 30 يوما يعتمد على وقت مشاهدة هلال أول الشهر أو على وقت اقترن القمر مع الشمس، وطول الأشهر ليس ثابتا بل يتغير من سنة لأخرى. السنة البسيطة عدد أيامها 354 يوما وتزيد الكبيسة بيوم واحد. في الحقيقة لا يمكن عمل تقويم قمري أشهره مبنية على رؤية الهلال لسنة أو سنوات قادمة، لأن الرؤية لا تُعرف مسبقا، ويجب أن تكون في وقتها، وكل شهر له ظروف رؤيته الخاصة به. رؤية هلال أول الشهر محددة بعوامل لا يمكن التكهن بها، وقد يكون الهلال موجودا بعد غروب الشمس في أفق منطقة معينة، ولكن لا يشاهد بسبب وجود موانع جوية مثل غيوم أو غبار أو غيره، فإذا لم يشاهد ليلة الثلاثين فيُكمل الشهر. من السهل، بل من المطلوب عمل تقويم قمري لسنوات عديدة قادمة، أساسه قائم على الحساب، وذلك لتيسير حياة الناس ووضع الخطط المستقبلية. ومن أشهر هذه التقاويم **تقويم أم القرى**، الذي يشترط أن يكون وقت اقتران الشمس والقمر قبل غروب الشمس في مكة المكرمة وأن يغرب الهلال بعد الشمس فيها. وقد استخدم الفلكيون القدامى تقويما تكون الشهور الفردية (محرم، ربيع الأول ..) عدد أيامها ثلاثون يوما والزوجية (صفر، ربيع الثاني ..) 29 يوما عدا شهر ذي الحجة فإنه يكون تاما في السنة الكبيسة. ويكون في هذا التقويم دورة من ثلاثين سنة تحوي 11 سنة كبيسة و 19 سنة بسيطة. ويقدم الفلكيون حسابات فلكية دقيقة يمكن من خلالها تحديد الشروط والضوابط اللازمة لضبط عملية رؤية أهلة الشهور العربية من خلال الشروط التالية:

١) حساب وقت ولادة الهلال.
٢) هل يغرب القمر بعد غروب الشمس فيمكن رصده، أم يغرب قبلها فتستحيل الرؤية.
٣) فترة مكثه فوق الأفق بعد غروب الشمس ، وارتفاعه فوق الأفق لحظة غروب الشمس.
٤) تحديد الموقع في جهة الغرب الذي يمكن البحث فيه عن الهلال الوليد.

الفرق بين السنتين الميلادية والهجرية يتراوح ما بين 10 إلى 12 يوما حسب السنة الكبيسة في كل منهما، وبشكل عام كل 33 سنة قمرية يقابلها 32 سنة ميلادية. والتحويل بين التقويمين الهجري والميلادي ليس بالسهولة، ولكن يمكن التحويل بشكل تقريبي باستخدام العلاقتين:

$$\text{Gregorian year} = \left(\text{Hijri year} \times \frac{32}{33}\right) + 622$$

$$\text{Hijri year} = (\text{Gregorian year} - 622) \times \frac{33}{32}$$

ولقد قسم العرب مدار القمر إلى 28 جزءا متساويا حسب موقعه في السماء بالنسبة للنجوم. وسميت هذه الأجزاء منازل القمر، وينتقل من منزلة إلى أخرى كل يوم. والمنزلة تحوي في الغالب نجما أو أكثر من نجوم الأبراج كما في جدول 5-6 .

جدول 5-6 : منازل القمر

1	الشرطين	8	النثرة	15	الغفر	22	سعد الذابح
2	البطين	9	الطرف	16	الزبانا	23	سعد بلع
3	الثريا	10	الجبهة	17	الإكليل	24	سعد السعود
4	الدبران	11	الزبرة	18	القلب	25	سعد الأخبية

5	الهقعة	12	الصرفة	19	الشولة	26	المقدم
6	الهنعة	13	العواء	20	النعايم	27	المؤخر
7	الذراع	14	السماك	21	البلدة	28	الرشا

الكسوف والخسوف Eclipses

ظاهرتا الكسوف والخسوف من الظواهر الفلكية المثيرة. وقد أثارت هاتان الظاهرتان الإنسان على مر العصور فدونها في سجلاته اليومية أو الحولية التي أصبحت مرجعاً فلكياً مهماً يرجع إليه. ومن المتعارف عليه لدى الفلكيين أن الكسوف مصطلح يراد به اختفاء ضوء الشمس، أما الخسوف فمرتبط باختفاء ضوء القمر، سواء كان هذا الاختفاء جزئيا أم كليا.

الظل الناشئ من القمر أو الأرض عبارة عن شكل مخروط وذلك بسبب الشكل الكروي لهما. ويمتد ظل الأرض في الفضاء إلى مسافة 1.5 مليون كم تقريبا، وحجمه كبير جدا مقارنة بالقمر، فإذا وقع القمر في ظل الأرض فسوف يُحجب عنه ضوء الشمس فينخسف نوره. أما ظل القمر فهو صغير بسبب صغر حجم القمر بالنسبة للأرض ولن يستطيع أن يغطي إلا جزءا من سطح الأرض، فالمناطق التي يقع عليها ظل القمر يحجب عنها ضوء الشمس ونقول حينها أن الشمس قد كسفت في هذه المناطق. يميل مستوى دوران القمر حول الأرض على دائرة البروج بزاوية مقدارها 5.15 درجة، ورغم أنها تعتبر زاوية صغيرة إلا أنها مؤثرة في عدم حدوث كسوف وخسوف كل شهر قمري، فالقمر أثناء دورانه حول الأرض في مداره المائل يتحرك صاعدا مستوى دائرة البروج من نقطة تسمى عقدة الصعود، وهابطا من نقطة تسمى عقدة الهبوط، والخط الواصل بين هاتين العقدتين يسمى خط العقد line of nodes. ولابد من وقوع الشمس والأرض والقمر على خط العقد تقريبا حتى يتحقق حدوث الكسوف أو الخسوف.

أولا: كسوف الشمس Solar eclipse

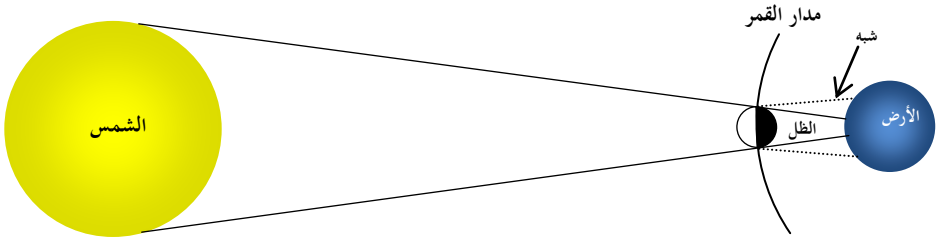
يكون حدوثه في نهاية الشهر القمري عندما يكون القمر محاقا. ذكرنا سابقا أن ظل القمر يمتد إلى مسافة محدودة فهي تتراوح ما بين 365000 و 378000 كم تقريبا، بينما المسافة بين القمر والأرض تتراوح ما بين 347000 و 398000 كم؛ أي أن هناك احتمال أن ينتهي ظل القمر قبل وصوله إلى الأرض، نتيجة لذلك فإن الكسوف يتخذ أنواع ثلاثة كما في شكل 5-19 وهي:

1) كسوف كلي total solar eclipse: يشاهد من الأماكن التي تغطى بظل القمر، وهذه الأماكن تقع على شريط لا يتجاوز عرضه 370 كم يمثل مسار طرف مخروط الظل على الأرض، شكل 5-20. وقد يستغرق هذا الكسوف 7.5 دقيقة كحد أقصى، ولكن لم تسجل هذه المدة حتى الآن.

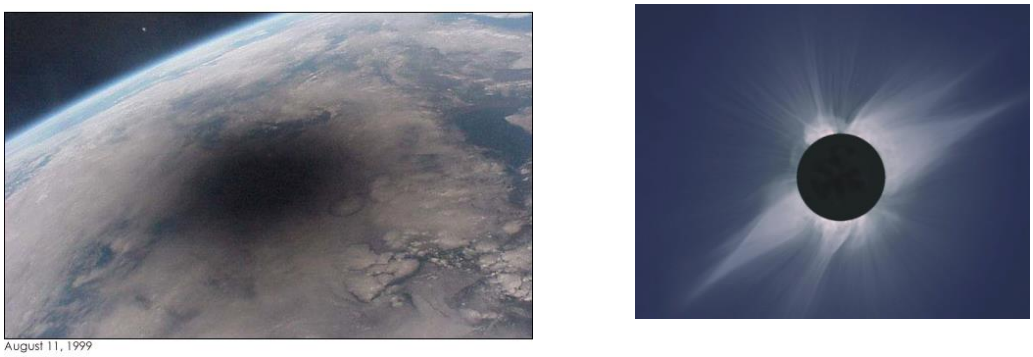
2) كسوف جزئي partial eclipse: يشاهد من المناطق المجاورة لشريط الظل وهي المناطق الواقعة في شبه الظل، وتشاهد الشمس كاسفة جزئياً، شكل 5-21. ودائرة شبه ظل القمر الواقعة على الأرض متوسط قطرها 4000 كم.

٣) كسوف حلقي annular eclipse: يحدث إذا كان بعد القمر عن الأرض كبير بحيث ينتهي ظل القمر قبل الوصول إلى سطح الأرض. ويُرى قرص الشمس في هذه الحالة كدائرة سوداء تحيط بها حلقة مضيئة هي الجزء الظاهر من قرص

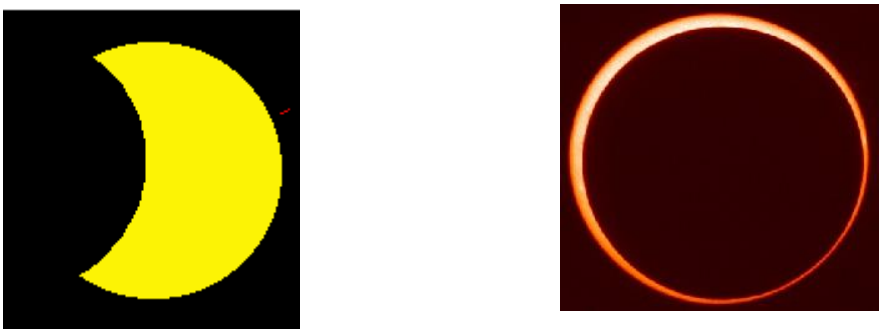
الشمس، شكل 5-21. الأماكن التي يمكن أن يرى منها الكسوف الحلقي تقع على شريط ضيق عرضه 370 كم، وترى الشمس كاسفة جزئياً من المناطق المجاورة لهذا الشريط.



شكل 5-19: شكل هندسي لكسوف الشمس. المناطق على الأرض الواقعة في ظل القمر تكسف عندها الشمس كليا، بينما المناطق الواقعة في شبه الظل تكسف عندها الشمس جزئيا.



شكل 5-20: على اليمين صورة للشمس وقت الكسوف الكلي، على اليسار مناطق ظل القمر الواقعة على الأرض ويحدث فيها كسوف للشمس. (المصدر: NASA)



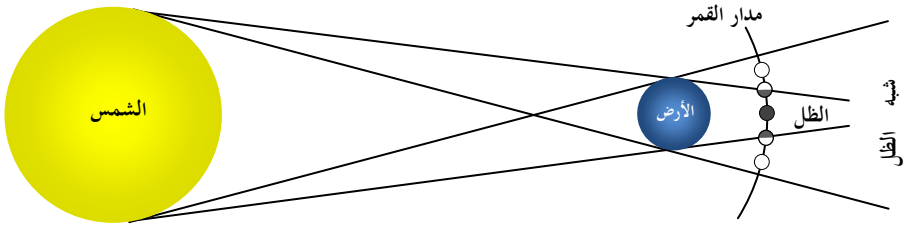
شكل 5-21: كسوف حلقي (يمين) وكسوف جزئي (يسار). (NASA)

ثانيا: خسوف القمر Lunar eclipse

يحدث الخسوف عند وقوع القمر في ظل الأرض أي خلف الأرض بالنسبة للشمس، ويكون حدوثه في منتصف الشهر القمري عندما يكون القمر في مرحلة البدر. يمتد ظل الأرض في الفضاء إلى مسافة تفوق أضعاف بعد

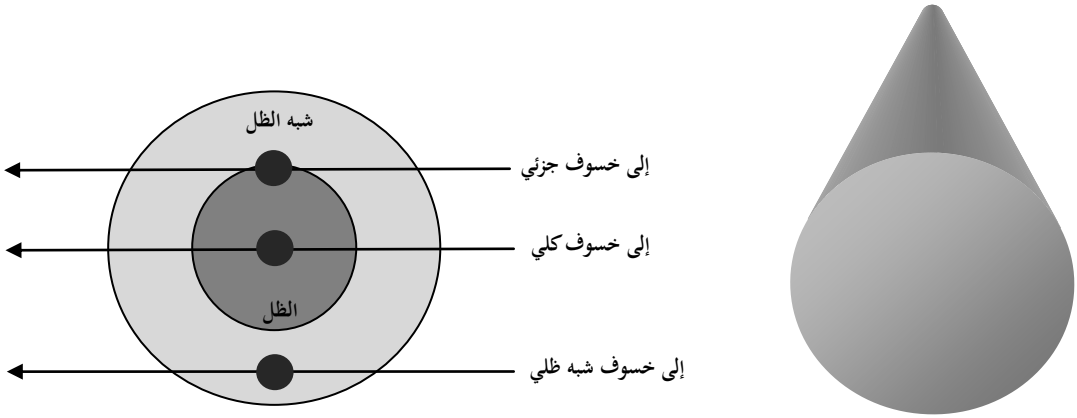
الأرض عن القمر، وبالتالي يدخل القمر بسهولة في ظل الأرض. يحيط بمخروط ظل الأرض مخروط آخر أقل إعتاما يسمى شبه الظل. يبين شكل 5-22 الشكل الهندسي لظاهرة الخسوف حيث تقع الأرض بين الشمس والقمر، ويتضح مسار القمر في منطقتي الظل وشبه الظل وحجمه الصغير مقارنة بهما. يتغير لمعان القمر حسب وقوعه في الظل أو شبه الظل أو بينهما، فعند دخوله في شبه الظل فإن لمعانه يخفت خفوتا ضئيلا لا تلاحظه عين الإنسان، ويسمى **خسوف شبه ظلي** penumbral lunar eclipse. إما إذا دخل جزءا من القمر في الظل فإن هذا الجزء سيذهب لمعانه بينما الجزء الآخر الذي في شبه الظل سيبقى لامعاً كما يشاهد بالعين المجردة ويسمى هذا **خسوف جزئي**، فإذا دخل القمر بكامله في الظل فسيكون **خسوف كلي**. من المفترض أن لا يشاهد القمر في الخسوف الكلي، ولكن الحقيقة غير ذلك حيث يبدو القمر مائلا للحمرة وذلك بسبب أن ظل الأرض ليس مظلماً تماماً وإنما يدخله بعض الإشعاع الأحمر القادم من الشمس والمنكسر بسبب الغلاف الجوي للأرض، شكل 5-23. أطول مدة للخسوف تستمر لمدة 3 ساعات و 40 دقيقة، منها ساعة و 40 ودقيقة للخسوف الكلي كحد أعلى.

تعتمد مدة الخسوف ونوعه على مسار القمر في الظل وشبه الظل، فمقطع مخروط الظل وشبه الظل هو دائرة، فلو كان مسار القمر مارا بمركز هذه الدائرة فسوف يأخذ الخسوف مراحله المختلفة وستبلغ مدة الخسوف أقصاها، كما في شكل 5-24. إذا حدث خسوف فإن رؤيته ممكنة لأي موقع في نصف الكرة الأرضية المعاكس للشمس أي جميع المناطق التي عندها ليل، وعليه فإن احتمال عدد المشاهدين للخسوف أكبر بمراحل من المشاهدين للكسوف، وهذا هو السبب في شيوع رؤية الخسوف بالرغم من أن عدد مرات حدوثه أقل من عدد مرات الكسوف. وبالحساب الفلكي يمكن معرفة الكسوفات والخسوفات القادمة، وأماكن مشاهدتها على الكرة الأرضية، وتوضع جداول وخرائط بهذا الخصوص.



شكل 5-22: شكل هندسي لخسوف القمر. مسار القمر في شبه الظل (خسوف شبه ظلي)، وبين الظل وشبه الظل (خسوف جزئي)، وفي الظل (خسوف كلي).

شكل 5-23: خسوف كلي للقمر (يمين)، وخسوف جزئي (يسار) (مرصد جامعة الملك سعود).



شكل 5-24: (يمين) مقطع لمخروط ظل الأرض والذي يمتد في الفضاء إلى مسافة مليون ونصف كم، (يسار) مسار القمر في الظل وشبه ظل الأرض عند مدار القمر.

ثالثا: دورة ساروس Saros cycle

ذكرنا سابقا أن الشمس في حركتها الظاهرية تتم دورة كاملة في 365.25 يوم بالنسبة للنجوم، ولكنها تتم هذه الدورة في 346.6 يوم بالنسبة لخط العقد، وذلك لأن خط العقد يتحرك ببطء بإتجاه الغرب، وتسمى هذه المدة بالسنة الكسوفية. تتكرر نفس ظواهر الكسوف والخسوف وبنفس النمط كل 19 سنة كسوفية، وهي التي تعرف بدورة ساروس، أي أن: دورة ساروس= 18 سنة شمسية و 11.3 يوم = 18 سنة هجرية و 7 شهور هجرية. فلو حدثت كسوفات وخسوفات في سنة ما، فإن نفسها ستحدث بنفس الترتيب بعد دورة لساروس أي بعد 18 سنة شمسية و 11.3 يوم. وبما أن دورة ساروس تتضمن 0.3 يوم أي 8 ساعات فهذا يعني أن الظاهرة لن تشاهد من نفس المنطقة بل تشاهد في المناطق الواقعة 8 ساعات غربا، وسنتوقع مشاهدة نفس الظاهرة ومن نفس المنطقة بعد ثلاث دورات ساروس، أي 54 سنة شمسية و 34 يوم (55 سنة هجرية و 9 شهور).

ملخص Summary

١) يتكون الغلاف الجوي للأرض من أربع طبقات وهي: التروبوسفير والستراتوسفير والميزوسفير والأيونوسفير.

٢) تقع طبقة الأوزون بين الستراتوسفير والميزوسفير.

٣) تقل نسبة غاز الأوزون لأقل قيمة لها في شهر سبتمبر وأكتوبر ونوفمبر من كل عام.

٤) منطقة تناقص الأوزون تقع عند القطب الجنوبي ويلاحظ العلماء وجود تناقص مستمر في نسبة الأوزون.

٥) مظاهر الطقس على الأرض ترجع إلى عاملين هما تغير درجة الحرارة من مكان لآخر ولف الأرض حول نفسها.

٦) الأرض نشطة جيولوجيا مما يؤدي إلى إثراء سطحها بما في باطنها من خيرات، من معادن وأكسجين وماء وتربة صالحة للزراعة. إن النشاط الجيولوجي هو حياة كوكبنا رغم أنه مخوف للإنسان.

٧) للمجال المغناطيسي دور هام في حماية الأرض من الرياح الشمسية.

٨) الأرض من الكواكب التي تطورت عن الصورة التي نشأت عليها.

٩) يلف القمر حول نفسه في نفس مدة دورانه حول الأرض (27.3 يوم)، لذلك يواجه القمر الأرض بوجه ثابت.

١٠) كثافة القمر المتوسطة أقل من كثافة الأرض المتوسطة.

١١) لا توجد عناصر ثقيلة منصهرة في مركز القمر ولذلك ليس له مجال مغناطيسي.

١٢) يتكون القمر من قشرة ووشاح فقط.

١٣) يتميز سطح القمر بظاهرة الفوهات الكثيرة وذلك بسبب عدم وجود غلاف جوي حوله.

١٤) فيما عدا ظاهرة الفوهات فإن القمر خامل جيولوجيا.

١٥) تدور الأرض حول الشمس ومن ذلك نحسب طول السنة والمواسم الأربعة.

١٦) تلف الأرض حول محورها مما يتسبب في تعاقب الليل والنهار ومن خلال تلك الحركة تم تعريف وحدات الزمن: اليوم والساعة.

١٧) يدور القمر حول الأرض مع دوران الأرض حول الشمس ومن هنا تم تحديد التوقيت القمري من خلال حركة القمر في أطواره المختلفة.

١٨) يحدث كسوف الشمس عندما تختفي الشمس خلف القمر ويحدث خسوف القمر عندما يدخل القمر في ظل الأرض.

أسئلة: علل:

١) للأرض مجال مغناطيسي.

٢) تزداد درجة الحرارة كلما ارتفعنا في طبقة الستراتوسفير.

٣) عاكسية الأرض عالية.

٤) نرى وجها ثابتا من القمر.

٥) ما هو السبب في عدم وجود غلاف جوي للقمر.

٦) إذا سقط نيزك على سطح القمر، كم من الزمن تعتقد أنه يلزمك لسماع صوته؟ لماذا؟.

٧) لا يمكن رؤية شهبا في ليل أو نهار القمر.

٨) التفاوت الكبير بين متوسط درجة حرارة نهار وليل القمر مقارنة بنظيرتها على الأرض.

٩) انخفاض سرعة الهروب على سطح القمر مقارنة بنظيرتها على الأرض.

١٠) لا نتوقع وجود مياه على سطح القمر.

١١) إذا كنت على سطح القمر هل يمكنك استخدام البوصلة المغناطيسية لمعرفة اتجاه الشمال المغناطيسي؟ علل إجابتك.