أساسيات علم الفلك

المستوى-١

أنور آل محمد

الإصدار الثاني-١٤٢٤هـ

المحتويات

الدرس	صفحة
الأول: علم الفلك، تعريفه، أهميته، تطوره، أساسياته	٤
الثاني: منشأ حركة الأجرام الفلكية وتحديد مواقعها	٩
الثالث: حركة القمر	١٤
الرابع: معايير رؤية الهلال	١٩
الخامس: ظاهرة الخسوف والكسوف والمد والجزر	٢٦
السادس: المجموعة الشمسية وحركة الكواكب	٣٢
السابع: النجوم والبروج	٣٧
الثامن: التقويم والتوقيت وفصول السنة	٤٢
التاسع: أدوات الرصد الفلكية	٤٧

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ إن في خلق السماوات والأرض واختلاف الليل والنهار لآيات لأولي الألباب ﴾ آل عمران (١٩٠)

﴿ قل سيروا في الأرض فانظروا كيف بدأ الخلق ثم الله ينشئ النشأة الآخرة إن الله على كل شيء قدير ﴾ العنكبوت (٢٠)

﴿ الله الذي خلق سبع سماوات طباقاً ما ترى في خلق الرحمن من تفاوت فارجع البصر هل ترى من فطور ۞ ثم ارجع البصر كرتين ينقلب إليك البصر خاسئاً وهو حسير ﴾ الملك (٣، ٤)

الدرس الأول

علم الفلك، تعريفه، أهميته، تطوره، أساسياته

١-١- علم الفلك

العلم الذي يدرس نشأة الأجرام الفلكية وحركتها ومواقعها. ويختلف عن :

أ- التنجيم (Astrology) : الذي يحاول وضع علاقة بين الأجرام الفلكية والأحداث.

ب- علوم الكون (Cosmology) : الذي يدرس نشأة الكون ويضع تصور لهيئة الكون الطبيعي.

ج- الفيزياء الفلكية (Astrophysics) : التي تدرس العلاقة بين القوى الطبيعية والأجرام الفلكية.

١-٢-أسباب عدم اهتمام الناس بعلم الفلك

أولاً: أسباب حقيقية

أ- تناوب الليل والنهار.

ب- قصر الوحدة الزمنية للحركة التي يدركها الإنسان مقارنة مع حركة الأجرام الفلكية.

جـ- قصر عمر الإنسان مقارنة بالتحولات والدورات الفلكية.

ثانياً: أسباب ظرفية

أ- ظهور وسائل توقيت أدق من الإعتماد على الأجرام.

ب- كثرة الأضواء الكهربية التي تحجب عن عامة الناس جمال القبة السماوية.

جـ- الاعتقاد بأن علم الفلك علم معقد يحتاج للكثير من الجهد لفهمه.

١-٣- أهمية تعلم علم الفلك

أ- علم يري المخلوق عظمة الخالق ودقة صنعه وكذلك يريه سعة هذا الكون ومقدار الحيز الزماني والمكاني الذي يشغله الإنسان في هذا الكون. وهو أحد مصاديق التفكر في خلق السموات والأرض.

ب- تعلم حساب عدد السنين والحساب التي تقوم عليها أمور الناس المدنية والشرعية.

جـ- الاستفادة العملية في تحديد الاتجاهات ، مواعيد المد والجزر ، فارق التوقيت وغيرها.

١-٤-تطور علم الفلك

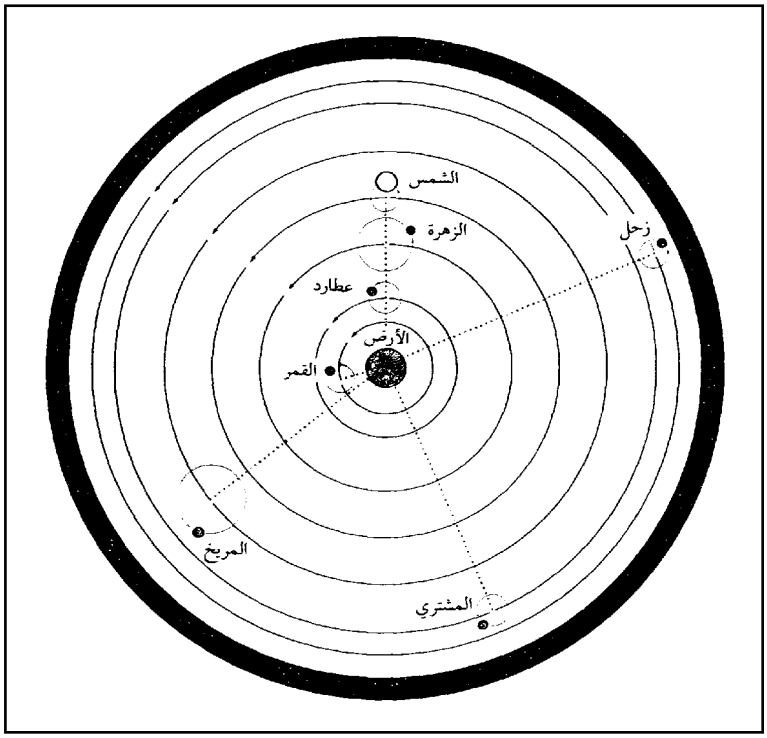
سجل علم الفلك المكتوب والمسجل تطوراً من الفترة قبل الميلاد وحتى القرن الواحد والعشرين.

١- نظرة أرسطو (٣٥٠ ق م) وبطليموس (١٥٠ م) (مؤلف كتاب المجسطي):الكون يتكون من الماء والتراب والهواء والنار والأثير ويقوم على مركزية الأرض والأجرام الفلكية تدور حولها، شكل ١-١.

٢- كوبر نيوكس (١٥٥٤م): مركزية الشمس الكواكب تتحرك في مسارات دائرية.

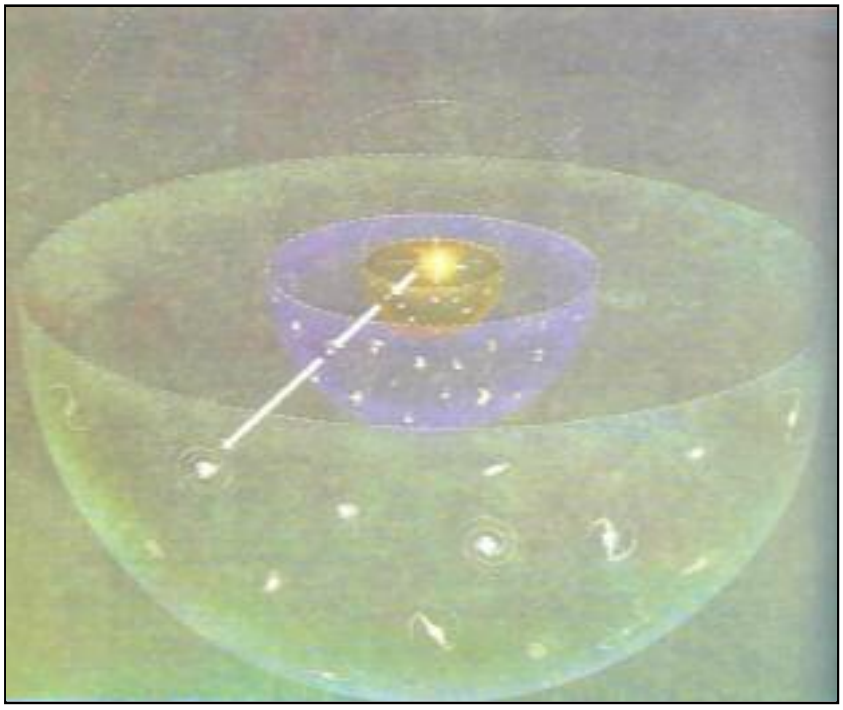
٣- كبلر(١٥٧٩م): مركزية الشمس:- الكواكب تتحرك في مسارات بيضاوية.

٤- هابل (١٩٢٤-١٩٢٩): الكون مكون من ملايين المجرات والمجموعلة الشمسية تمثل جزء متناهي الصغر في مجرة درب التبانة (Milky Way) وهو يتمدد.



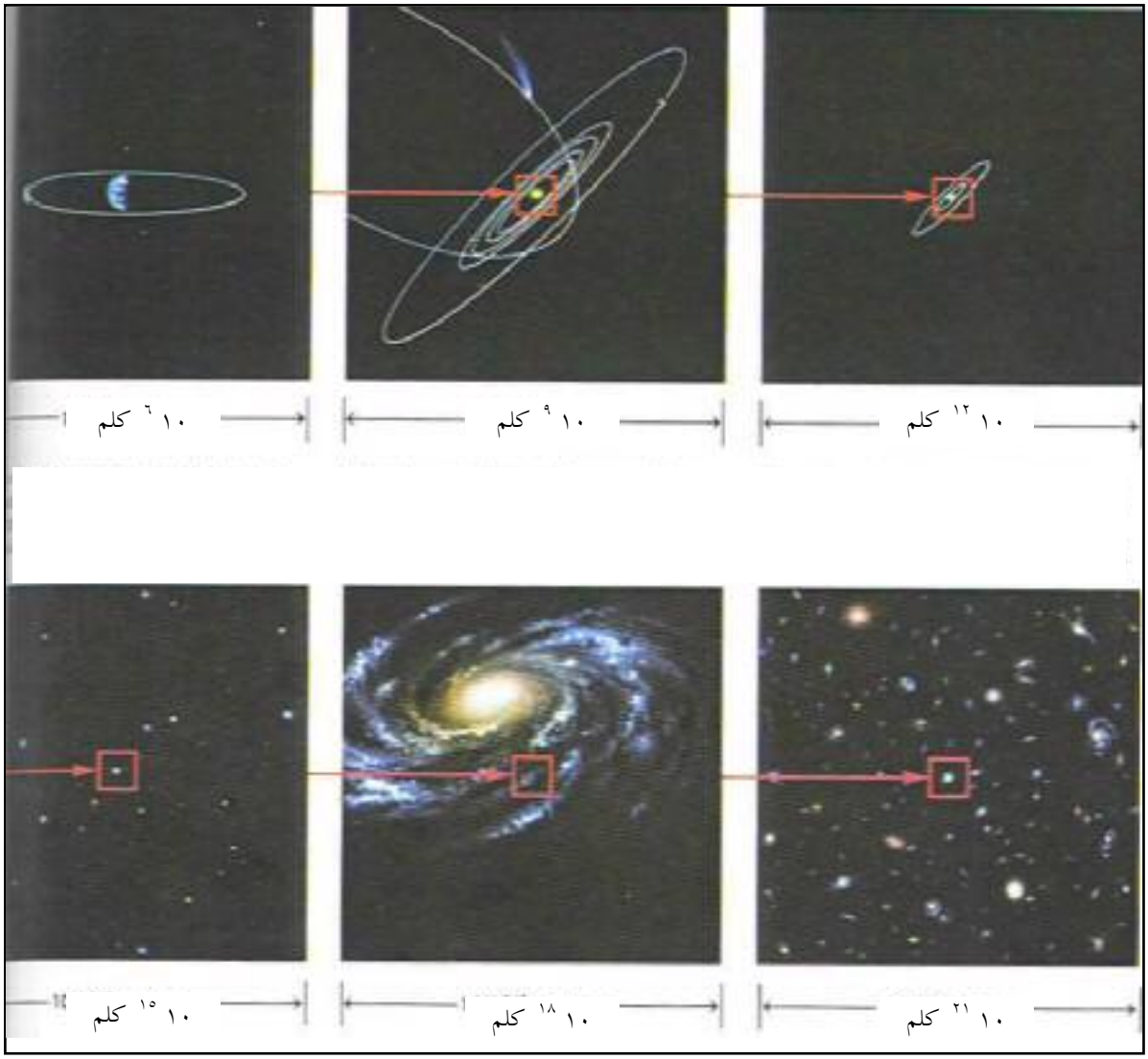
شكل١-١: الكون القائم على مركزية الأرض كما تصوره الأقدمون

٥- جورج لوميتر (١٩٢٧) : نظرية الإنفجار الكبير (Big Bag) قبل ١٥ مليار سنة تقريبا وأثبت ذلك العالم جورج غاموف (١٩٤٠). ويؤكد ذلك توسع الكون حيث يتراح طيف ضوء النجوم والمجرات نحو اللون الأحمر (Shift Red) بسبب حركة المجرات المتباعدة. كذلك تم تأكيد هذه النظرية أكبر عند اكتشاف الاشعاع الاحفوري (Background Radiation) عام ١٩٦٥. الشكل ١-٢ يوضح كيفية حدوث الانفجار الكبير ونشوء الكون الطبيعي ومراحله المختلفة. فسبحان من رفع سمك السماء وسواها وهو القائل ((**أو لم ير الذين كفروا أن السموات والأرض كانتا رتقاً ففتقناهما**))- الأنبياء : ٣٠. ((**والسماء بنيناها بأييد وإنا لموسعون**)) – الذاريات:٤٧.



شكل ١-٢: نظرية الانفجار الكبير، وكيفية توسع الكون.

كما أن النظرة الحديثة لنهاية الكون تقوم على فكرة الكون المتمدد ثم المنغلق الذي عندما تصل متوسط كثافته إلى قيمة حرجة. فإن الكون يعود إلى الانكماش ليعود إلى حالته الأولى. ويمكن إدراك صغر الحيز المكاني الذي يشغله الإنسان، يمكن القول أن الكون مكون من مئات الملايين من المجرات ومجرتنا درب التبانة مكونة من مئة مليار نجم مختلفة الأحجام، والشمس هي واحدة من تلك النجوم. لاحظ موقع الأرض من الكون من خلال شكل ١-٣. وأكثر من وقف أمام فكرة بداية الكون ونهايته هم العلماء الماديين، الذين يعتقدون بأزلية المادة وقدم الكون، ولعل أدق وصف لنهاية الكون وبدايته هو قول الخالق العليم : ((**يوم نطوي السماء كطي السجل للكتب، كما بدأنا أول خلق نعيده، وعداً علينا إنا كنا فاعلين**)) الانياء-١٠٤. فسبحان القائل: ((**ولقد علمتم النشأة الأولى فلولا تذكرون**)) الواقعة-٦٢.



شكل ١-٣: موقع الأرض من الكون

ولتبسيط المسألة، ولمعرفة المحدودية الزمانية للإنسان، كما حددنا المحدودية المكانية له في هذا الكون يمكن طرح المثال التالي. إذ لو اعتبرنا أن الانفجار الكبير حدث قبل يوم، فإن المجموعة الشمسية والأرض تكونت في الساعة ١٧، وأما الأسماك والزواحف في الساعة ٢٣:٤١. والديناصورات في الساعة ٢٣:٤٥. وأما الإنسان كجنس فقد وجد قبل ثانيتين فقط من نهاية اليوم. إذا اعتبرنا أن نهاية اليوم هو الوقت الحاضر. ((**وما هذه الحياة الدنيا إلا لهو ولعب وإن الدار الآخرة لهي الحيوان لو كانوا يعلمون**)) العنكبوت-٦٤.

١-٥- الأجرام الفلكية

الناظر إلى السماء في ليلة صافية قليلة الأضواء، قد يظن أنه يرى أجراماً سماوية لها خصائص متشابهة وتتحرك بطريقة متشابهة أيضاً. ولكن الأمر غير ذلك فهي أجرام مختلفة في الخصائص والحركة. ولكن المراقب يراها تتحرك تقريباً مجتمعة (ما عدا الشهب والنيازك) كل ليلة من الشرق إلى الغرب بسبب حركة الأرض حول محورها. وعند مراقبة بعضها كل ليلة تجد موقعها ثابتاً بالنسبة إلى الأجرام التي حولها والبعض الآخر يتحرك وبسرعات مختلفة. بعضها شديد الإضاءة والبعض الآخر قليل الإضاءة، بعضها شديد الوميض والبعض قليل الوميض. وقد تشاهد في بعض الأحيان بعض الأجرام السماوية له ذنب. كما تجد البعض يعيد دورته في فترة قصيرة والآخر في فترة أطول.

وسنقوم بتقسيم الأجرام الفلكية بحسب حركتها الظاهرية التي نشاهدها من على سطح الأرض إلى:

أ- النجوم : وهي الأجرام التي تكون شبه ساكنة بالنسبة للأجرام التي حولها وفي الحقيقة هي ليست ساكنة وإنما تبدو كذلك بسبب بعدها. حيث أن أقرب نجم لنا ألفا قنطيروس-رجل الجبار- يبعد أربع سنوات ضوئية (٤×١٠^{١٣} كلم). وكانت تسمى سابقاً الثوابت. ويمكن اعتبار السدم(nebulae) وبقايا انفجارات النجوم من النجوم.

ب- الكواكب وبعض المذنبات : وهي التي يختلف موقعها بالنسبة للأجرام الفلكية بسبب حركتها حول الشمس وقربها من الأرض. وتكون ملاحظة وأسرع بكثير من النجوم وتختلف سرعتها ومساراتها. وكانت تسمى السيارة، أوالآلهة عند بعض الأقوام السابقة.

جـ- الشمس : وهي أقرب النجوم لنا ولكن وبسبب شدة ضوءها وبسبب الغلاف الجوي المحيط بالأرض والذي يؤدي إلى انتشار الشعاع فإن الأجرام الفلكية لايمكن رؤيتها عند وجود الشمس. وأما لو استطعنا أن نرى النجوم مع وجود الشمس فإن الشمس تكمل دورة واحدة كل سنة شمسية بالنسبة لخلفيتها من النجوم شبه الثابتة والتي تشكل الأبراج(zodiac).

د- القمر: وهو التابع الوحيد للأرض ويكمل دورة ظاهرية كل ثلاثين يوماً تقريباً أي أنه أسرع في تغيير موقعه بالنسبة للنجوم من الشمس واالكواكب. وينشأ عن ذلك تغير موقعه وأطواره كل ليلة كما أن منازله تتغير من شهر لآخر ومن سنة لأخرى.

١-٦- ملاحظات مهمة لدراسة علم الفلك

أ- أحد العناصر الهامة لدراسة علم الفلك هو **التخيل الهندسي**، فكلما كان الشخص أقدر على تخيل الأفلاك هندسياً كلما كان أسرع في فهم هذا العلم.

ب- لا يختلف علماء الفلك في تحديد مواقع الأجرام الفلكية كما يتصور البعض. بل يمكن تحديدها والتنبوء بالظواهر الفلكية المتظمة لآلاف السنين القادمة.

جـ- مع ظهور الحاسب الآلي حدث تطور كبير في علم الفلك. وذلك في تحديد مواقع الأجرام الفلكية، وكذلك في فهمه ومحاكاة السماء. وسنستفيد من هذه الميزة في دراستنا لعلم الفلك بالاستفادة من برنامج (Distance Suns٢) و برنامج (Red Shift ٤) حيث يعتبر الأول من أسهل البرامج الفلكية لمحاكاة السماء. والثاني يمكن أن يستخدم للغرض نفسه بالاضافة للمعلومات الفلكية الوافرة فيه والتي تعين المتعلم على فهم الظواهر الفلكية.

خصائص البرنامجين (Distance Suns٢-DS) و (Red Shift ٤-RS)

يمكن تثبيت البرنامجين من خلال القرص المدمج (CD) أو الأقراص المرنة. حيث يثبت البرنامج (RS٤) من خلال إتباع الخطوات التي تظهر بشكل تلقائي عند إدخال القرص المدمج. كذلك فإن البرنامج DS يمكن تثبيته بالنقر المزدوج على الملف من القرص المدمج أو المرن. ويمكن تصنيف برامج الحاسب الفلكية إلى ثلاثة أنواع.

١- **برامج محاكاة للقبة السماوية:** وهي التي توضح شكل الأجرام والمجموعات الفلكية حسب شكلها الظاهري من أي بقعة على سطح الأرض وفي أي وقت.

٢- **برامج حساب بعض القيم الفلكية:** وهي التي تقوم بحساب بعض القيم المتعلقة بالظواهر الفلكية مثل أوقات الصلوات وشروق وغروب الأجرام الفلكية وغيرها، من دون محاكاتها ظاهرياً.

٣- **برامج المعلومات الفلكية:** وهي البرامج التي تحتوي على المعلومات الفلكية العامة عن مختلف الأجرام والظواهر الفلكية.

أ- **خصائص البرنامج DS:** يعتبر من أسهل برامج المحاكاة الفلكية بالإضافة إلى إمكانية حساب بعض القيم المتعلقة بالظواهر الفلكية.

ب- **خصائص البرنامج RS٤:** يجمع هذا البرنامج الميزات الثلاث للبرامج الفلكية. حيث يمكنه المحاكاة الفلكية بشكل دقيق من أي مكان في الفضاء وليس فقط على سطح الأرض. كذلك يمكنه حساب الكثير جداً من القيم الفلكية. وهو بحد ذاته موسوعة فلكية لكثرة ما يحتويه من معلومات وأفلام فلكية.

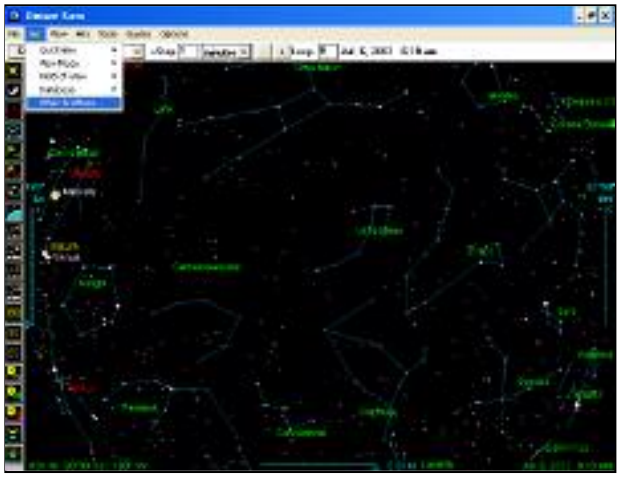
ج- بداية تشغيل برامج المحاكاة الفلكية: لتشغيل برامج المحاكاة الفلكية والتعامل معها لا بد من تحديد ثلاثة عناصر أساسية:

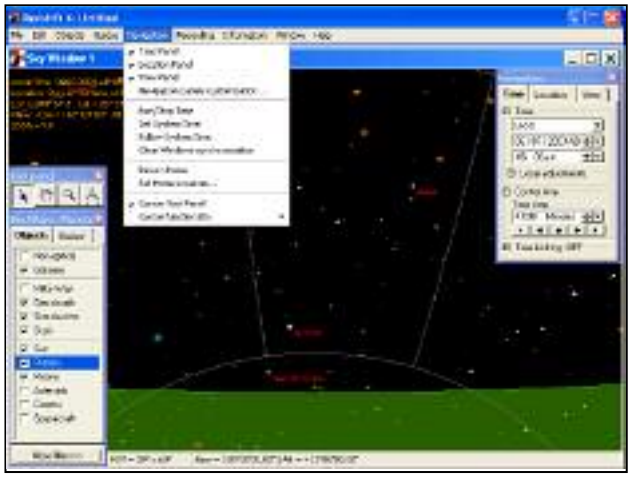
١- **وقت المشاهدة الفلكية وتاريخها:** ويمكن إدخاله مباشرة أو تغييره باستخدام أدوات التحكم بالوقت التي يوفرها البرنامج.

٢- **موقع المشاهدة الفلكية:** وهو عبارة عن الموقع الجغرافي (خط الطول ودائرة العرض) والارتفاع عن سطح البحر وفارق التوقيت عن غرينتش إذا كانت المشاهدة من على سطح الأرض. والمراقبة من خارج الكرة الأرضية يلزم تحديد موقع المراقبة فيها.

٣- **اتجاه المشاهدة الفلكية:** وقد يكون اتجاه جهة معينة أو جرم فلكي معين.

ويمكن تحديد العناصر أعلاه في برنامج RS٤ بإدخال البيانات مباشرة في نطاق الوقت (Time) والموقع (Location) والوجهة (View)، وإذا لم يكن النطاق ظاهراً يمكن إظهاره باختياره من قائمة Navigation. وأما البرنامج DS فيمكن تحديد الوقت والموقع باختيار When & Where من قائمة Set وأما تحديد جهة المشاهدة فيمكن من خلال شريط الأدوات الجانبي. وإذا لم يكن ظاهراً يمكن اختيار Tool Bar من قائمة Tools ويفضل عرض شريط التحكم بالوقت باختيار Control Bar من Clock في قائمة Tools. الشكل أدناه يوضح شكل المحاكاة فيهما وأهم أدواتهما.





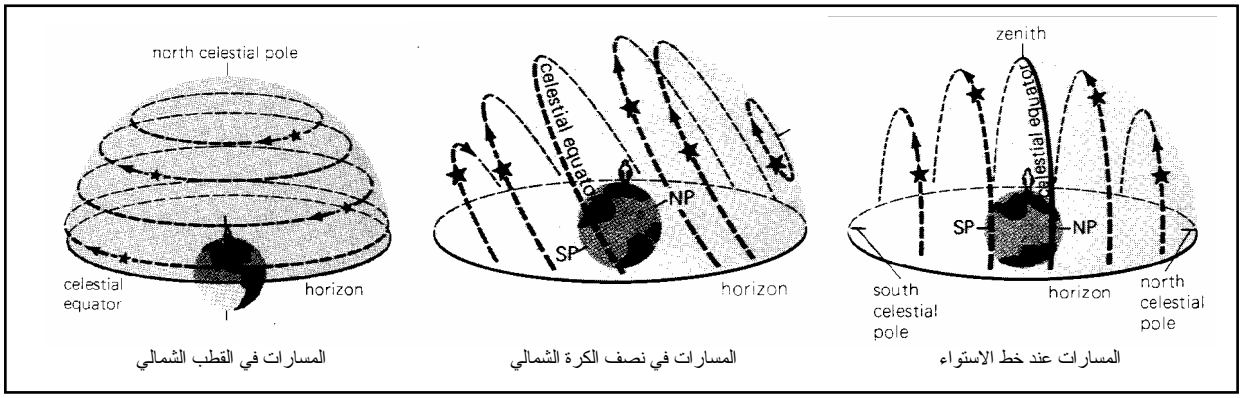
الدرس الثاني

منشأ حركة الأجرام الفلكية وتحديد مواقعها

بعد دراسة أقسام الأجرام الفلكية من ناحية سرعتها الظاهرية في الدرس الأول، سندرس في هذا الدرس حركات الأرض المختلفة وأثرها في حركة الأجرام الفلكية. وباختصار يمكن القول: **إن حركة الأجرام الفلكية تنشأ نتيجة لحركات الأرض وحركة الجرم الفلكي ذاته.**

٢-١- حركات الأرض

١- حركتها حول محورها : من الغرب إلى الشرق أي عكس عقارب الساعة للمشاهد من القطب الشمالي (north pole) ، وينشأ عن ذلك شروق الأجرام الفلكية من الشرق إلى الغرب يومياً، بينما يبقى النجم الذي يقع مباشرة على القطب (النجم القطبي-Polaris) ثابتاً والأجرام الفلكية تدور حوله. ويكون محور دوران الأرض حول نفسها عمودياً عند الدائرة الاستوائية (equator). وتختلف مسارات الأجرام الليلية بحسب اختلاف زاوية دائرة العرض الجغرافي (latitude)، شكل ٢-١.



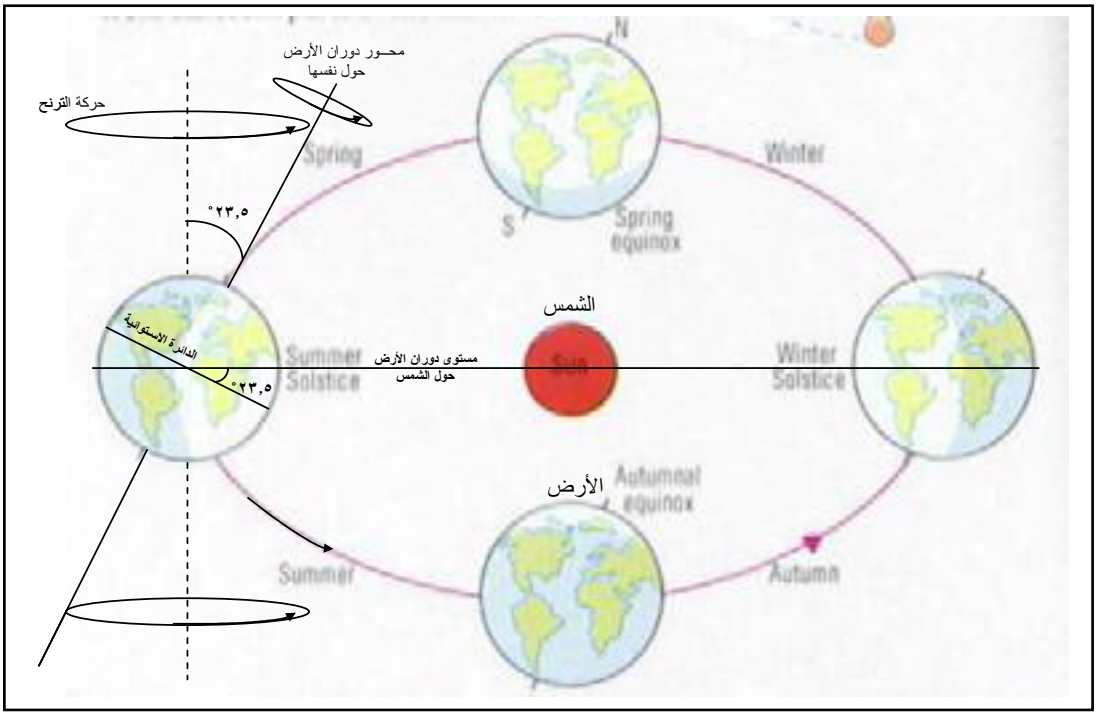
شكل ٢-١: مسارات الأجرام الفلكية التي تتحرك فيها كل ليلة من الشرق إلى الغرب والتي تختلف باختلاف دائرة العرض

٢- حركتها حول الشمس : حيث تدور(عكس عقارب الساعة للمشاهد من شمال المجموعة الشمسية) كل سنة شمسية (٣٦٥,٢٥ يوم) بسرعة ٢٩,٨كلم في الثانية. وينشأ عن ذلك دوران المجموعات النجمية (constellations) والبروج (zodiac) الشمسية المختلفة التي تكون خلفية للشمس. مما يكون مساراً دائرياً للشمس يسمى فلك البروج (ecliptic). وتصنع الدائرة الاستوائية زاوية مقدارها ٢٣,٥ درجة تقريباً مع مستوى دوران الأرض حول الشمس. شكل ٢-٢.

٣- حركة الترنح: حيث إن محور دوران الأرض حول نفسها يدور حول المحور العمودي على فلك (مستوى) البروج، مرة كل ٢٥٨٠٠ سنة مما يغير من النجم الذي يقع على المحور الشمالي ويغير مواقع المجموعات النجمية وتأثير هذه الحركة على حركة الأجرام الفلكية مهمل لطول الفترة التي تستغرقها الأرض لإكمال الدورة ولكن له تأثير على التقويم على مدى السنوات الطويلة كما سندرس في موضوع التقويم. شكل٢-٢.

٤- الحركة الاهتزازية: وهي الاهتزاز في حركتها حول الشمس بسبب جاذبية القمر الذي يدور حولها، و تأثيرها مهمل على مواقع الأجرام الفلكية.

٥- حركة المجموعة الشمسية حول مركز المجرة: حيث إن المجموعة الشمسية تدور حول مركز المجرة بسرعة كبيرة ٢٥٠ كلم في الثانية، لتكمل دورة كل ٢٥٠ مليون سنة، شكل١-٣. وبما أن المجموعة الشمسية تتحرك مجتمعة فليس لهذه الحركة أثر على مواقع القمر والكواكب، وأما النجوم فبسبب بعدها الكبير، فإن أثر هذه الحركة مهملٌ أيضاً.



شكل ٢-٢: حركات الأرض حيث تدور الأرض حول الشمس وحول نفسها و كـذلك محورهـا يـدورحول المحـور العمـودي على مستوى دورانها حول الشمس أو على فلك البروج (حركة الترنح).

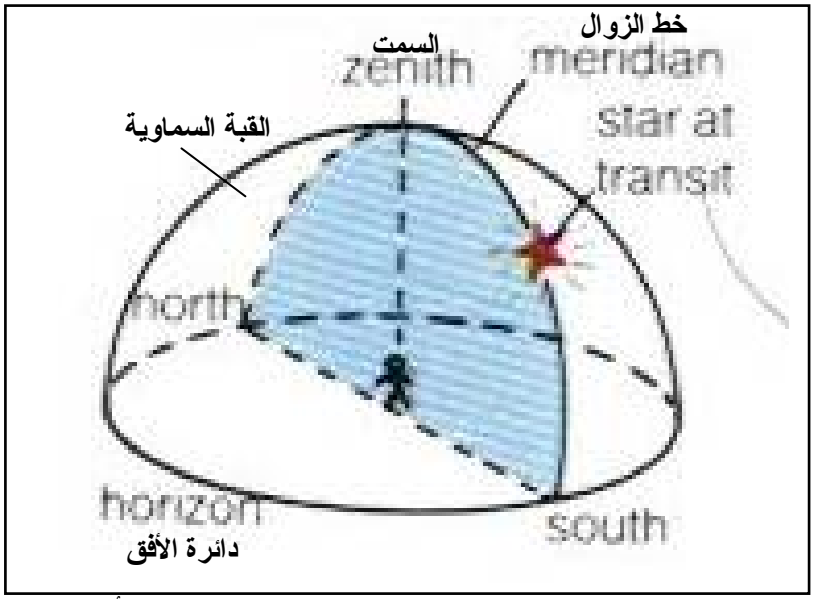
٢-٢- القبة السماوية (الكرة السماوية celestial sphere)

القبة السماوية أو الكرة السماوية وهي عبارة عن كرة تخيلية تقع الأرض في مركزها. ولتسهيل تحديد مواقع الأجرام الفلكيـــة يمكن اعتبار الأجرام تقع عليها. والجزء الذي يقع فوق الأفق (horizon) يكون على شكل قبة تسمى القبة السماوية. وتتكون تلك الكرة من نقاط وأفلاك (مسارات) اصطلاحية أهمها:

١- **نقطة السمت** (zenith) : وهي النقطة التي تقع عمودياً على رأس المراقب. شكل ٢-٣.

٢- **خط (دائرة) الزوال** (meridian) : وهي الدائرة التي تصل القطب الشمالي بالجنوبي من الكرة الأرضية. شكل ٢-٣.

٣- **خط الأفق (دائرة) الأفق** (horizon) : وهو مستوى الأفق الذي يشاهده المراقب. شكل ٢-٣.



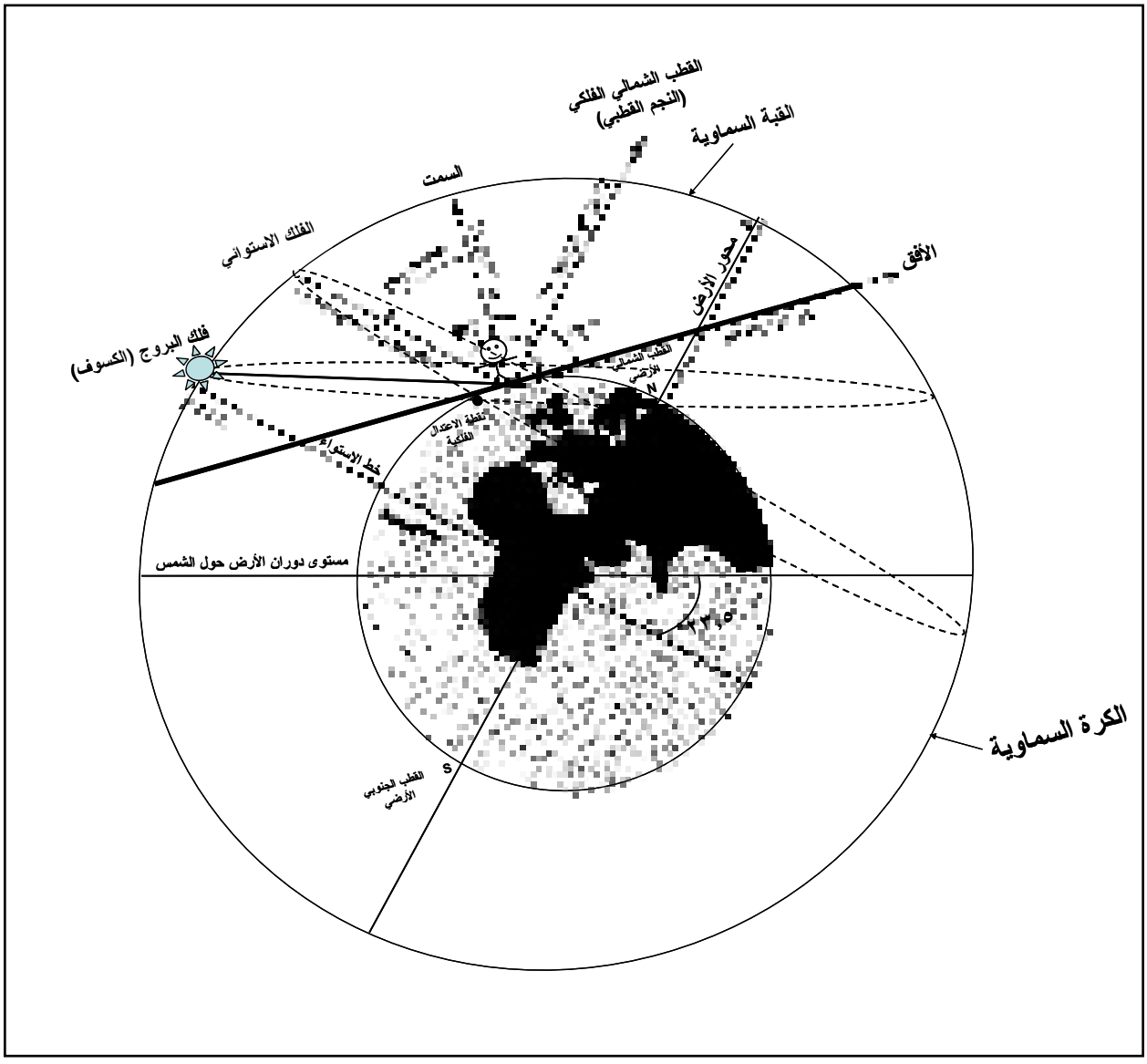
شكل٢-٣: القبة السماوية، وتشاهد فيها نقطة السمت، ودائرة الزوال والأفق.

٤- **القطب الشمالي للقبة** (celestial north pole): وهي النقطة التي يمر فيها الخط الموازي لمحـــور دوران الأرض حـــول نفسها، وتكون باتجاه النجم القطبي، شكل ٢-٤.

٥- **الفلك الاستوائي** (equator): وهي الدائرة التي تعتبر موازية لمسقط دائرة الإستواء على الكرة السماوية، شكل ٢-٤.

٦- **فلك البروج أو الكسوف** (ecliptic) : وهي الدائرة التي تتحرك فيها الشمس ومن خلفها البروج عنـــد دوران الأرض حول الشمس وهي الدائرة الموازية لمسقط مستوى دوران الأرض حول الشمس على الكرة السماوية، شكل ٢-٤.

٧- **نقطتا الإعتدال** (equinox) : وهي النقطتان التي يلتقي فيها فلك البروج بالفلك الإستوائي، ويحدث الإعتدال الربيعـــي والخريفي عند مرور الشمس في تلك النقطتين، شكل ٢-٤.



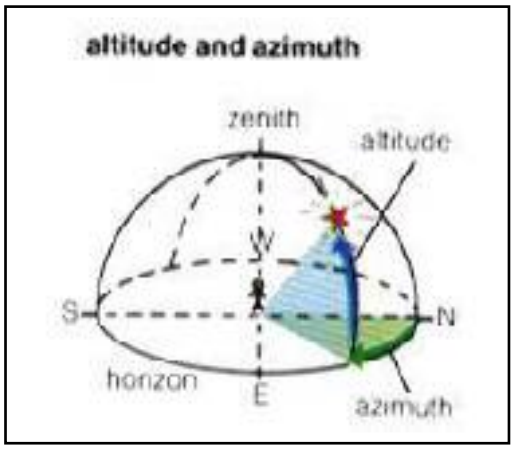
شكل٢-٤: الكرة السماوية، حيث يوضح عليها الأقطاب والأفلاك وأهم النقاط الاصطلاحية الفلكية.

٢-٣- تحديد مواقع الأجرام الفلكية

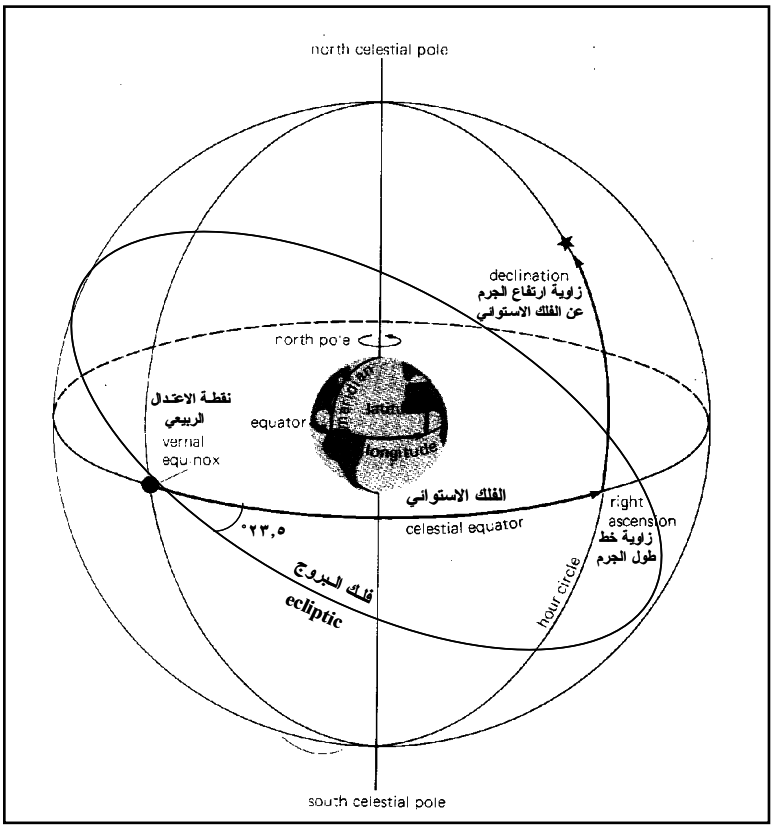
لتحديد موقع أي جرم فلكي على سطح الدائرة الفلكية لابد من تعريفه بقيمتين على الأقل. وهناك طريقتان أساسيتان لاختيار هاتين القيمتين:

١- **طريقة الارتفاع الافقي (Alt-Azm):** وفيها يمكن تقسم القبة السماوية إلى أربعة أجزاء كأجزاء الإحداثيات ومركزها نقطة السمت. وتحدد كل نقطة في أي جزء بحسب زاوية ارتفاع الجرم عن الأفق (Altitude) وكذلك الزاوية بين النقطة المحاذية له على الأفق وجهة الشمال (Azimuth)، شكل ٢-٥. وهذه الطريقة سريعة ومباشرة لتحديد موقع الجرم وأسهل للفهم ولكنها ليست الطريقة الأفضل لتتبعه لأن القيمتين تتغيران بتغير موقعه.

٢- **الطريقة الاستوائية(Ra-De)**: وهي الطريقة الأفضل لتتبع الجرم. لذلك يتم استخدامها في أدوات الرصد الفلكية. وتقوم على فكرة تقسيم الكرة السماوية إلى خطوط طول ودوائر عرض مثل الكرة الأرضية. ولكن خط الطول يحدد بالساعات بدل الدرجات، لأن الأرض تدور بمعدل ١٥° لكل ساعة. وفي هذه الطريقة يشابه الفلك الاستوائي خط الاستواء في تحديد دائرة العرض. كما يشابه خط الطول الذي يمر في نقطة الاعتدال الربيعي خط جرينتش لتحديد خط الطول. لذلك فإن موقع الجرم يحدد بالزاوية بين خط الزوال الذي يمر في نقطة الاعتدال وبين خط الزوال الذي يمر فيه الجرم (Right ascension) والزاوية بين الفلك الاستوائي وبين الجرم (Declination) شكل ٢-٦.



شكل ٢-٥: طريقة الإرتفاع الأفقي لتحديد موقع الجرم.



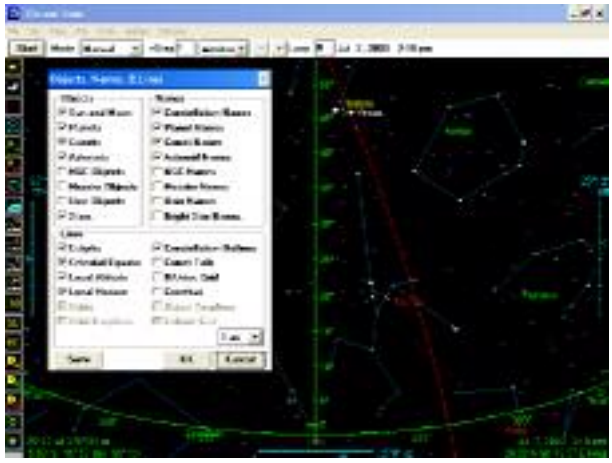
شكل ٢-٦: الطريقة الاستوائية(القطبية) لتحديد موقع الجرم.

تخصيص البرنامجين (Distance Suns٢-DS) و (Red Shift ٤-RS)

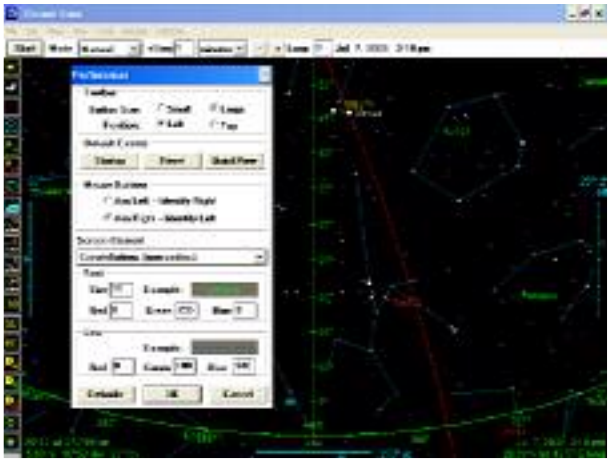
يمكن تخصيص برامج المحاكاة الفلكية بالتحكم في أسماء وأشكال ونسبة إضاءة الأجرام الفلكية وفي الخطوط والنقاط الاصطلاحية المعروضة.

١- تخصيص برنامج DS:

ويمكن تخصيص الأسماء والأشكال والخطوط الفلكية باختيار Object, Name, & Lines.. من قائمة View كما في الشكل٢-٧. كذلك يمكن تخصيص ألوان الأسماء والخطوط باختيار Preferences من قائمة Options كما في الشكل٢-٨. كذلك يمكن التحكم مقدار إضاءة الأجرام المعروضة باختيار Star Magnitudes من قائمة View وكذلك يمكن التحكم بشكل الأجرام باختيار Magnitudes Calibration من قائمة Options.



شكل ٢-٧: تخصيص الأسماء والأشكال والخطوط الفلكية

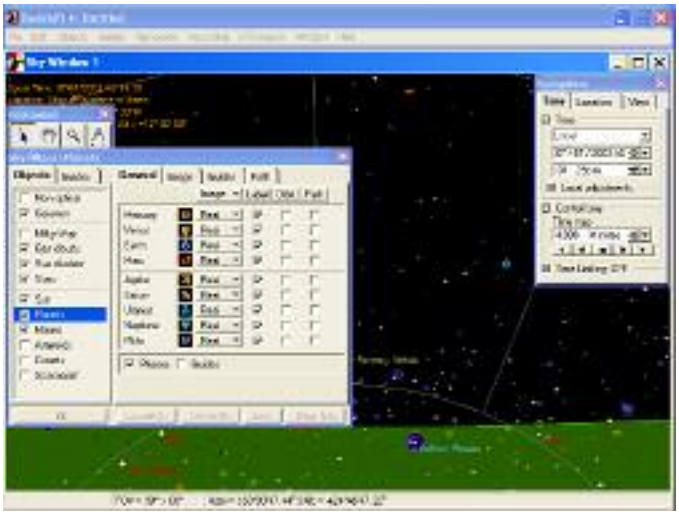


شكل ٢-٨: تخصيص ألوان الأسماء والأشكال والخطوط الفلكية

س١:غير التخصيص بحيث يمكنك مشاهدة الفلك الاستوائي، فلك البروج، خطوط الطول ودوائر العرض السماوية (Ra-Dec)

٢- تخصيص برنامج RS:

عند بداية تشغيل البرنامج يظهر مربع ترحيب يحتوي على أربع خانات: واحدة حول RS والثانية حول الأحداث الفلكية والثالثة محاكاة للكرة السماوية والرابعة مقدمة لعلم الفلك. ولكي يتم تخصيص البرنامج نختار New Workspace ومن خلال Sky Filters يمكن تخصيص الأشياء السابقة والكثير من الخيارات التي يحتويها هذا البرنامج والتي تفوق بكثير عن ما في البرنامج DS. وكمثال على تخصيص الكواكب انظر الشكل٢-٨. أدناه.



س٢: حاول تخصيص الخطوط الفلكية والنجوم.

الدرس الثالث

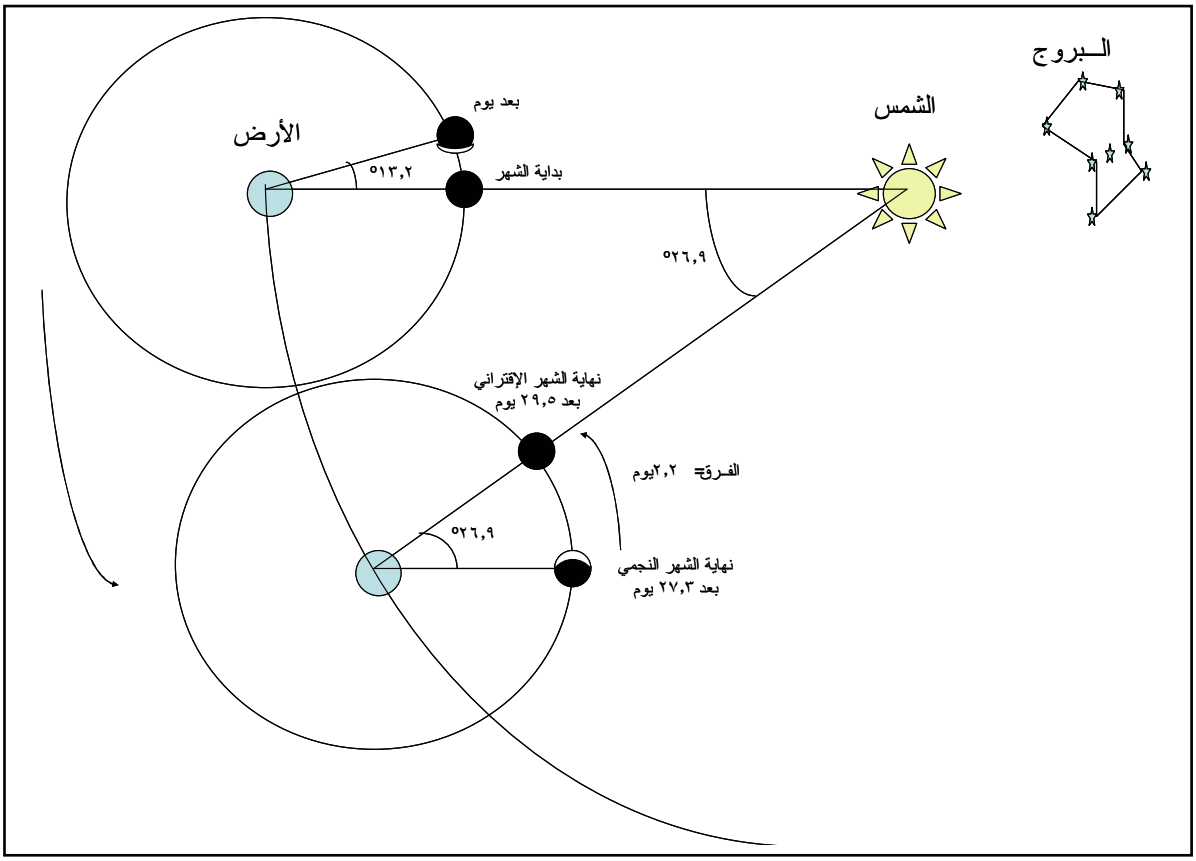
حركة القمر

مر علينا في ما سبق وبشكل مختصر حركة الأجرام الفلكية وأقسامها حسب حركتها الظاهرية. ونبدأ بدراسة حركة أقرب الأجرام الفلكية لنا وأسرعها وهو القمر. وهو أسرع الأجرام الفلكية لأنه يكمل دورة في السماء كل شهر تقريباً. أي أن موقعه يتغير بشكل أكبر من بقية الأجرام من ليلة إلى أخرى بالنسبة إلى النجوم التي حوله. لا بل إنه يمكن ملاحظة ذلك في الليلة الواحدة عند مراقبته في بداية الليل ونهايته فهو يتحرك بمقدار نصف درجة تقريباً كل ساعة والقمر هو التابع الوحيد لكوكب الأرض وذو أهمية مادية ومعنوية للأرض والبشر. وفي هذا الدرس سيتم دراسة حركة القمر وما ينتج عنها من تغير لأطوار القمر والمنازل التي يمر فيها وعلاقة ذلك بالأوقات المختلفة. وأما ظاهرة الخسوف والكسوف فسيتم استعراضها في الدرس القادم.

٣-١- دوران القمر:

أ-الشهر الكوني (النجمي) : هي الفترة التي يدور فيها القمر حول الأرض مرة واحدة بالنسبة لمن يراقبهما من خارجهما أو بالنسبة للنجوم التي تكون شبه ثابتة ومقدارها ٢٧,٣ يوم.

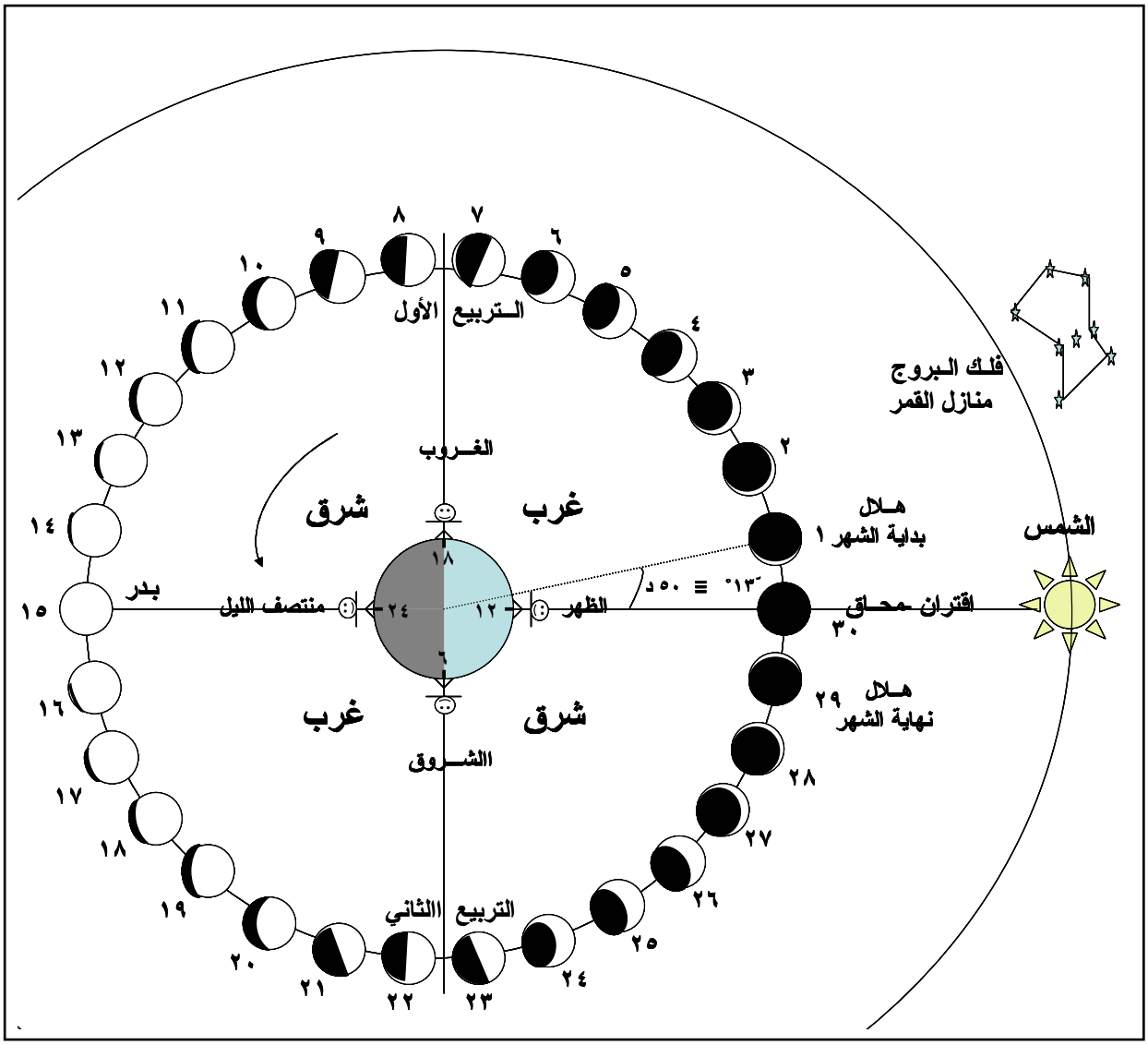
ب- الشهر القمري (الإقتراني): هي الفترة التي يستغرقها القمر حتى يكمل (يعيد) أطواره ومقدارها ٢٩,٥٣ يوم ، وينشأ الفرق بين الشهر النجمي والاقتراني والذي يساوي ٢,٢ يوم لأن الأرض والقمر أيضاً يدوران حول الشمس كما في الشكل ٣-١. والسنة القمرية هي الفترة التي يستغرقها القمر ليتم ١٢ شهراً اقترانياً وتساوي ٣٥٤,٣ يوم.ولمعرفة متوسط الزاوية بين الشمس والقمر التي يقطعها كل ليلة نقسم ٣٦٠° على ٢٧,٣ فتساوي ١٣,٢ تقريباً.



شكل٣-١: الفرق بين الشهر النجمي والشهر الإقتراني

٣-٢- الحركة الظاهرية للقمر وأطواره

يختلف شكل القمر الظاهري في كل يوم عن الآخر كما يختلف موقعه ووقت شروقه ووقت غروبه. ويمكن تلخيص ذلك في الشكل ٣-٢، التالي:



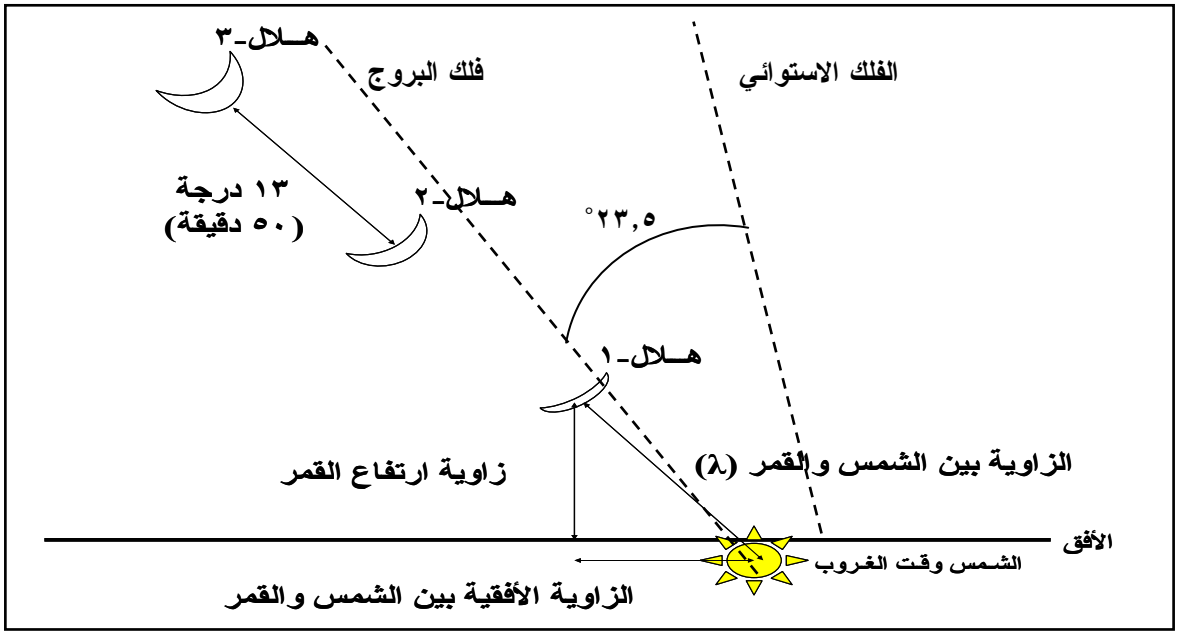
شكل٣-٢ : دورة القمر حول الأرض والشكل الظاهري لأطوار القمر

والشكل أعلاه يلخص أطوار القمر وعلاقتها بالأوقات ويمكن من خلاله استخلاص الكثير من الأمور المتعلقة بالقمر منها:

- يبدو القمر هلالاً عند غروب الشمس من جهة الغرب في بداية الشهر القمري (هلال بداية الشهر)
- يرتفع القمر شرقاً كل ليلة بسبب دوران القمر حول الأرض، فيتأخر وقت غروبه بمقدار متوسط قدره ٥٠ دقيقة ليلياً.
- يزداد الحجم المضيئ منه كلما ارتفع شرقاً بسبب تغير الزاوية بينه وبين الشمس حتى يشمل كامل القرص (بدر) فيشرق من جهة الشرق في مقابل الشمس عند غروبها.
- يبدأ حجم الجزء المضاء من القمر بالنقصان وكلما نقص أكثر تأخر وقت شروقه أكثر عن وقت غروب الشمس.
- يعود القمر هلالاً (**كالعرجون القديم**) يشرق قبل شروق الشمس من جهة الشرق.
- يشرق القمر ويغرب كل يوم كبقية الأجرام الفلكية الأخرى نتيجة لدوران الأرض حول محورها.
- يختلف موقع القمر بالنسبة للشمس والأفق من شهر لآخر في جميع أطواره بسبب حركة الأرض حول الشمس.

- منازل القمر هي المجموعات النجمية التي يمر فيها وعددها الاصطلاحي ٢٨ بعدد الليالي التي يظهر فيها.
- يمكن تحديد موقع القمر والوقت التقريبي لشروقه وغروبه في أي ليلة. فمثلاً في التربيع الأول (ليلة٧) يكون القمر تقريباً في أعلى نقطة له (نقطة الزوال) عند غروب الشمس. ويغرب البدر عند شروق الشمس. بينما يشرق التربيع الثاني عند منتصف الليل.
- نقطة اقتران القمر بالشمس ، هي النقطة التي يكونان فيها مع الأرض في مستوى واحد (في خط مستقيم لمن يراقبهما من الأعلى). وتلك الحالة تسمى المحاق التي يغيب فيها القمر.
- ولادة الهلال فلكياً هي اللحظة التي يتجاوز فيها نقطة الإقتران ولو بلحظة.
- عمر الهلال يبدأ من ولادته فلكياً.
- مكث الهلال هو فترة بقائه فوق الأفق بعد غروب الشمس.
- لكي يمكن رؤية الهلال لا بد أن يتجاوز نقطة الإقتران ليصنع زاوية مع الشمس تكفي لرؤيته أي أن عمره لا بد أن يصل إلى مقدار معين وكذلك مكثه لا بد أن يستغرق فترة معينة بعد غروب الشمس. وعمر الهلال اللازم ومكثه يختلفان باختلاف المعيار المستخدم.
- تبدأ رؤية الهلال من المكان الذي تتحق فيه شروط الرؤية على سطح الأرض وهذا المكان يختلف من شهر لآخر. والأماكن التي تقع غرب ذلك المكان مباشرة تكون رؤية الهلال فيها أوضح في نفس الظروف الجوية لأن الغروب يحل بها لاحقاً فيتحرك القمر فتزداد الزاوية بين الشمس والقمر مما يجعل الهلال يتكون بشكل أكبر فتصبح رؤيته أسهل.
- عندما يرى هلال آخر الشهر من الشرق عند شروق الشمس فإنه من شبه المستحيل أن يرى هلال أول الشهر الذي يليه في نفس اليوم من جهة الغرب لأنه لا بد أن يغيب يوماً على الأقل.

ويمكن توضيح تغير موقع القمر وطوره كل ليلة كما نشاهده على سطح الأرض، وكذلك بعض الزوايا المهمة في الشكل ٣-٣.



شكل٣-٣: اختلاف مواقع القمر وأطواره كما تشاهد كل ليلة.

وكما يتضح من الشكلين السابقين فإن النسبة المضاءة من القمر تزداد بازدياد الزاوية (λ) ويمكن حسابها بالعلاقة التقريبية

$$\text{الإضاءة} = ٠,٥ \times (\text{جتا}(١٨٠ - \lambda) + ١) \qquad (١-٣)$$

ولكن العلاقة السابقة تقريبية تزداد نسبة الخطأ فيها عندما تقترب λ من الصفر.

ويكون في العادة موقع القمر على يسار الشمس بالنسبة للرائي في نصف الكرة الشمالي والعكس في النصف الجنوبي. الجدير بالذكر أن القمر يدور حول نفسه بنفس اتجاه دورانه حول الأرض (عكس عقارب الساعة لمن يراقبه من الشمال) مرة واحدة كل شهر، أي أنه يظل يقابل الأرض بجهة واحدة. كما أن نسبة الضوء الذي يعكسه القمر من ضوء الشمس الساقط عليه تساوي ٧,٣% وهي نسبة قليلة إذا ما قورنت مع نسبة الضوء التي تعكسه الأرض والتي تساوي ٣٩%.

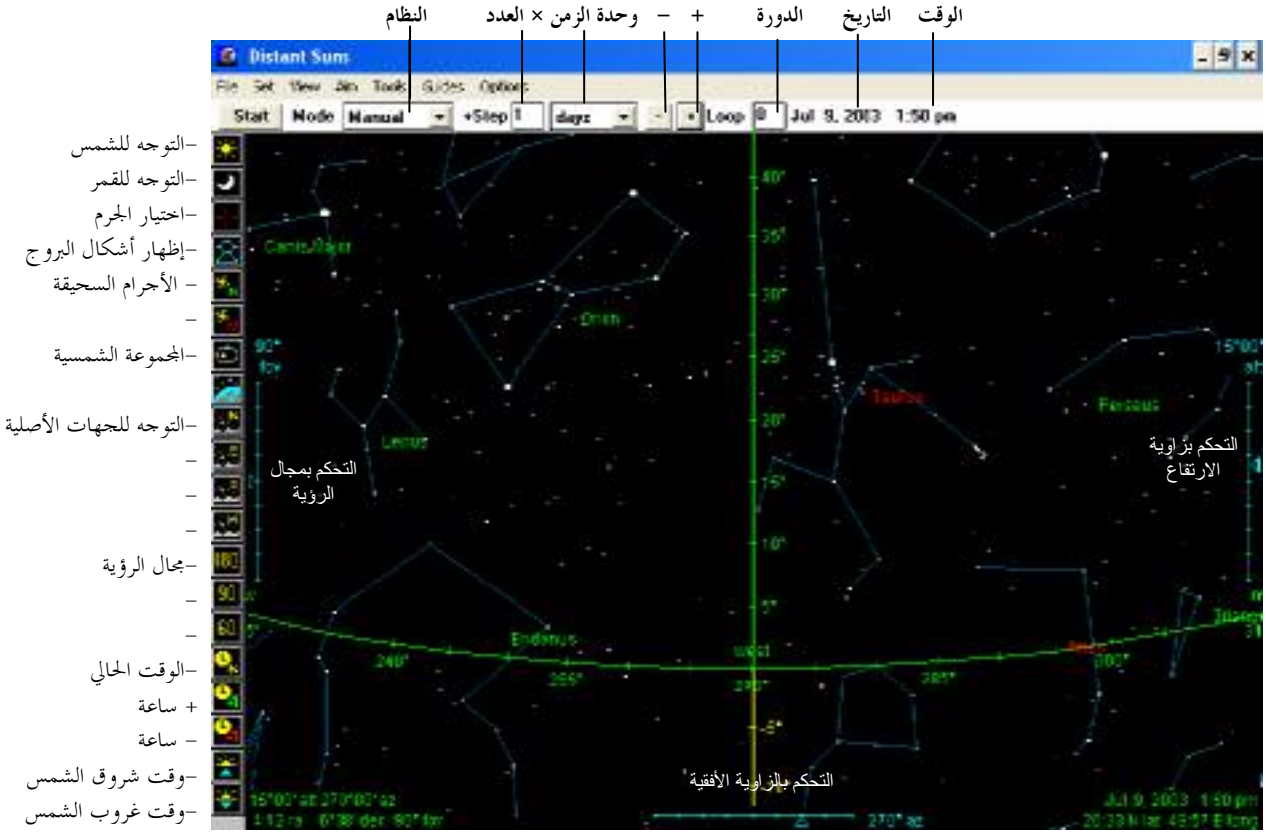
٣-٣- طرق تحديد بداية الشهر القمري

هناك عدة طرق لتحديد بداية الشهر القمري، وهو الذي يتم تحديده من دورة القمر حول الأرض. ومن هذه الطرق:

- التحديد الفلكي (ولادة الهلال فلكيا): و يحدث كما أشرنا سابقاً عندما يتجاوز القمر نقطة اقترانه مع الشمس. فإذا حدثت نقطة الإقتران قبل غروب الشمس في بلد فإن اليوم التالي يعتبر حسب هذه الطريقة اليوم الأول من الشهر. ويمكن تحديد تلك النقطة بدقة. وهذه الطريقة هي طريقة المستخدمة في التوقيت اليهودي.
- التحديد بحساب الرؤية : حيث يدخل الشهر في البلاد التي يتوقع فيها رؤية الهلال حسابياً بعد غروب الشمس.
- التحديد بالرؤية والحساب: وهذه الطريقة تجمع بين الحساب والرؤية وفيها يمكن الإعتماد على الحساب الموثوق إلا في حالة استهلال الناس في الجو الصافي وعدم رؤيتهم للهلال.
- التحديد بالرؤية: حيث يشترط رؤية الهلال بالعين المجردة الطبيعية وهو الرأي المشهور عند سائر فقهاء المسلمين. وسنكرس الدرس القادم لدراسة أهم معايير الرؤية البصرية المختلفة.

متابعة القمر وتحديد عمره و مكثه باستخدام DS & RS

يمكن تحديد موقع القمر بشكل مباشر باستخدام البرنامج DS كذلك يمكن متابعة حركته. وذلك بالضغط على زر التوجه للقمر ومن قائمة Aim يمكن اختيار Lock Aim واختيار القمر أو أي جرم من الأجرام المحددة لاستمرار متابعته. والشـــكل٣-٤، يوضح أهم مهام أزرار الأدوات في شريط الأدوات.

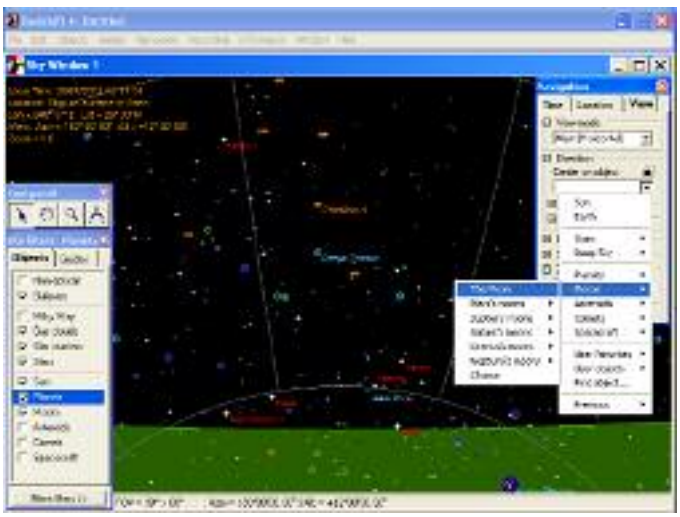


ويمكن تحديد موقع وخصائص أي جرم بالنقر عليه مرتين على الزر الأيمن في الفارة أو وضعه في المركز بالنقر على الأيسر (ويمكن أن يكون عكس ذلك حسب تخصيص البرنامج). ويمكن تكبير الشمس والقمر بوضعها في المركز ثم تصغير مجال الرؤية.

س١: باستخدام DS حاول تحديد موقع القمر عند غروب الشمس كذلك حدد موعد شروقه وغروبه في:

١-بداية الشهر، ٢-التربيع الأول، ٣-منتصف الشهر، ٤-التربيع الثاني، ٥-نهاية الشهر.

* ويمكن التوجه للقمر في RS٤ باختيار The Moon من Moons من نافذة View كما في الشكل. ومتابعته بنقر القفل.



الدرس الرابع
معايير رؤية الهلال

٤-١- معايير رؤية الهلال بالعين المجردة

بما أن الكثير من الحضارات القديمة كانت تعتمد على التقويم القمري لأمورها الدينية أو المدنية، لذلك فإن محاولة وضع معيار لرؤية هلال أول الشهر بالعين كانت قديمة جداً. وعموماً يمكن تقسيم تلك المعايير إلى قسمين[٢] : أحدهما فلكي هندسي. والآخر فيزيائي. وبالطبع فلقد كان القسم الأول وحتى تاريخ ١٩٧٧م هو المستخدم وهو يقوم على قواعد بسيطة مبنية على الشكل الهندسي والزواية التي يصنعها القمر مع الشمس والأرض وما يتعلق بذلك من عمر الهلال ومكثه. أما القسم الثاني فأول من بدأ به هو فرانس برون عام ١٩٧٧، حيث أدخل في معياره أثر إضاءة القمر والغلاف الجوي وتداخل الضوء ليحدد القيمة الصغرى للإضاء التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة. ويمكن تلخيص أهم المعايير كالتالي:

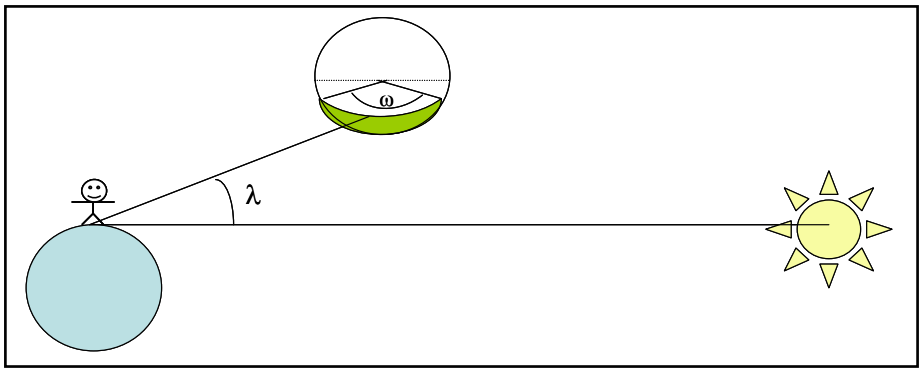
١- معيار الإثني عشر درجة:

وهو معيار فلكي قديم استنتجه الهنود من الارصاد والمعطيات البابلية[٣]. وهو يعتمد على حساب ومعرفة الزاوية الحدية بين الشمس والقمر على فلك الاستواء (مسقط λ على فلك الاستواء) شكل ٣-٣. حيث استنتج الفلكيون الهنود أن أقل زاوية حدية يجب أن تكون ١٢° لكي يمكن رؤية الهلال بالعين المجردة مساء يوم التاسع والعشرين من الشهر. وتلك الزاوية تعادل مدة مكث تساوي ٤٨ دقيقة. ولقد أخذ الفلكيون المسلمون هذا المعيار وطوروا فيه وأضافوا له الكثير من التعديلات ومنه وضعوا الجداول (الأزياج) التي تحدد العلاقة بين تلك الزاوية وفلك البروج والقمر ونقطة الإعتدال. ومن خلالها يمكن التنبوء بوقت رؤية الهلال في المنازل المختلفة. وعدل البتاني الزاوية الحدية إلى ١١ درجة و ٤٧ دقيقة. وأدخل فيها عامل بيضاوية مدار القمر والذي يؤدي إلى انخفاض تلك الدرجة إلى ١٠ درجات و ٥١ دقيقة. ثم تحدث عن معيار انخفاض الشمس تحت الأفق والذي حدده بالفترة بين ٨-١٠ درجات. وأما ابن يونس فقد أدخل عامل تغير سرعة القمر الزاوية وسمك القمر فكانت أقل قيمة لتلك الزاوية الحدية ١١ . وظل هذا المعيار متبعاً حتى بداية القرن العشرين.

٢- المعايير الفلكية الحديثة:

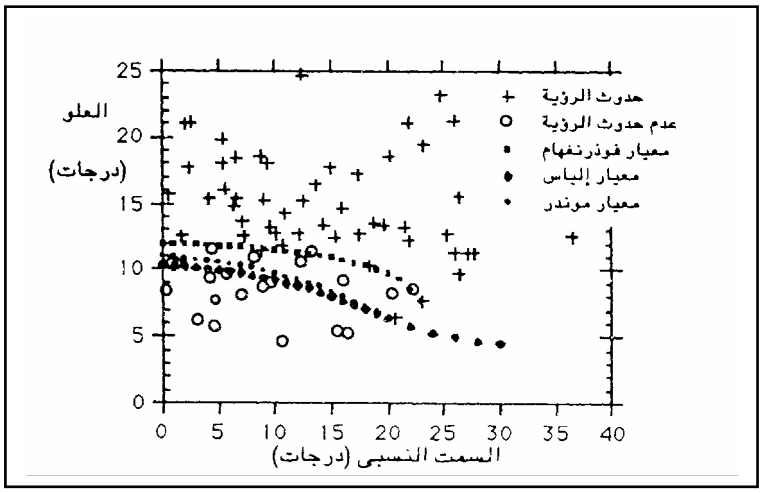
والتي كانت ضمن إطار الطريقة القديمة. ولكن باضافة الكثير من التعديلات وإدخال عوامل أكثر. وحاول بعض واضعي المعايير الحديثة أن تكون ذات طابع علمي بعد أن كانت ذات طابع محلي، بحيث يمكن رسم خارطة للمناطق التي يمكن من خلالها رؤية الهلال. بمعنى تحديد خط التاريخ القمري أو المناطق التي تبدأ فيها رؤية الهلال على سطح الأرض، وهذا يعني إدخال عامل إختلاف خط الطول والعرض الجغرافيين. كما سجلت مشاهدات قياسية وخصوصاً مع استخدام الأدوات البصرية. فلقد سجل جوليوس شميت[٤] في عام ١٨٧١م أنه شاهد الهلال وعمره ١٥ ساعة و٢٤ دقيقة أي أن مدة بقائه كانت ٢٢ دقيقة بعد غروب الشمس. وهو أقل بكثير من المعيار البابلي (٤٨ دقيقة) في حين أن مشاهدة قياسية بالمنظار المزدوج في عام ١٩٨٩م كان عمر القمر في حينها ١٣ ساعة و ٢٨ دقيقة.

ولعله من أهم الاسهامات في هذا الجانب ما قام به الفلكي الفرنسي دانجون لقياس زاوية طرفا الهلال ω وإيجاد العلاقة بينها وبين λ، حيث وجد أن هذه الزاوية تساوي ١٨٠ عندما تكون λ أكبر من ٣٠° أما إذا قلت فإن تلك الزاوية تنقص، أي أن طول الهلال ينقص إلى أن تصبح صفراً عندما تكون λ تساوي ٧°. وهذا الحد الشهير يسمى**حد دانجون**. ويمكن إرجاع سبب تلك الخاصية إلى تضاريس حافة القمر التي تؤدي حدوث ظلال عليها يؤدي إلى حجب الرؤية كذلك بسبب الإضطرابات الجوية التي تخل بالرؤية فتجعل الهلال عندها دون حد الرؤية. ولكن محمد إلياس، الفلكي الماليزي استخدم نفس الطريقة فوجد أن أقل زاوية هي ١٠,٥° بدلاً من ٧°، شكل٤-١.



شكل٤-١: زاوية طرفا الهلال التي يتم إيجاد حد دانجون منها.

و لم يكتف علماء الفلك باستخدام الزاوية الحدية وإنما استخدموا زاوية الإرتفاع عن الأفق والزاوية الأفقية كما هو موضح في الشكل٣-٣. فلقد خلص فوذرنغهام (١٩١٠م) إلى أن الهلال يمكن أن يرى إذا كانت زاوية العلو للقمر أكبر من ١٢° وتقل هذه القيمة إلى ١٠° عندما تصل الزاوية الأفقية إلى ٢٠°. واستبدل موندر (١٩١١م) قيمة ١٢ في الطريقة السابقة بقيمة ١١°. أما محمد إلياس(١٩٨٤) استفاد من المعيارين السابقين ليقوم برسم خط التاريخ القمري ويبين فيه الأماكن التي يمكن منها مشاهدة الهلال بالعين المجردة وأدخل فيه عوامل إضافية وذلك باستخدام الحاسب الآلي. ويمكن عرض ٧٦ حالة رصد للأهلة مقارنة بالمعايير السابقة في منحنى (العلو-الزاوية الأفقية(السمت النسبي)) في الشكل ٤-٢.



شكل٤-٢: نتائج الرصد مقارنة بالمعايير الفلكية.

ومن أواخر من وضع معياراً فلكياً حديثاً كان هو الفلكي يالوب وهو الذي عمل مديراً لمرصد جرينتش ويعتبر معياره من أدق المعايير. حيث يهدف إلى رسم خط التاريخ القمري كما أراد إلياس ولكن باستخدام زاوية ارتفاع الهلال والسمك السطحي للهلال. ومن خلاله قسم أماكن رؤية الهلال إلى خمسة مناطق هي:

أ- مناطق يستحيل منها رؤية الهلال حتى بالمرقب أو المنظار.

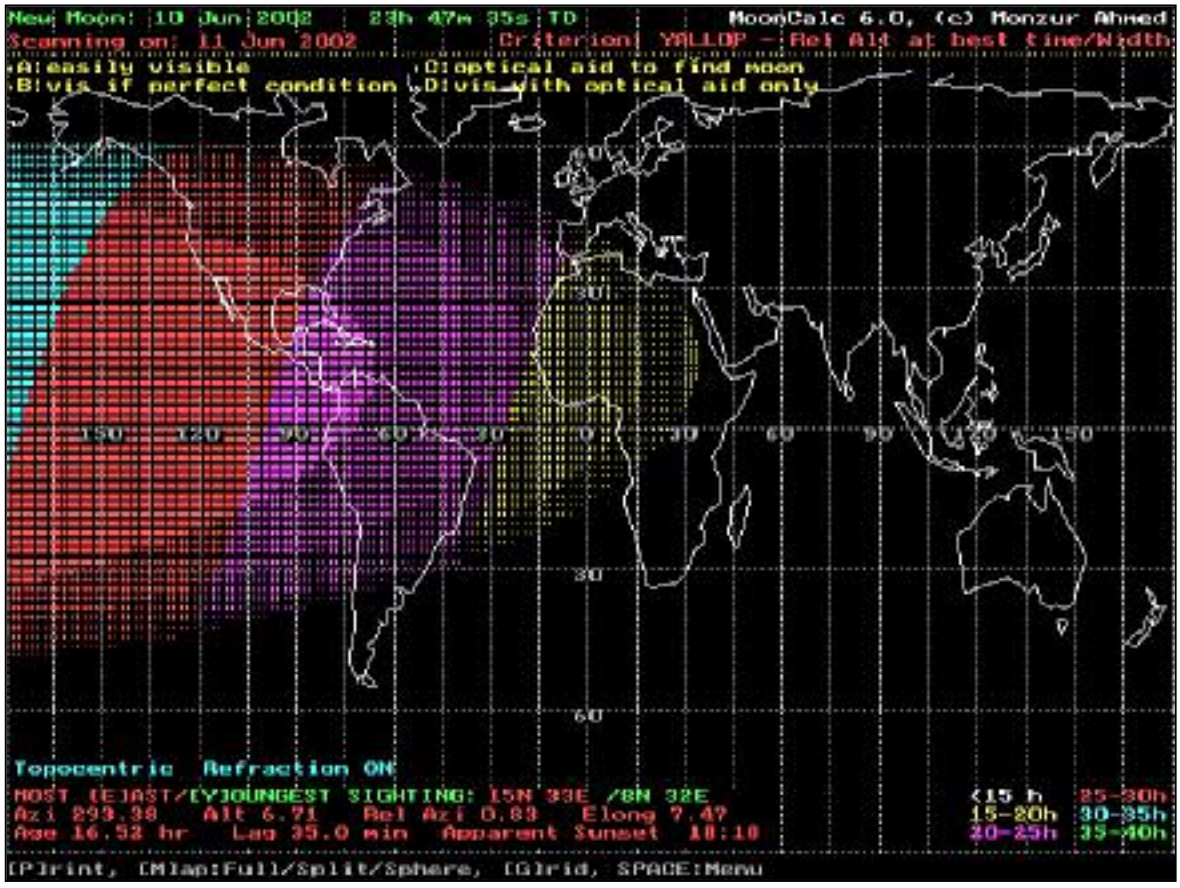
ب- مناطق يمكن رؤية الهلال فيها بالمرقب أو المنظار.

جـ- مناطق قد نحتاج لرؤية الهلال فيها المرقب أو المنظار.

د- مناطق ممكن رؤية الهلال فيها بالعين المجردة عند صفاء الغلاف الجوي.

هـ- مناطق ممكن رؤية الهلال فيها بالعين المجردة بسهولة.

ويمكن رسم خط التاريخ القمري من خلال برنامج (Moon Calculator) والذي صممه الدكتور منذر أحمد وهو أحد الفلكيين المسلمين. والشكل٤-٣ يوضح خط التاريخ القمري لهلال ربيع الثاني ١٤٢٣هـ، في يوم الثلاثاء ١١ يونيو وهو يمثل قطع مكافئ على شكل لسان. وفيه تحدد المناطق الخمسة السابقة بالإضافة إلى بعض المعلومات الفلكية. ومنه يمكن القول حسب هذا المعيار أن الهلال تستحيل رؤيته في آسيا بينما تبدأ رؤيته بالمنظار من مناطق شرق أفريقيا ويمكن أن يرى بالعين المجردة من وسط القارتين الأمريكيتين. ويمكن الحصول على نسخة من البرنامج السابق من موقع رصد الأهلة الإسلامية التابع للجمعية الفلكية الأردنية من :http://www.jas.org.jo/icop.html .



شكل٤-٣: خط تاريخ الهلال (لسان الهلال) لشهر ربيع الثاني ١٤٢٣هـ حسب معيار يالوب، وذلك في يوم الثلاثاء ١١ يونيو ٢٠٠٢.

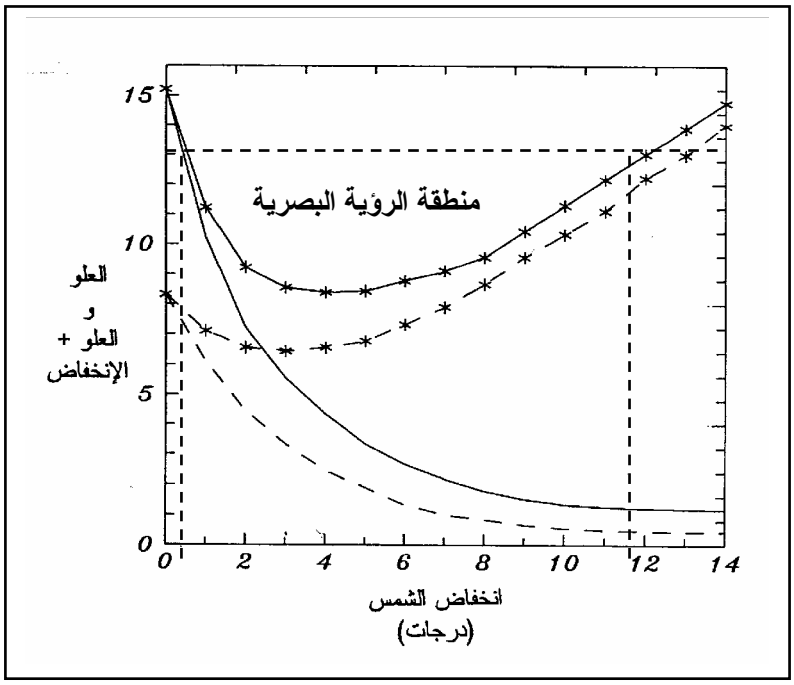
ولا بد أن نشير هنا أن المناطق حول خط بداية رؤية الهلال هي مناطق تقريبية لا يمكن تحديدها بدقة لأن الرؤية البصرية تتوقف على عوامل غير فلكية وهي متغيرة. ويزداد تأكيد الرؤية أو عدمها عند الإبتعاد عن خط البداية غرباً أو شرقاً.

كما أن هناك عدة معايير أخرى منها على سبيل المثال معيار مرصد جنوب أفريقيا، ويصلح استخدامه للرصد بالمنظار ويتلخص في الجدول التالي:

الزاوية الأفقية بين الشمس والقمر	رؤية الهلال مستحيلة إذا كانت زاوية الإرتفاع أقل من
٠	٦,٧
٥	٦,١
١٠	٥,٣
٢٠	٣,٢
٢٥	٢

٣- المعايير الفيزيائية الفلكية الحديثة:

وهي المعايير التي تدخل العوامل غير الفلكية التي تؤثر في رؤية القمر. وهي معايير تؤخذ فيها العوامل الفيزيائية مثل الرطوبة والضغط وكذلك الرؤية البشرية وعمر المشاهد بالإضافة للعوامل الفلكية السابقة. ويعتبر برون (١٩٧٧م) من أول من وضع معياراً فيزيائياً فلكياً حديثاً. وفيه درس العلاقة بين سطوع السماء بانخفاض الشمس عن الأفق، وكذلك بين سطوع القمر وارتفاعه. ورسم تلك العلاقة في منحنى ثم خلص إلى منحنى (شكل ٤-٤) يمكن من خلاله تحديد إمكانية رؤية الهلال من خلال انخفاض الشمس وعلو القمر. وهو شكل يمكن الاستفادة منه لتحديد أنسب الأوقات لرؤية الهلال بعد غروب الشمس إذ أن الهلال ليس من السهل رؤيته بعد غروب الشمس مباشرة ولكن بعد ذلك بفترة. ولتحديد تلك الفترة نأخذ مثالاً يوضح المسألة. فإذا كان الفرق في العلو بين الشمس والقمر يساوي ١٣° فإنه لو رسمنا خطاً أفقياً من المحور اللعمودي فإنه يتقاطع مع المنحنى العلوي في النقطتين اللتين تقابلان القمتين ١° و ١١,٥° . أي أن احتمالية الرؤية هي في الفترة بين انخفاض الشمس تلك القيمتين وتزداد أكثر في منتصفهما تقريباً.



شكل ٤-٤: العلاقة بين انخفاض الشمس وارتفاع القمر، المناطق فوق المنحنى تمثل مناطق الرؤية.

ولعل أهم من قام بإدماج هذه العوامل مجتمعة هو الفلكي شيفر (١٩٨٨م) فكان بحثه من أدق الأبحاث والمعايير. كما أن الباحث إتخذ التعريف الإسلامي للشهر (٢٩ أو ٣٠ يوماً) فوجد أن عدد الأشهر الطويلة يساوي تقريباً عدد الأشهر القصيرة. وليس من الضروري تناوب الأشهر. وعند رسم خط التاريخ القمري بهذا المعيار فلن يكون متصلاً لأن تلك العوامل تأثيرها ليس متجانس التغير على سطح الأرض.

٤-٢- الخلاصة

من المعايير أعلاه يمكن وضع خلاصة لتلك المعايير بخصائص مختلفة للقمر كالتالي:

أ- عمر الهلال: لم يتم تسجيل أي مشاهدة بصرية لهلال عمره أقل من ١٥ ساعة و ٢٤ دقيقة أو ١٣ ساعة و٢٨ دقيقة بالمنظار المزدوج. ولكن تلك حالة نادرة جداً، ولكن ونتيجة للمعايير الفيزيائية فإنه من شبه المستحيل أن يرى الهلال الذي يقل عمره عن ١٦ ساعة. وتزداد تلك القيمة كلما ابتعدنا عن خط الاستواء.

ب- مكث الهلال: لم تسجل رؤية للهلال بالعين المجردة إذا نقص مكثه عن ٢٢ دقيقة. ولكن ذلك أمر استثنائي جداً، ولكن حسب المعايير الحديثة فإنه من الصعب جداً رؤية الهلال إذا قل مكثه عن ٣٠ دقيقة. بل أن الكثير من تلك المعايير ترفع تلك القيمة إلى ٤٠ دقيقة للعين المجردة بالقرب من المناطق الاستوائية لأن الزاوية الأفقية للهلال تقل في المناطق الاستوائية.

جـ- موقع الهلال: كلما زادت الزاوية بين الشمس والقمر فإن نسبة رؤية الهلال تزداد. ويعتبر الكثير من الفلكيين أن حد دانجون (٧°) حد لا يمكن مشاهدة الهلال إذا قلت الزاوية عنه. بل إن بعض الفلكيين مثل محمد إلياس يعتبر ذلك الحد ليس يقينياً بل يستبدله بـ ١٠,٥°. أيضاً من الصعب مشاهدة الهلال بالعين المجردة عند وقت الغروب مباشرة ولكن بعد ذلك بفترة، ثم تزداد نسبة الرؤية حتى يصل إلى علو ٥° حيث يدخل القمر في منطقة الشفق (سمك الغلاف الجوي كبير) فيبدأ بالخفوت.

د- الموقع الجغرافي: كما يلاحظ من خط التاريخ القمري شكل ٤-٣. فإن احتمالية الرؤية تزداد بالاقتراب من المناطق الاستوائية. وكذلك بالاتجاه للمناطق الغربية. أي أنه كلما اتجهنا باتجاه الجنوب الغربي.

هـ- عوامل أخرى: هناك عوامل أخرى تؤثر على رؤية الهلال وقد تزداد نسبة تأثيرها بشكل كبير في بعض الشهور وخصوصاً عندما يكون الشهر القمري في فصل الشتاء أو الصيف. ومن تلك العوامل ، الرطوبة والضباب والغبار وحركة الغلاف الجوي هذا عدا السحب التي تحجب الرؤية تماماً.

٤-٣-نصائح عملية هامة للاستهلال

١- تحديد موقع مناسب للاستهلال بعيداً عن الأضواء وخصوصاً في جهة الاستهلال. والمناطق الجنوبية الغربية بالنسبة لأفقنا هي الأنسب.

٢- الحضور لموقع الاستهلال قبل غروب الشمس بزمن يساوي على الأقل مكث الهلال بعد غروب الشمس.

٣- تعيين المكان التقريبي للهلال عند غروب الشمس وفي العادة يكون بالقرب من موقع الشمس قبل غروبها بمدة تساوي مكث الهلال. ويمكن معرفة ذلك بواسطة بعض برامج المحاكاة الفلكية. وكما أشرنا فإن موقعه في العادة على يسار الشمس بالنسبة للمشاهد. وذلك لكي لا يتم تشتيت النظر في جميع الاتجاهات.

٤- تعيين مكان غروب الشمس، لأن الهلال طيلة فترة بقائه فوق الأفق يكون في المنطقة بين موقه عند غروب الشمس ومكان غروبها تقريباً، شكل ٣-٣. وكذلك الاستفادة من الكواكب التي قد تظهر قبل الهلال مثل الزهرة أو المشتري حيث أنها والهلال والشمس تقع تقريباً على خط واحد (فلك البروج).

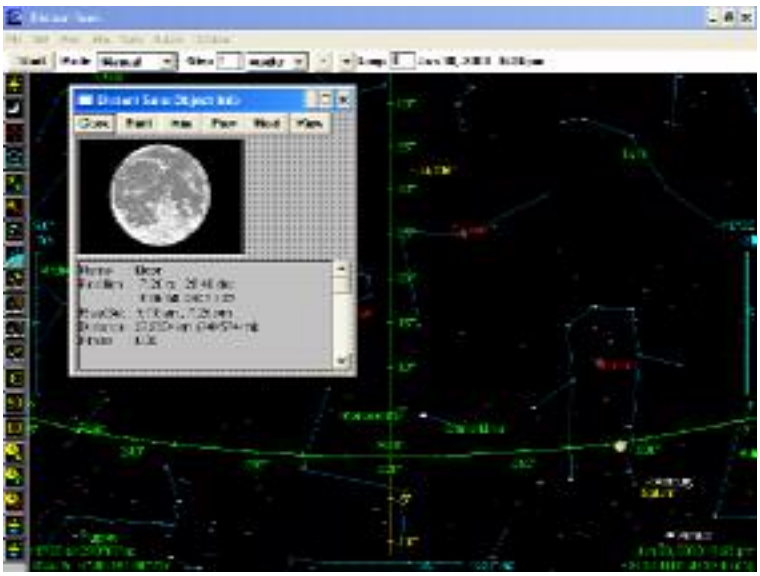
٥- تحديد الوقت الأنسب للرؤية وفترة الرؤية من خلال الشكل ٤-٤.

٦- الاستعانة بالوسائل البصرية، كالمناظير، وخصوصاً تلك التي يمكن أن تتجه آلياً وبدقة إلى موقع الهلال لتحديد موقع الهلال على الأقل.

٧- تسجيل وقت بداية الرؤية واتجاه قرني الهلال والافضل الإنتظار لوقت غروب الهلال حتى يتأكد المشاهد من دقة الرؤية. ولكي لا تتدخل العوامل النفسية فيتوهم المشاهد رؤية الهلال، لأن الهلال لا يومض ثم يغيب بل يظل فترة تجعل من يراه يتيقن برؤيته.

وضع تقويم قمري باستخدام DS & RS

يمكن وضع تقويم قمري اعتماداً على حساب الرؤية وذلك بمتابعة القمر في بداية كل شهر وتحديد عمره عند غروب شمس اليوم الأخير من الشهر وكذلك مكثه وبعده الزاوي عن الشمس. وبتحديد هذه العناصر الثلاثة يمكن تحديد إمكانية الرؤية من عدمها ومن ثم وضع تقويم قمري لسنة أو عدة سنوات. كذلك هناك عناصر غير أساسية قد تفيد في تحديد إمكانية الرؤية مثل الزاوية الأفقية بين الشمس والقمر حيث تزداد احتمالية الرؤية بازديادها. فعلى سبيل المثال عند النظر إلى جهة الغرب لمشاهدة هـــلال بداية شهر جمادى الأول لعام ١٤٢٤هـــ عند غروب الشمس في يوم الاثنين ٣٠ يونيو ٢٠٠٣م. فإن برنـــامج DS يعـــرض الشكل أدناه وعند النقر مرتين على الزر الأيمن على القمر يعرض المربع حول خصائص القمر في تلك اللحظة.

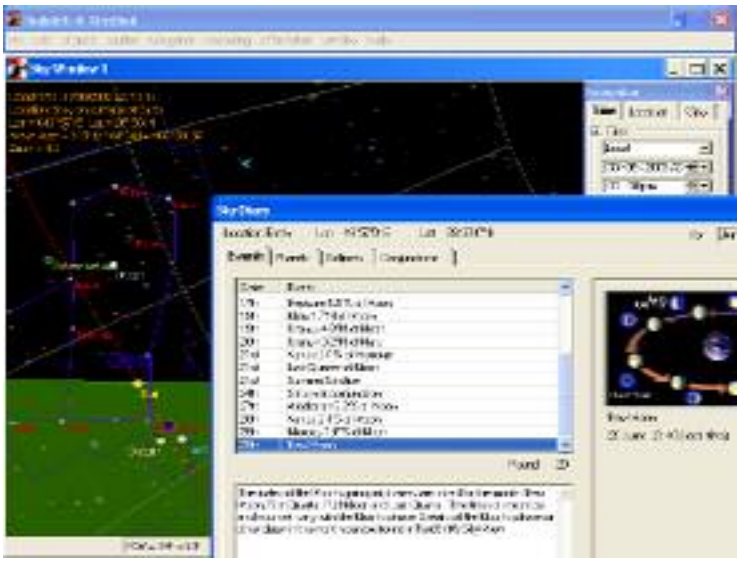


ومن الشكل أعلاه يمكن تحديد:

١- غروب الشمس في الساعة ٦:٣٦م وغروب القمر من المربع ٧:٢٥م. أي أن مكث القمر يساوي الفرق بينهما(٤٩ دقيقة)

٢- زاوية ارتفاع القمر عن الأفق (Alt) تساوي ٩ درجات و٦ دقائق. والزاوية الأفقية بين النيرين درجتين تقريباً. إذن الزاوية بينهما أكثر من ٩ درجات.ومن ذلك يمكن القول أن الهلال يمكن رؤيته حسابياً بسبب مدة مكثه وزاويته مع الشمس.

ولتحديد عمر الهلال وشكله عند رؤيته يمكن استخدام RS حيث يتم معرفة ولادته فلكياً باختيار Events من Sky Dairy من قائمة Information. ويمكن ذلك باختيار Sky Dairy مباشرة من شريط الترحيب. ثم يحدد شهر يونيو من عـــام ٢٠٠٣م فتظهر قائمة أهم الأحداث الفلكية فنختار New Moon حيث يعرض وقت اقتران القمر بالشمس كما في الشكل أدناه.



س: أكمل الجدول أدناه لوضع تقويم هجري قمري للعام ١٤٢٥هـ–باستخدام البرنامجين DS & RS٤.

الشهر	يوما الرؤية المتوقعة	اليوم المتوقع فيه الرؤية حسب المعايير	ارتفاع القمر أثناء غروب الشمس(^{o})	الزاوية الأفقية للقمر أثناء غروب الشمس(^{o})	مكث الهلال (دقيقة)	عمر الهلال (ساعة)	عدد أيام الشهر
محرم–٢٥	٢٠، ٢١ فبراير ٢٠٠٤م						
صفر–٢٥							
ربيع الأول–٢٥							
ربيع الآخر–٢٥							
جمادى أولى–٢٥							
جمادى الآخرة–٢٥							
رجب–٢٥							
شعبان–٢٥							
رمضان–٢٥							
شوال–٢٥							
ذو القعدة–٢٥							
ذو الحجة–٢٥							
						المجموع	

* لا حظ أن مجموع أيام السنة القمرية يتراوح بين ٣٥٤ يوماً أو ٣٥٥ يوماً.

* ليس من الضروري تعاقب الأشهر التامة (٣٠يوم) بعد الأشهر الناقصة (٢٩يوم) وقد يحدث تجاور شهرين تامين أو ناقصين.

الدرس الخامس

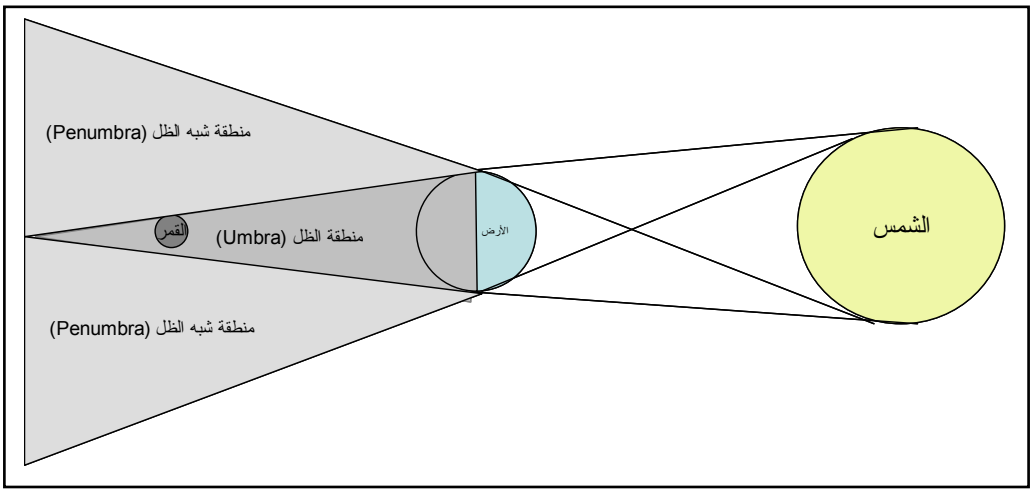
ظاهرة الخسوف والكسوف والمد والجزر

وفي هذا الدرس سيتم استعراض بعض الظواهر المرتبطة بحركة القمر، وهي ظاهرة خسوف القمر وكسوف الشمس وظاهرتا المد والجزر في البحار والمياه الجوفية.

١-١ ظاهرة خسوف القمر(lunar eclipse)

أ- سبب الظاهرة:

تنشأ ظاهرة خسوف القمر في منتصف الشهر القمري عندما تحجب الأرضُ ضوءَ الشمس أو جزءاً منه عن القمر. يحدث خسوفين لكل سنة. ويمكن رؤية الخسوف في المناطق التي يكون فيها القمر فوق الأفق. شكل٥-١.



شكل٥-١: رسم توضيحي لوضع الشمس والقمر أثناء خسوف القمر، وفيه تتوضح مناطق ظلال الأرض.

ب-أنواع الخسوف:

١- **خسوف كلي**(Umbral): ويحدث عندما يدخل القمر كله منطقة ظل الأرض، شكل٥-١. وفي هذه الحالة ينخسف كامل قرص القمر.

٢- **خسوف جزئي**(Partial): ويحدث عندما يدخل جزء من القمر منطقة ظل الأرض، شكل٥-١. وفي هذه الحالة ينخسف جزء من قرص القمر.

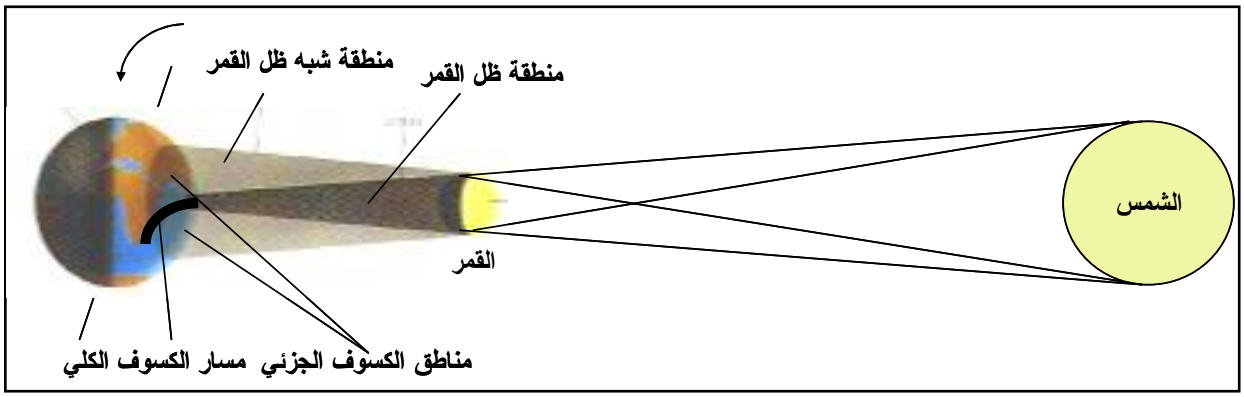
٣- **خسوف شبه الظل** (Penumbral): ويحدث عندما يدخل القمر منطقة شبه الظل فقط، شكل٥-١. وفي هذه الحالة يصبح ضوء القمر باهتاً من دون أن ينخسف. ومنطقة شبه الظل هي المنطقة التي ينحجب فيها جزء من ضوء الشمس عن القمر أي أن المراقب للشمس من على سطح القمر يراها منكسفة جزئياً. ولا يصنف هذا النوع على أنه خسوف شرعي.

إذن لكي يحدث الخسوف الكلي فإنه لابد أن يحدث الخسوفان السابقان.

٥-٢- كسوف الشمس (solar eclipse)

أ- سبب الظاهرة:

تحدث ظاهرة كسوف الشمس في بداية أو نهاية الشهر القمري عندما يحجب القمرُ ضوءَ الشمس عن الأرض. بنفس معدل خسوف القمر لأن كل خسوف يرافقه كسوف إما قبله أو بعده بنصف شهر، ولكن كسوف الشمس لا يراه كل من تظهر عندهم الشمس لأن ظل القمر لا يمكنه أن يغطي كل وجه الأرض بسبب حجمه. شكل٥-٢.



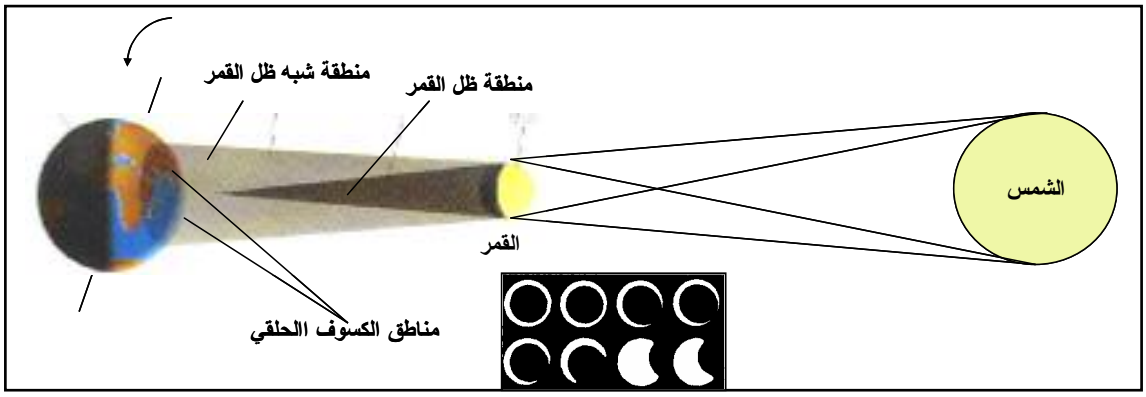
شكل٥-٢ : رسم توضيحي لوضع الشمس والقمر أثناء كسوف الشمس، وفيه تتوضح مناطق ظلال القمر على الأرض ومسار الكسوف الكلي.

ب- أنواع الكسوف:

١- كسوف كلي (Total-Central): ويحدث عندما يصل ظل القمر إلى سطح الأرض وفي هذه الحالة ينكسف كامل قرص الشمس. ويحدث الكسوف الكلي في مناطق التقاء رأس مخروط ظل القمر بالأرض ، شكل٥-٢. ويتخذ الكسوف الكلي مساراً محدداً بسبب حركة الأرض والقمر.

٢- كسوف جزئي (Partial): ويحدث في المناطق التي يسقط فيها شبه ظل القمر على سطح الأرض. وشبه ظل القمر في هذه الحالة هي المنطقة التي لا يرى كامل قرص الشمس منها أي أن قرص الشمس لن يشاهد كاملاً من هذه المناطق. وتزداد نسبة الكسوف الجزئي عند الإقتراب من منطقة (مسار) الكسوف الكلي. وفي هذه الحالة ينكسف جزء من قرص الشمس، شكل٥-٢.

٣- كسوف حلقي(Annular): ويحدث عندما يكون القمر في نقطة بعيدة ما عن الأرض (لأن مسار القمر حول الأرض بيضاوي) فيكون قرص القمر أصغر من أن يحجب كامل قرص الشمس، وفي هذه الحالة لايصل رأس مخروط ظل القمر إلى سطح الأرض، فينكسف قرص الشمس من الوسط في المناطق التي تقع أسفل رأس المخروط،شكل٥-٣.

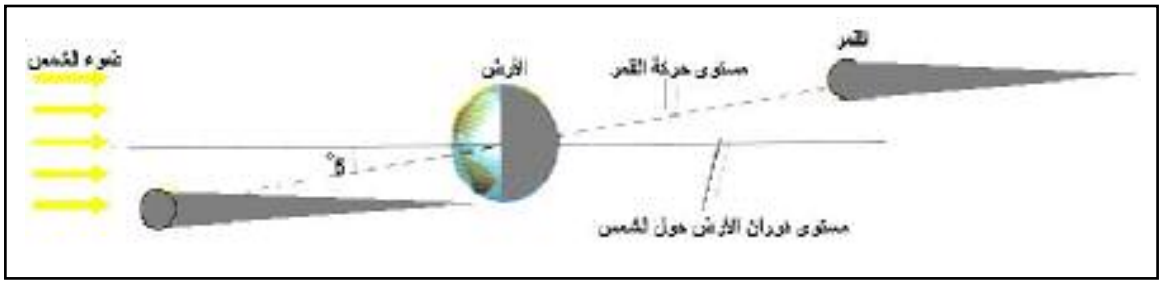


شكل٥-٣: رسم توضيحي لوضع الشمس والقمر أثناء كسوف الشمس الحلقي، وفي الإطار يظهر شكل الكسوف الحلقي كما يشاهد.

٥-٣- لماذا لا يحدث الخسوف والكسوف كل شهر.

عند بداية أو نهاية الشهر القمري فإن القمر يتوسط بين الأرض والشمس ولو كان القمر يدور في نفس مستوى دوران الأرض حول الشمس لكان الخسوف والكسوف يحدثان كل شهر، ولكن لأن مستوى دوران القمر حول الشمس يميل بزاوية مقدارها خمس درجات تقريباً، شكل ٥-٤. لذلك السبب لا يحدث الكسوف أو الخسوف إلا عندما تمر الشمس (بسبب دوران الأرض حول الشمس) في نقطة التقاء المستويين أو ما تسميان بالعقدتين. وتمر الشمس مرتين كل سنة فيهما. لذلك تحدث تلك الظاهرة بمعدل مرتين كل سنة مثل ظاهرة خسوف القمر.

وتسمى الفترة التي تبقى الشمس في العقدتين بفترة الخسوف والكسوف حيث تبقى في كل عقدة أكثر من شهر وهو ما يجعل كل كسوف شمس يرافقه على الأقل خسوف قمر إما قبله أو بعده بنصف شهر والعكس صحيح. وتستغرق الشمس فترة ٣٤٦,٦٢ يوم كي تعود إلى نفس العقدة وتلك الفترة تسمى السنة الكسوفية لذلك يتوقع بعد تلك الفترة أو نصفها حدوث خسوف وكسوف ما على سطح الأرض. وبسبب الفرق بين السنة الكسوفية والسنة الشمسية فإن القمر يعود إلى نفس النقطة التي يحدث فيها الخسوف أو الكسوف بعد ١٨ سنة و ١١,٣ يوم أو ما تسمى بدورة الساروس للقمر والتي اكتشفها البابليون في عصور قبل الميلاد.

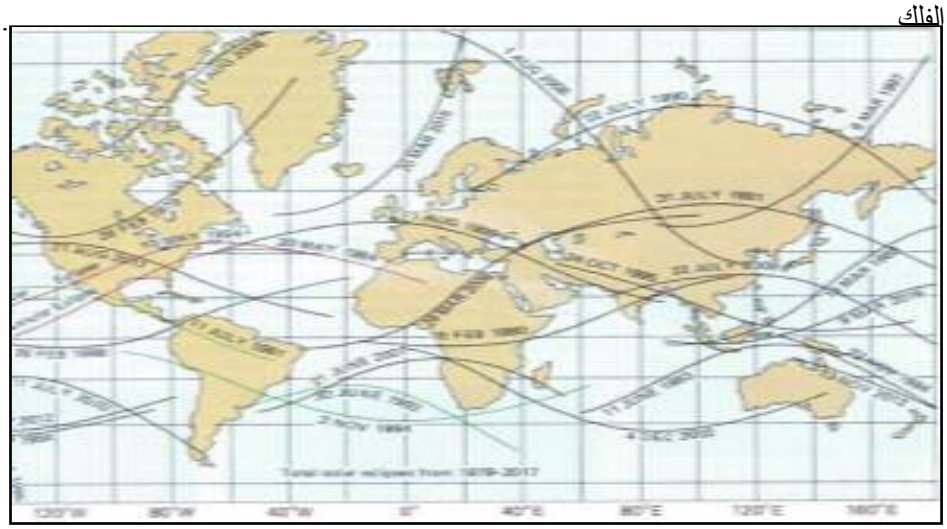


شكل٥-٤ : مستوى دوران القمر القمر حول الأرض بالنسبة لمستوى دوران الأرض حول الشمس.

٥-٤- ملاحظات حول ظاهرة الخسوف والكسوف.

يقل توهج الشمس في حالة الكسوف بحيث يمكن تركيز النظر فيها مباشرة من دون أن تعشي، ولكن خطورة النظر المباشر للشمس على العين عموماً والشبكية بالخصوص ، تبقى حتى في الكسوف الكلي ، لأن الهالة الشمسية الخارجية (corona) تظل تطلق الأشعة الضارة للعين.

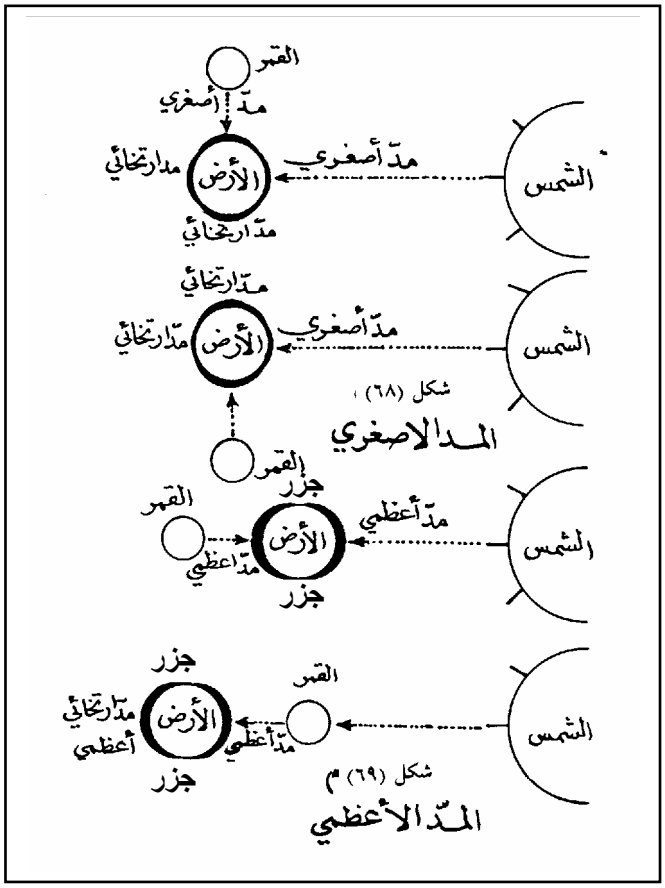
ويحدث عند بداية الكسوف الكلي شكلٌ يشبه الخاتم الماسي، ولذلك تسمى هذه المرحلة مرحلة الخاتم الماسي. أما في بداية الخسوف الكلي فإن لون القمر يميل للحمرة بسبب الأشعة الحمراء التي لايمكن امتصاصها من أعلى الغلاف الجوي للأرض. كما أن أقرب خسوف كلي سيحدث عن شروق القمر يوم ١٦ مايو عام ٢٠٠٣، وأما أقرب كسوف كلي يمر بمنطقتنا فسيكون عند شروق الشمس تقريبا من يوم ٢٦ ديسمبر عام ٢٠١٩م إن شاء الله. الخريط أدناه، شكل٥-٥، توضح مسارات الكسوف للأعوام (١٩٧٩-٢٠١٧م).



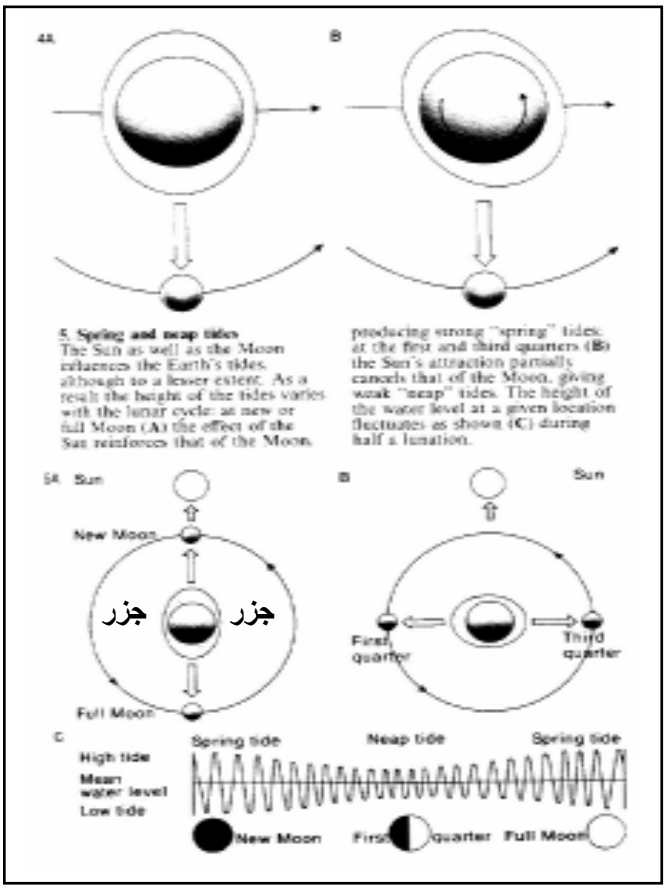
شكل٥–٥ : مسارات الكسوفات الكلية للأعوام (١٩٧٩–٢٠١٧م)

٥–٥– ظاهرة المد والجزر

من الظواهر التي تنتج عن دوران القمر حول الأرض هي ظاهرة المد والجزر التي تحدث في المسطحات المائية وفي المياه الجوفيـــة. وهذه الظاهرة ليست كالظواهر السابقة مرتبطة بشكل القمر وإضاءته، وإنما هي مرتبطة بجاذبية القمر وتأثير تغير اتجاهها حول الأرض. لأن دوران القمر حول الأرض يؤدي إلى تغير اتجاه محصلة القوة الجاذبية الناتجة عن كل من الشـــمس والقمـــر علـــى الأرض. ولعل من أوضح الأشياء التي يظهر عليها أثر تغير الجاذبية هي المياه السطحية والجوفية لأن تماسكها أقل من تماسك قشرة الأرض. لذلك تنجذب مياه الأرض باتجاه قوة جذب الشمس أو القمر أو محصلة قوتي جذبهما، فتنشأ ظـــاهرة المـــد والجـــزر، شكل ٥–٦ و ٥–٧.



شكل٥–٦ : المد الأعظمي والأصغري



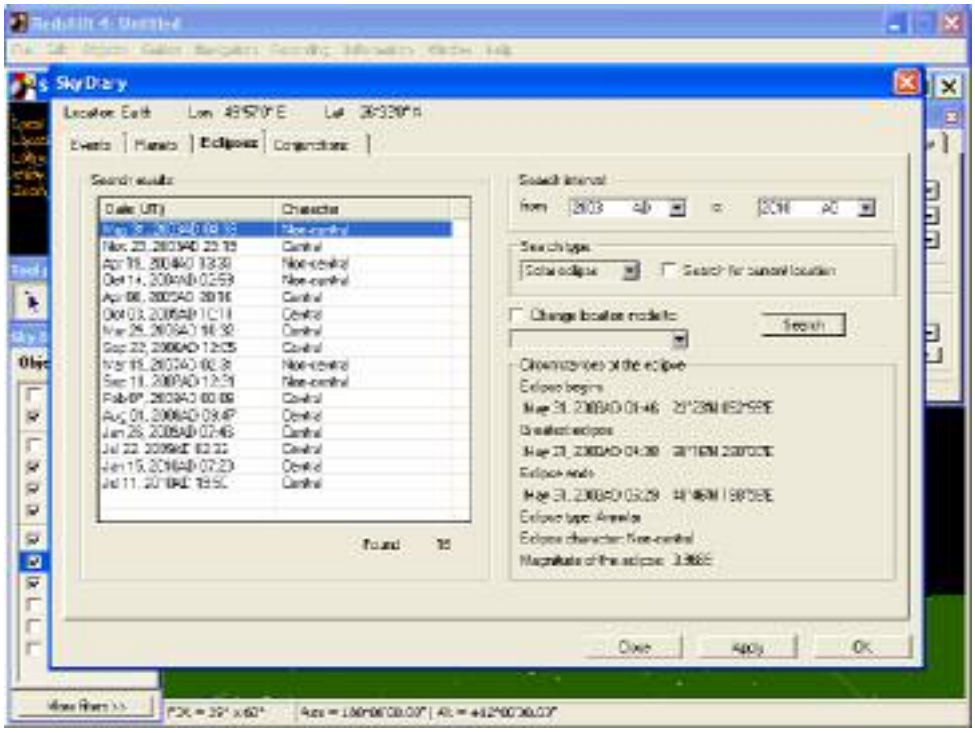
شكل٥–٧ : تغير المد والجزر في الشهر حيث يكون المد والجزر أقصى ما يمكن في بداية الشهر ومنتصفه

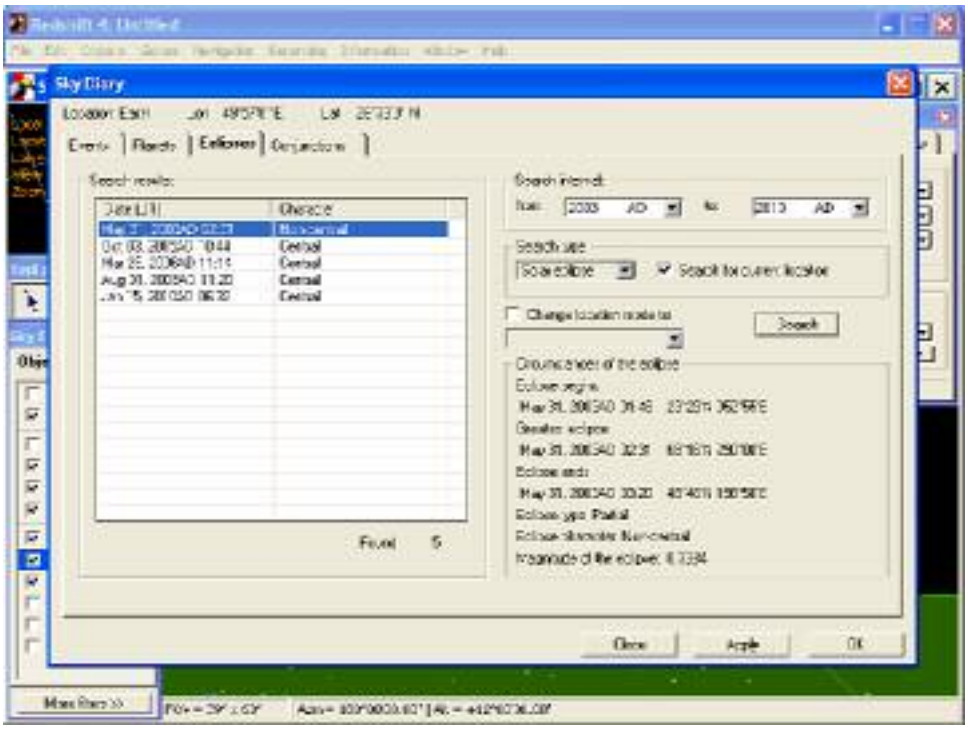
ومن خلال الأشكال أعلاه يمكن القول أن المد والجزر يتكرر في اليوم (مد وجزر يومي) في المناطق التي تقابل الشمس (وقت الظهر) أو القمر (يمكن تحديد موقعه من شكل ٣-٢) وكذلك هناك مد أعظمي في بداية (ونهاية) الشهر ومنتصفه عندما تكون الشمس والقمر في خط واحد في المناطق التي تقابلهما أو التي تكون في الجهة المقابلة من الأرض، كما في الشكلين ٥-٦، ٥-٧. وكذلك يحدث جزر أعظمي في نفس تلك الأوقات ولكن في المناطق التي تقع على المحور المتعامد. شكل٥-٦،٧.

ويؤدي حدوث المد والجزر إلى تباطؤ دوران بسبب الإختلاف الطفيف في تكور الأرض وهو ما يؤدي إلى أن يصبح اليوم أطول ولكن بمعدل صغير جداً يصل إلى $١٠^{-٨}$ ثانية في اليوم. أي أن اليوم كان طوله ٢٢ ساعة والسنة ٤٠٠ يوم قبل ثلاثمائة مليون سنة. وبما أن الأرض والقمر يشكلان نظاماً ميكانيكياً واحداً، فإن الإنخفاض في دوران الأرض حول محورها يؤدي إلى انخفاض في كمية الحركة الزاوية للنظام. ولكي تبقى كمية الحركة محفوظة فإن القمر يبتعد عن الأرض بمعدل ٢سم لكل سنة. أي أنه سيأتي اليوم الذي يبتعد فيه القمر بمقدار بحث لا يتمكن من أن يحجب كامل قرص الشمس وبالتالي لا يحدث الخسوف الكلي للشمس.

تحديد الخسوف والكسوف بواسطة RS

يوفر البرنامج RS إمكانية تحديد الخسوف والكسوف لعشرات آلاف السنوات وأنواعها كما يمكنه تحديد ما يمكن مشـــاهدته منها في أي منطقة على سطح الأرض. ويمكن ذلك باختيار Eclipses من Dairy Sky من قائمة Information. ثم يـــتم تحديد الفترة التي يتم إيجاد الخسوف والكسوف فيها وبعد ذلك اختيار الخسوف(lunar) أو الكسوف (solar) من Search type. وبالنقر على الزر Search يقوم البرنامج بإيجاد جميع الخسوفات أو الكسوفات التي تحدث على سطح الأرض في تلك الفترة. ولتحديد الذي يمكن مشاهدته في المنطقة اختر Search for current location. الشكل أدناه يعرض الكسوفات التي ستحدث في الفترة ما بين ٢٠٠٣ و٢٠١٠ م. والشكل الآخر يعرض الذي يمكن مشاهدته.





س: أوجد الخسوفات التي تحدث في تلك الفترة وما يمكن مشاهدته في منطقتنا منها.

الدرس السادس

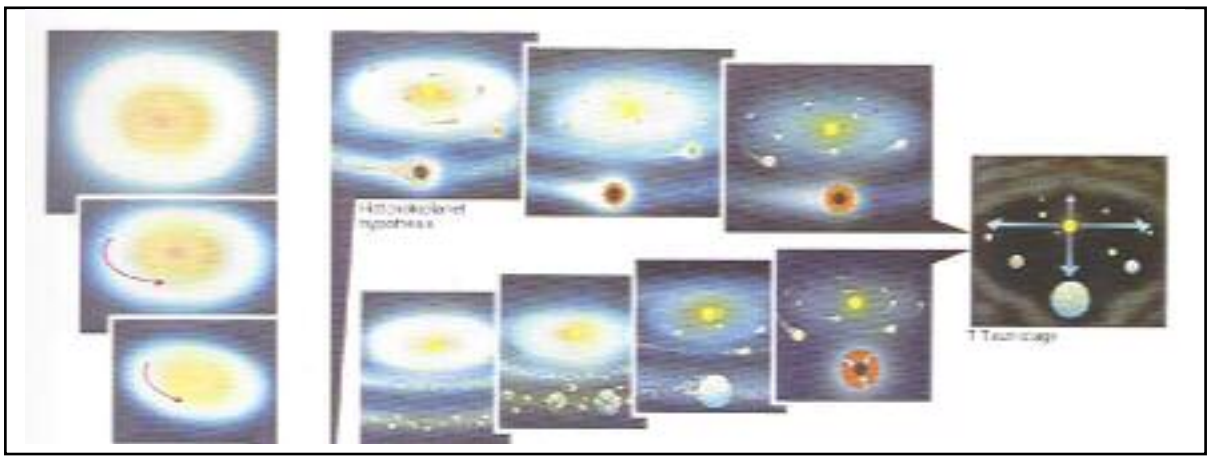
المجموعة الشمسية وحركة الكواكب

٦-١- نشأة المجموعة الشمسية

ظهرت تفسيرات عديدة لنشأة المجموعة الشمسية لكن النظرية التي يعتقد أغلب علماء الفلك والكونيات أنها الأرجح هي **نظرية سديم الغبار والغازات**.حيث يعتقد وحسب تلك النظرية أن المجموعة الشمسية كانت قبل حوالي خمسة مليارت سنة سحابة من الغازات والغبار الناتجة عن انفجار نجم ، وبفعل قوى خارجية أثرت على أجزاء تلك السحابة أدت إلى زيادة كثافتها في مناطق فتولدت قوة جاذبية أدت إلى دورانها، فأصبحت بفعل الدوران كالصفيحة الغازية حيث تكون في مركزها كتلة متكثفة كبيرة شكلت الشمس البدائية حين ارتفعت درجة حرارتها لتبدأ تفاعلات الاندماج النووية بها .

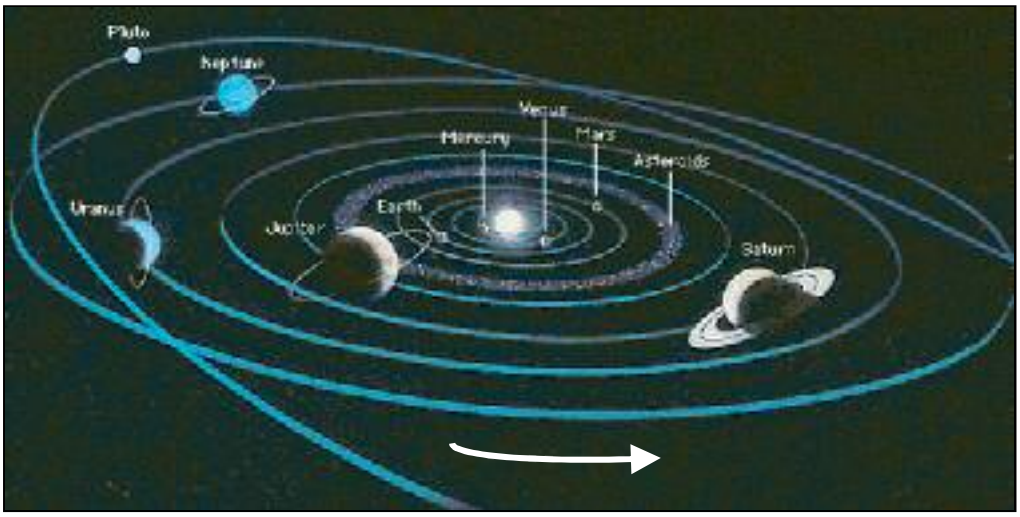
وتكثفت عدة كتل ساخنة حولها شكلت الكواكب وأثناء تلك المرحلة التصقت العناصر الثقيلة كالحديد الناتجة عن انفجار نجم آخر ببعض تلك الكواكب. وبعد برودتها تكتل الغبار مع بعضه البعض مكوناً الكواكب الصخرية (الداخلية)- عطارد(Mercury)، الزهرة(Venus)، الأرض(Earth)، المريخ(Mars)، والكويكبات(Asteroids)- أما الغازات فقد تكتلت بعيداً عن الشمس مكونة الكواكب الغازية (الخارجية)-المشتري(Jupiter)، زحل(Saturn)، أورانس(Uranus)، نبتون(Neptune)، بلوتو(Pluto). وبقي الجزء الحار في مراكز الكواكب وتوابعها. أما المذنبات(Comets) فبعضها يعتبر تابع للمجموعة الشمسية لأن له دورة حول الشمس مثل مذنب هالي-٧٦ سنة، ولكن لبعدها عن الشمس تعتبر في حالة غازية متجمدة ، تنصهر عند اقترابها من الشمس فيتكون لها ذيل معاكس لاتجاه الشمس (الرياح الشمسية). وبعضها قد يزور المجموعة الشمسية بفعل الجاذبية ثم يغادر بلا رجعة.

ومما يستدل به على صحة تلك النظرية أن جميع الكواكب (ماعدا كوكب بلوتو) وتوابعها تقريباً تدور حول الشمس أو حول الكواكب **في مستوى واحد وفي نفس الإتجاه** (عكس عقارب الساعة لمن يراقب من أعلى) وذلك في مسارات بيضاوية وكذلك تدور حول نفسها في نفس الإتجاه (ماعدا كوكب أورانس). والكوكب الأقرب للشمس تكون أسرع في الحركة. كذلك فإنه يمكن تمثيل تلك النظرية عملياً عند انعدام الجاذبية. إذ بتحقق بعض الشروط العيارية. يمكن استخدام مائع ما وتدويره في الفضاء لنحصل على كتلة في المركز وكتل تدور حولها في نفس المستوى والاتجاه. الشكل ٦-١ يوضح مراحل تلك النظرية.



شكل٦-١: مراحل تكون المجموعة الشمسية قبل حوالي خمسة مليارات سنة، حسب نظرية سديم الغبار والغازات.

الشكل أدناه ٦-٢، يوضح أجزاء المجموعة الشمسية وكيفية دورانها.

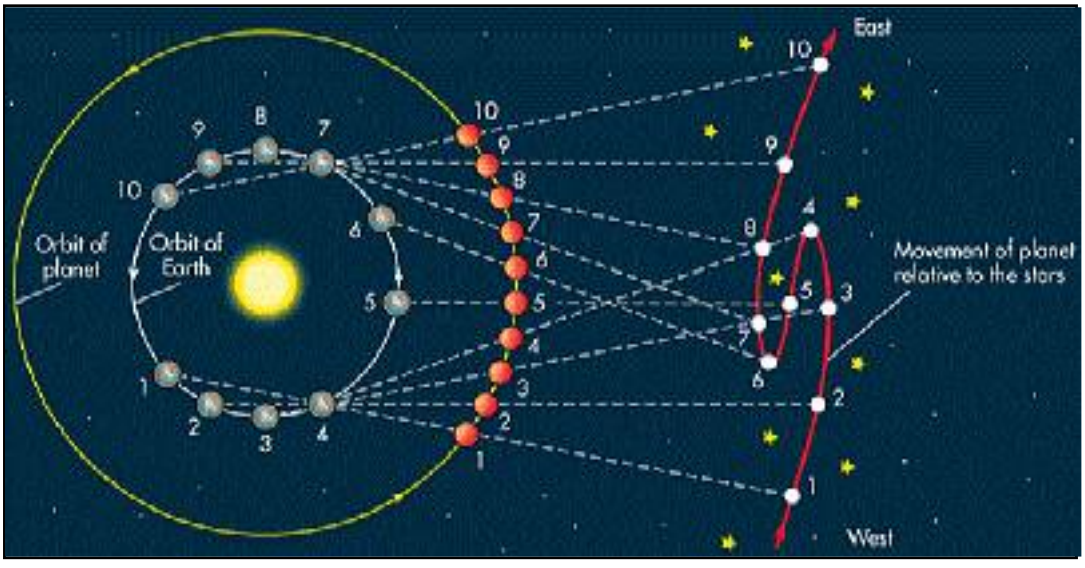


شكل٦-٢: أجزاء المجموعة الشمسية وجميعها تدور عكس عقارب الساعة للمشاهد من الأعلى، تقريباً في مستوى واحد.

٦-٢- حركة الكواكب الظاهرية من على سطح الأرض

بما أن الكواكب تتحرك تقريباً في مستوى واحد (ماعدا بلوتو) لذلك فهي تشاهد تتحرك حول مسار حركة الشمس والقمر (فلك البروج) أي أنه يمكن رسم خط في القبة السماوية يحتوي الكواكب المشاهدة في أي ليلة. إذن فجميع الكواكب (ماعدا بلوتو) دائماً تتحرك تقريباً حول فلك البروج. واتجاه حركتها من الشرق للغرب للكواكب الأبعد من الأرض. وأما الكواكب الأقرب (عطارد والزهرة) فإن موقعها دائماً بالقرب من الشمس في جهة الغرب أو الشرق.

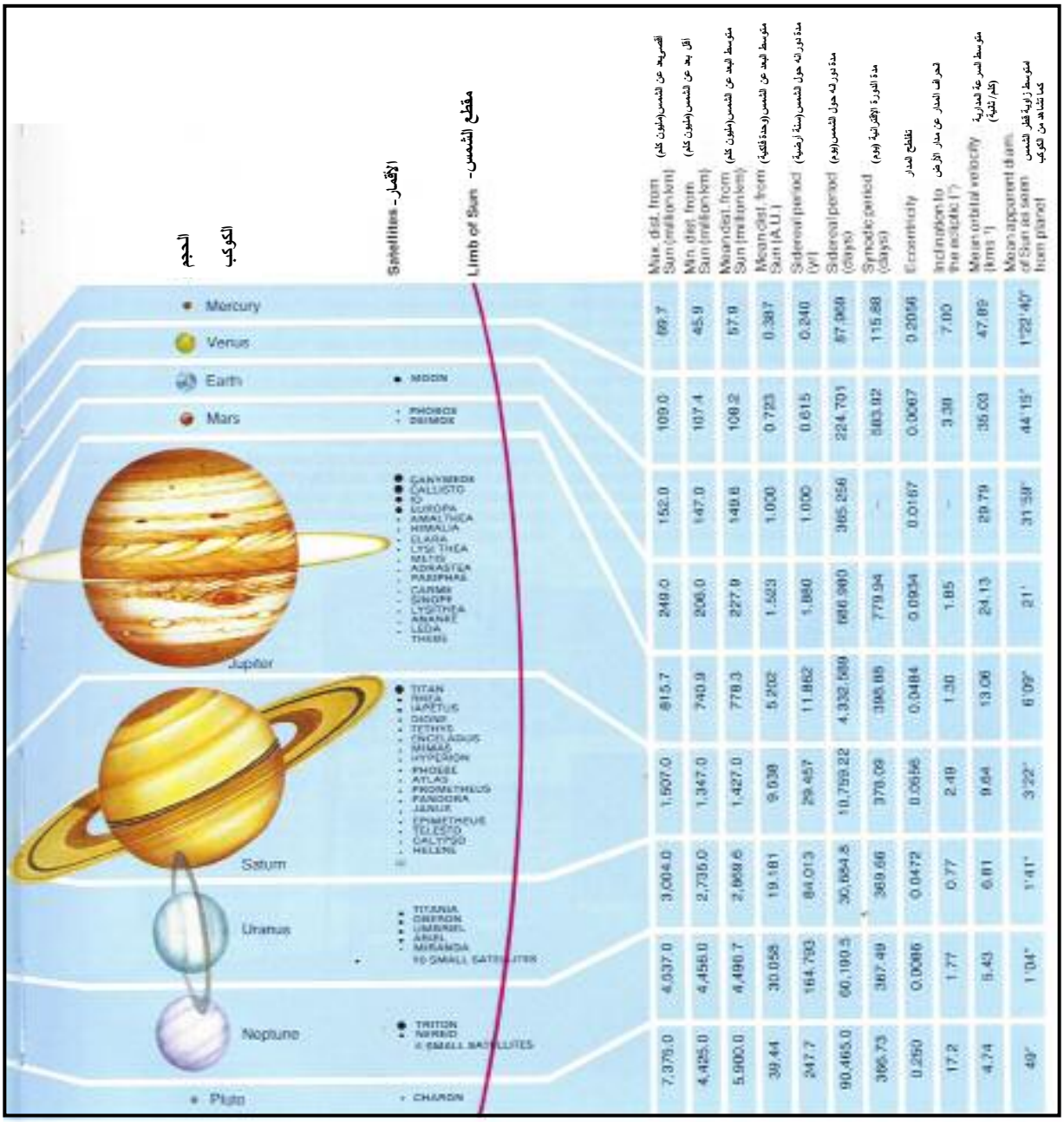
كذلك ونتيجة لحركة الكواكب حول الشمس فإن موقع الكواكب في كل ليلة يختلف بالنسبة للنجوم عن موقعه في ليلة أخرى ويمكن إدراك ذلك عندما تكون الفترة الزمنية بين الليلتين أطول مثلاً أسبوعاً أو نحوه. ويحدث لبعض الكواكب أن يعكس حركته وذلك عند انعكاس حركته أو حركة الأرض بالنسبة لبعضهم البعض شكل٦-٣. وتسمى تلك الحركة الإرتدادية (retrograde motion) وتكون تلك الحركة أوضح في حركة المريخ. وقد شاهد تلك الحركة الأقدمون فافترض بطليموس أن الكواكب تتحرك في مسارات دائرية (epicycles) وهي تتحرك في مداراتها حول الأرض شكل١-١.



شكل٦-٣: التفسير الحديث للحركة الإرتدادية للكواكب.

٦-٣- خصائص الكواكب

تختلف طبيعة الكواكب وأحجامها والشكل ٦-٤ أدناه يوضح أهم خصائص كواكب المجموعة الشمسية وأحجامهـــا الفعليـــة مقارنة ببعضها البعض.



شكل٦-٤: أهم خصائص كواكب المجموعة الشمسية وأحجامها.

٦-٤- الفرق بين الكوكب والنجم

هناك عدة فروق بين الكواكب والنجوم ومن خلالها يمكن التفريق بين النجم والكوكب بالعين المجردة وبسهولة.

١- إضاءة الكوكب في العادة أشد من إضاءة النجوم حوله.

٢- الكوكب يغير موقعه بالنسبة للنجوم من ليلة لأخرى بينما النجم لا يغير موقعه تقريباً.

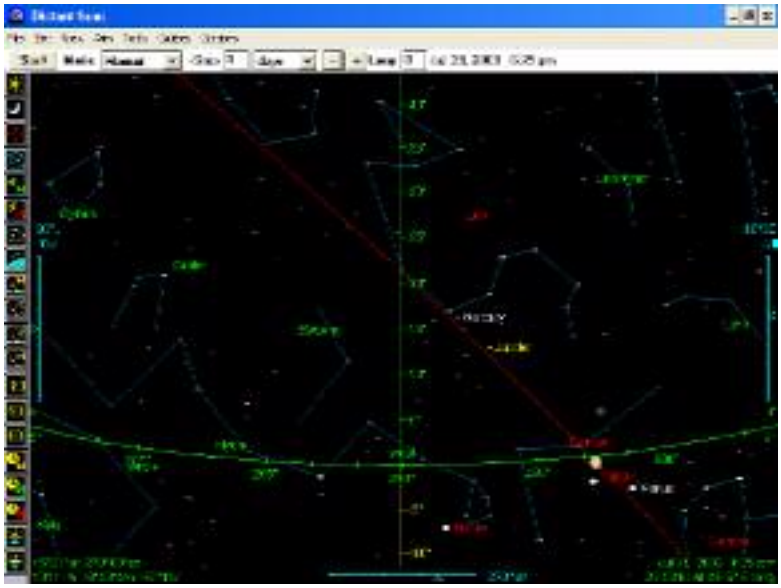
٣- وميض النجم (تغير إضائته) أكثر من وميض الكوكب وخصوصاً بالقرب من الأفق، لأن النجوم أبعد بكثير من الكواكب ويقطع الضوء مسافة أطول يمر خلاله عبر أوساط مختلفة حتى يصل لنا.

٤- مواقع الكواكب محددة حول فلك البروج كما ذكرنا ، ولكن النجوم منتشرة على القبة السماوية. لذلك فأغلب الكواكب تمر في البروج الشمسية وهذه إحدى الظواهر الأساسية المستخدمة في التنجيم.

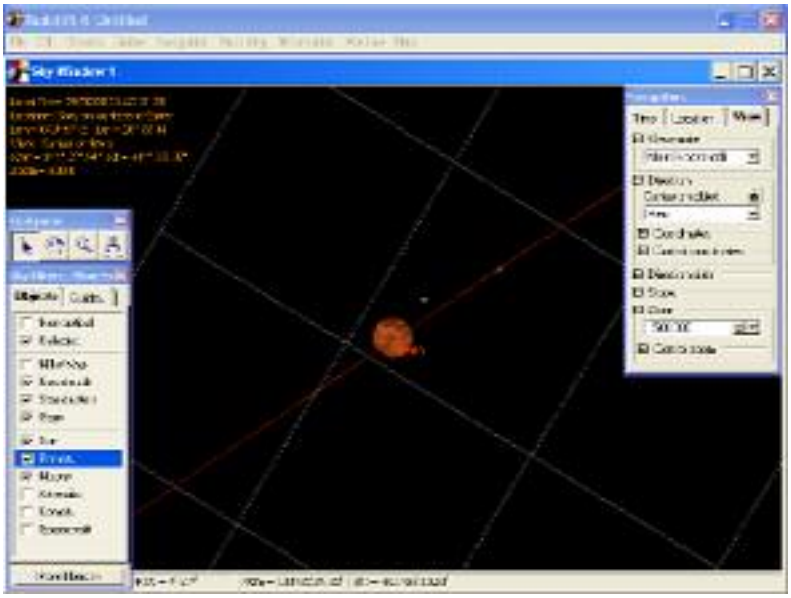
ولابد من الإشارة إلى أن الكواكب لها أطوار كالقمر كذلك يمكن أن يحدث لها خسوف عندما يحجب أي جرم من أجرام المجموعة الشمسية الآخر. ومن هذا استدل العالم الإيطالي غاليلوا على دوران الأرض والكواكب حول الشمس حيث أن كوكب الزهرة يكون في طور الهلال عندما يكون قريباً لنا ، بينما يكون في طور البدر عندما يكون بعيداً عن الأرض في الجهة الأخرى للشمس.

متابعة حركة الكواكب ومراقبتها بواسطة RS &DS

يمكن متابعة حركة الكواكب المختلفة بواسطة البرنامجين سواءً كانت تلك الحركة اليومية الناتجة عن دوران الأرض حول محورها أو حركتها الناتجة عن دوران الكواكب ذاتها حول الشمس بما في ذلك الحركة الارتدادية. كما يوفر البرنامج RS ميزة تكبير الكواكب بنسب مختلفة يصل أعلاها إلى ٩٩٩٩ مرة. وتلك الخاصية تجعله يحاكي المنظار الفلكي ليس فقط في رصد الكواكب وإنما حتى في رصد المجرات والسدم والأجرام الفلكية السحيقة. وتتميز تلك الخاصية بإظهار الصورة الحقيقية للكوكب في تلك اللحظة كما لو كان الشخص يراقبه بمنظار فلكي. بحيث تظهر الميل الفعلي وطور الكوكب وتوزيع الأقمار حوله. ومن الضروري أن يكون للشخص تصور صحيح للشكل الفعلي لدوران الكواكب حول الشمس. ويمكن ذلك بالنظر للمجموعة الشمسية من الخارج بالنقر على زر المجموعة الشمسية في شريط الأدوات في DS أو تغيير مكان المراقبة في RS إلى Sty in Solar System. الشكل أدناه يوضح الموقع الظاهري لكوكب المشتري والزهرة وعطارد عند غروب الشمس في يوم ٢٩ يوليو ٢٠٠٣م في DS. ويمكن تغيير الزمن بالساعة أو جزء منها لمراقبة الحركة اليومية (من الشرق إلى الغرب) للكواكب. أو تغيير الزمن بالأيام لمراقبة حركة الكواكب الناتجة عن دورانها حول الشمس. كذلك لكي يتكون تصور صحيح لحركة الكواكب الفعلية يمكن إعادة ذلك التغيير والنظر من خارج المجموعة الشمسية.



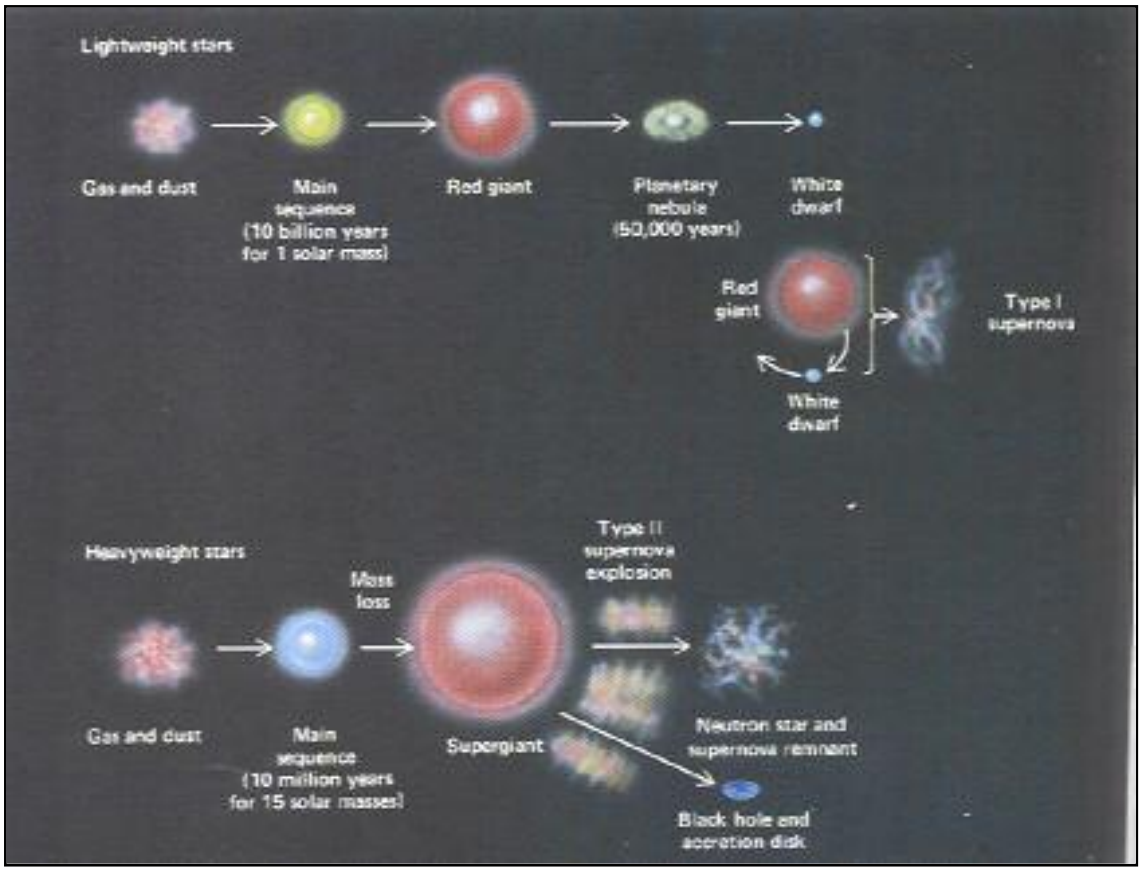
وأما الشكل أدناه(RS) فيظهر كوكب المريخ وأقماره في نفس اليوم عند الساعة ٩:٣٠م بالتوقيت المحلي وبتكبير ٥٠٠ مرة.



الدرس السابع
النجوم والبروج

٧-١- نشأة النجوم

تنشأ النجوم من الغازات والغبار التي ينطلق من انفجار بعض النجوم ، وعند حدوث أي اضطراب تبدأ تلك الغازات بالتجمع مما يؤدي إلى ارتفاع الكثافة في أماكن فتبدأ بجذب بقية الأجزاء ، مما يولد دوراناً يؤدي إلى تكثف مركز النجم أكثر فيتكون نجم بدائي (protostar) ثم يتشكل النجم في طوره الطبيعي فيتوازن تحت تأثير قوتين. حيث تقوم قوة الاندماج النووية (للخارج) بموازنة القوة الجاذبية (للداخل) التي تؤدي إلى انكماش النجم. وبعد مليارات السنوات وعند استهلاك كامل طاقة النجم النووية فإنه إما أن ينكمش على بعضه فيتحول إلى نجم ضعيف الاشعاع عالي الكثافة (قزم dwarf) أو أن يعيد تفاعله النووي بشدة بسبب شدة الانكماش فينفجر النجم محدثاً (supernova) قد يتكون نجم نيوتروني (وماض Pulsar) وبقايا الإنفجار، أو ثقب أسود في مركز الإنفجار. وتعتمد أطوار النجم ونوعه على كتلة المادة التي تكون منها النجم البدائي. حسب الشكل ٧-١.



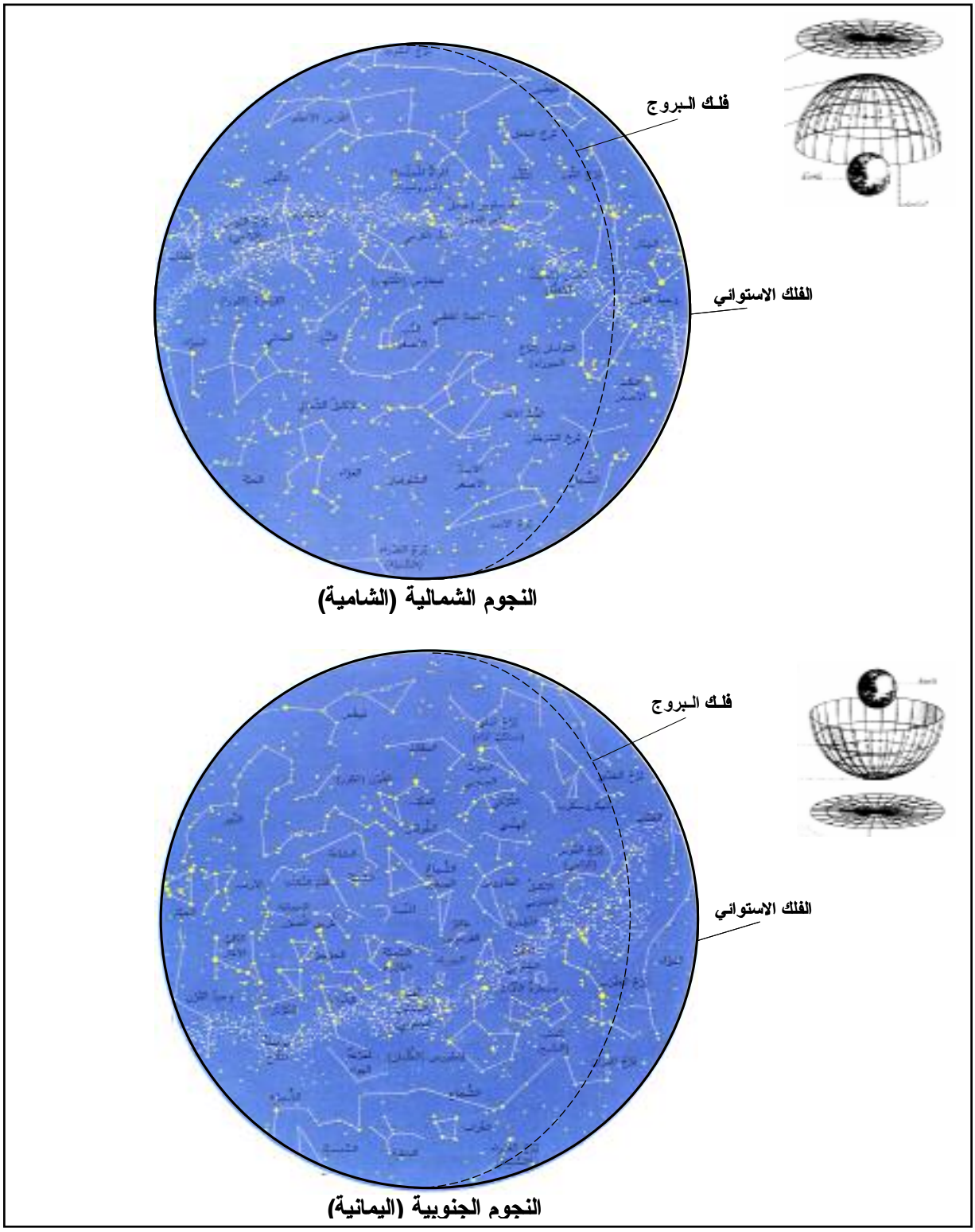
شكل٧-١ : تكون النجوم حيث يعتمد طور النجم ونهايته على الكتلة الإبتدائية. نجم خفيف الكتلة (أعلى) ونجم عالي الكتلة (أسفل)

٧-٢- حركة النجوم الفعلية (proper motion)

تتحرك النجوم في جميع الإتجاهات بالنسبة للأرض ولكن لأن النجوم بعيدة جداً فإنها تبدو ثابتة بالنسبة لبعضها البعض (باستثناء حركتها النابجة عن حركة الأرض) ويرجع ذلك إلى قصر عمر الإنسان.

٧-٣- المجموعات النجمية والبروج (Constellations and Zodiac)

يمكن رؤية النجوم من سطح الأرض على شكل مجموعات نجمية حتى وإن كانت تختلف في البعد فعلاً، واصطلح العلماء السابقون على تسميتها بحسب الأشكال التي تصورها مشابهة لتلك المجموعات وبسبب القصص التي نسجوها حول تلك المجموعات. وتسمى في بعض الأحيان بالبروج السماوية وإن كان الشائع هو استخدام مصطلح البروج لإشارة إلى المجموعات التي تمر فيه الشمس (تكون خلفية للشمس) عند دوران الأرض حولها. وتتكون الكرة السماوية بشقيها الشمالي والجنوبي من ٨٨ مجموعة نجمية. ويمكن تقسيمها إلى مجموعات شمالية للفلك الاستوائي (شامية) أو جنوبية له (يمانية)، شكل ٧-٢.



شكل ٧-٢: المجموعات النجمية الشمالية والجنوبية.

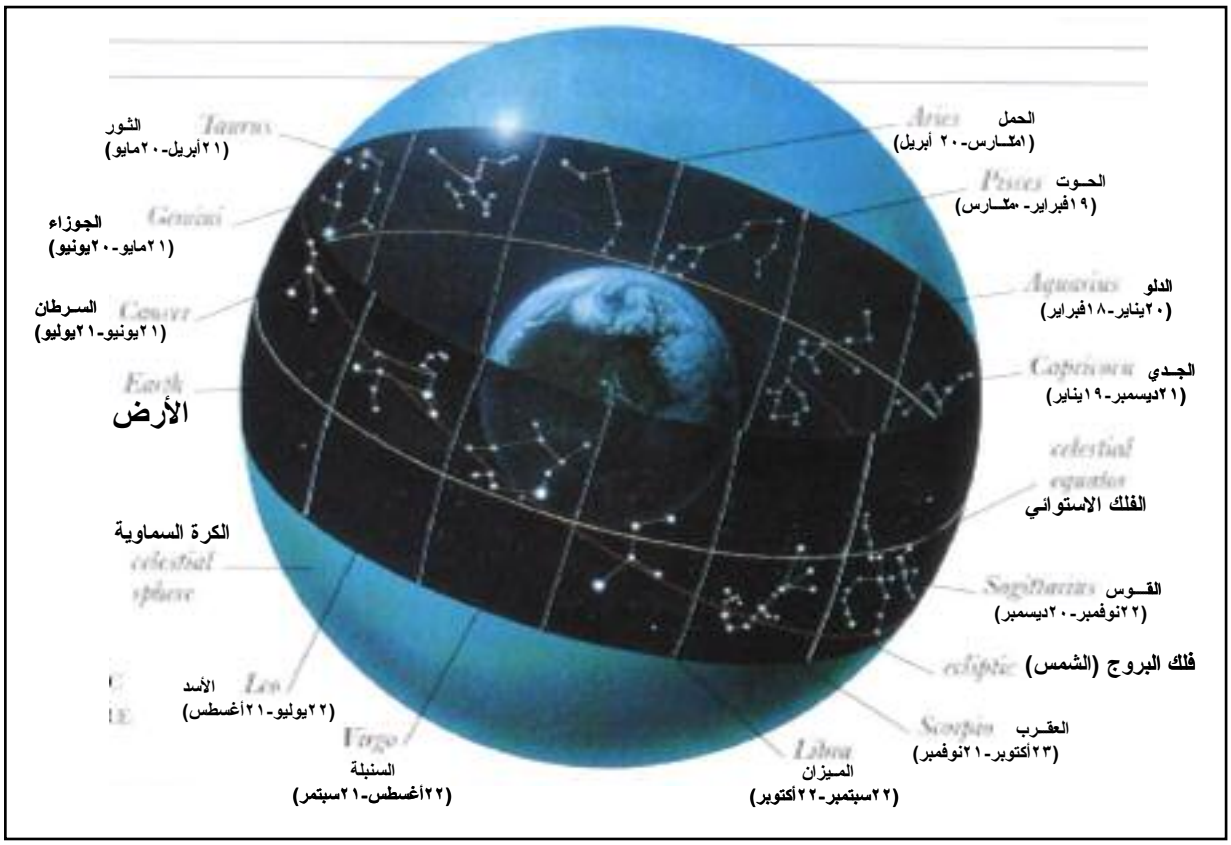
ويمكن تصنيف النجوم حسب لونها أو الطيف الضوئي الذي تطلقه. كذلك فإن إضاءتها الظاهرية من سطح الأرض تحسب بأرقام وكلما قل الرقم زادت الإضاءة فمثلاً إضاءة أقوى النجوم لمعاناً وهي الشعراء اليمانية هي -١,٤٦، وأما باقي النجوم فلها رقم أكبر ولكن لمعانها أقل. واللمعان الظاهري يختلف عن الإضاءة الحقيقية التي تعتمد على بعد النجم، الجدول في الأسفل يوضح لمعان أهم النجوم.

ألمعُ النُّجوم

يُقاسُ لَمَعانُ النجمِ بالقَدرِ المُحدَّدِ له. وكُلَّما انخفضَ القَدْرُ كانَ النجمُ ألمعَ. بحيث إنَّ لَمَعانَ نجمٍ من قَدْرٍ مُعَيَّنٍ يَزيدُ مَرَّتين ونصفًا على لمعانِ نجمٍ من القَدْرِ الذي يليه كما يبدوانِ من الأرض. أمَّا القَدْرُ المُطلَقُ فهو كميَّةُ الضوءِ التي يَبْعَثُها النجمُ فِعْلًا.

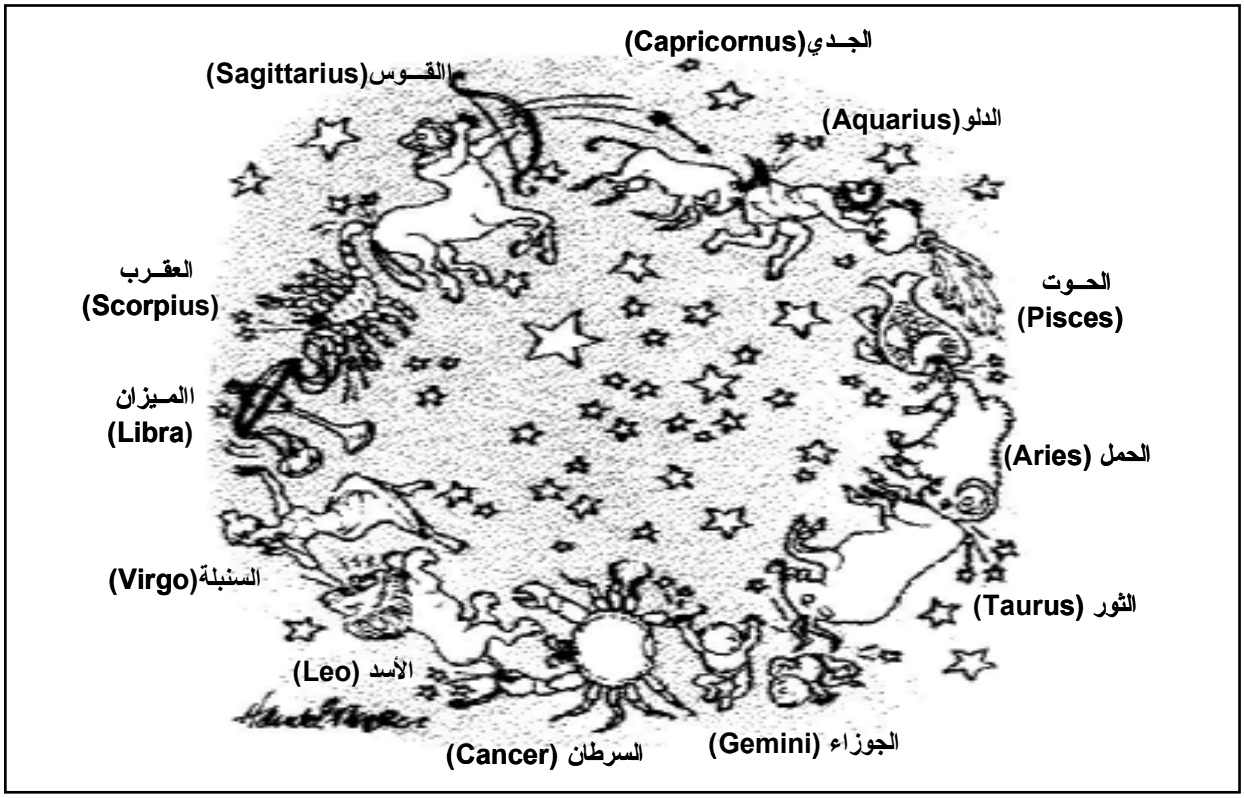
الاسم	القَدْر الظاهري	القَدْر المُطلق	البُعد عن الشَّمْس (بالسَّنين الضوئيَّة)
الشِّعْرى اليمانيَّة	- ١,٤٦	+ ١,٤	٨,٦٥
سُهيل	- ٠,٧٣	- ٤,٦	١٢٠٠
خَضار	- ٠,١	+ ٤,١	٤,٣٨
السِّماكُ الرَّامح	- ٠,٠٦	- ٠,٣	٣٦
النَّسْرُ الواقع	+ ٠,٠٤	+ ٠,٥	٢٦
العَيُّوق	+ ٠,٠٨	- ٠,٥	٤٢
رِجْلُ الجَبَّار	+ ٠,١٠	- ٧,٠	٩٠٠
الشِّعْرى الشَّامِيَّة	+ ٠,٣٥	+ ٢,٦	١١,٤
مَنْكِبُ (أو إِبْطُ) الجَوزاء	+ ٠,٤٩	- ٥,٧(متغير)	٣١٠
آخِرُ النَّهر	+ ٠,٥١	+ ٢,٥	١١٧
الوَزَن	+ ٠,٦٣	- ٤,٦	٤٩٠
النَّسْر الطائر (الطير)	+ ٠,٧٧	+ ٢,٣	١٦
الدَّبَران (عينُ الثور)	+ ٠,٨٥	- ٠,٧	٦٩
نَيِّرُ نَعيم (الصليب الجنوبي)	+ ٠,٩٠	- ٣,٧	٣٧٠
قلبُ العقرب	+ ٠,٩٢	- ٤,٥	٤٣٠
السِّماكُ الأعزَل (السُّنبلة)	+ ٠,٩٦	- ٣,٦	٣٦٠
رأسُ التوأم المُؤخَّر	+ ١,١٥	+ ١,٠	٣٥
فَمُ الحوت	+ ١,١٦	+ ١,٩	٢٣
ذَنَبُ الأسد (الذَّنَب)	+ ١,٢٥	- ٧,١	١٨٠٠
نَيِّرُ نَعيم الثاني	+ ١,٢٥	- ٥,١	٤٨٩
قلبُ الأسد	+ ١,٣٥	- ٠,٧	٨٥
الغَفارَى	+ ١,٥٠	- ٤,٤	٦٨١

ولأن الشمس تسير في فلك محدد يسمى فلك البروج ويسير القمر في فلك ينحرف عن ذلك بخمس درجات وتسير كل الكواكب ماعدا بلوتو بالقرب من فلك الشمس ، لذلك فإنها تخترق سلسة من مجموعات نجمية محددة تتألف من ١٢ مجموعة نجمية تسمى البروج. تمكث الشمس في كل منها قرابة الثلاثين يوماً أي أنها تمر في تلك البروج في سنة شمسية كاملة. بينما يمر القمر فيها كل شهر قمري ويمكث في كل واحدة قرابة ٢,٣ يوم. وقديماً يمكن تحديد مواقع الشمس والقمر والكواكب ومدة بقائهم في تلك البروج بواسطة الأزياج الفلكية أوالاسطرلاب. وتشكل منطقة البروج شريطاً بمقدار ٨° شمال فلك البروج و ٨° جنوبه، أي أن سمكه ١٦°. والشكل أدناه يوضح أشكال تلك البروج بالنسبة للشمس. وبسبب حركة الترنح فإن أوقات تلك البروج وفصولها تتغير من سنة إلى أخرى حسب ما سيتم دراسته في التوقيت والفصول الأربعة. ولكن هناك اصطلاح لدى الفلكيين أخذ عن المنجمين وهو أن برج الحمل يبدأ في يوم الإعتدال الربيعي ٢١ مارس وهو ما حدث عام ٤٥٠ ق.م. وفي الحقيقة فإن الشمس ومنذ ما يربو على سبعين سنة تدخل برج الحوت عند الإعتدال الربيعي. وسنتعرض لهذا بالتفصيل عند الحديث عن التوقيت والتقويم في الدرس القادم. الشكل ٧-٣ يوضح البروج المختلفة وأشكالها وأوقاتها حسب التقويم الاصطلاحي.



شكل٧-٣: أشكال البروج الشمسية وتوزعها على الكرة السماوية وأوقاتها حسب التقويم التنجيمي.

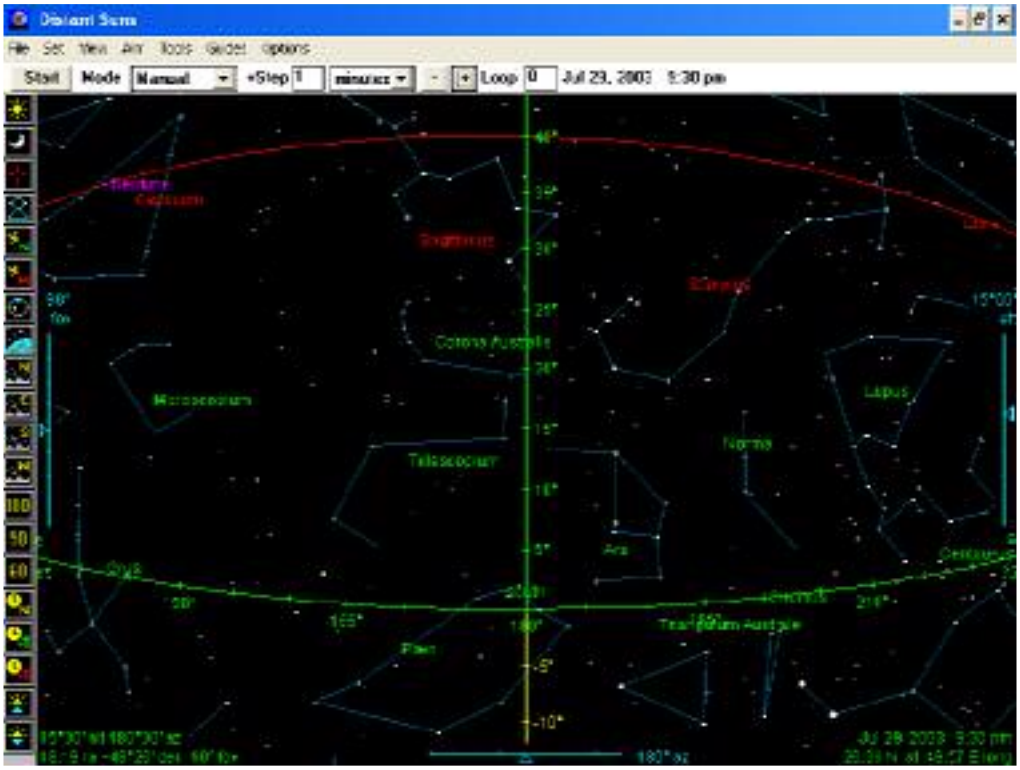
والشكل٧-٤ أدناه يوضح أشكال البروج حسب ما تصورها السابقون.



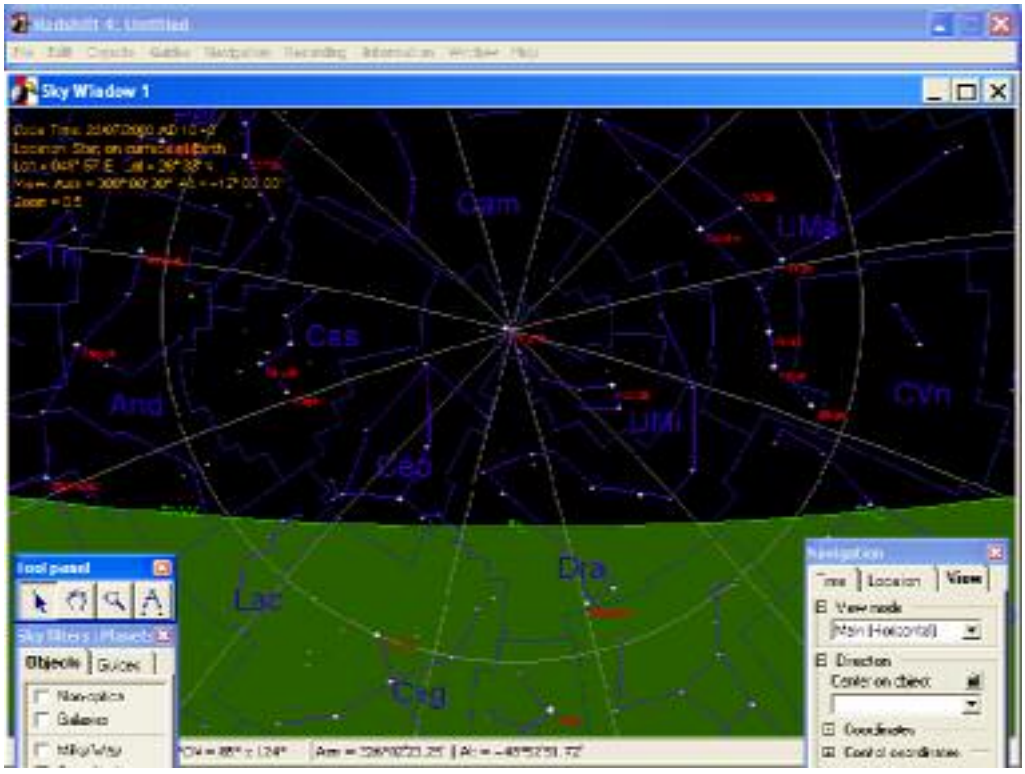
شكل٧-٤: أشكال البروج التخيلية.

التعرف على النجوم بواسطة RS &DS

يمكن تحديد النجوم والمجموعات النجمية في أي وقت من الأوقات أو جهة من الجهات بواسطة البرنامجين. كما يمكن التوجه أو البحث عن أي نجم أو أي مجموعة نجمية. كذلك يمكن تحديد البرج الفعلي للشمس أو للكواكب والقمر. فمثلاً بالنظر إلى جهة الجنوب في يوم ٢٩ يوليو ٢٠٠٣ الساعة ٩:٣٠م بالتوقيت المحلي فإن شكل السماء حسب برنامج DS كالشكل أدناه:



الخط العلوي يمثل فلك البروج. والنظر إلى الجهة الشمالية في نفس الوقت بواسطة RS يظهر:



س: حاول تغيير جهة الرؤية إلى جميع الجهات في كل برنامج.

الدرس الثامن

التقويم والتوقيت وفصول السنة

٨-١- التقويم

التقويم هو وضع مرجع ما لتأريخ الأحداث وأهم العوامل المؤثرة في التقويم هي :

أ- غاية الإنسان: حيث تختلف التقاويم باختلاف اهتمامات الإنسان ، سواءً بمنازل القمر أو بأوقات الفصول الأربعة أو غيرها.

ب- حركات الأرض والقمر المختلفة.

وعلى ذلك يمكن تقسيم أنواع التقاويم إلى ثلاثة أقسام أساسية :

١- **تقويم قمري** : وهو الذي يعتمد على منازل القمر ، وتتكون السنة القمرية من ١٢ شهراً قمرياً، فتكون بمجموعها حوالي : ٣٥٤,٣٣ يوم. ومن أمثلته التقويم اليهودي. ومن أهم التقاويم القمرية هو التقويم الهجري-قمري حيث يستخدم السنوات القمرية ابتداءً من السنة القمرية التي هاجر فيها الرسول(ص) وتتكون السنة فيه من ١٢ شهراً قمرياً تتراوح بين ٢٩ و٣٠ يوماً. واليوم الأول من هذا التقويم هو على الأرجح يوم الجمعة ١/١/١هـ ، الموافق (٦٢٢/٧/١٦م).

٢- **تقويم شمسي** : وهو التقويم الذي يعتمد على دوران الأرض حول الشمس أو على حركة الشمس في فلكها ويمكن تقسيم السنة فيه إلى :

أ- **سنة نجمية** (sidereal year) : وهي المدة التي تستغرقها الأرض لتكمل دورة حول الشمس ، أو المدة التي تستغرقها الشمس كي تكمل دورة في فلكها بالنسبة للبروج التي تمر فيها. ومقداره ٣٦٥ يوماً و ٦س و ٩د و ١٠ث. أي حوالي ٣٦٥ يوم وربع يوم.

ب-**سنة مدارية** (tropical year) : وهي المدة التي تستغرقها الشمس كي تكمل دورة في فلكها من نقطة الإعتدال الربيعي إلى نفس النقطة. ومقدارها ٣٦٥يوماً و ٥س و ٤٨د و ٤٦ث. وينشأ الإختلاف بين السنتين لأن نقطة الإعتدال تتحرك تدريجياً باتجاه الغرب بمعدل ٥٠ ثانية من الدرجة (٢٠د) في السنة. بسبب حركة ترنح الأرض.

جـ- **السنة الكسوفية** (eclipse year) : وهي المدة التي تستغرقها الشمس كي تكمل دورة في فلكها من نقطة الكسوف (نقطة التقاء فلك القمر بفلك الشمس) إلى نفس النقطة. ومقدارها ٣٤٦يوماً و ١٤س و ٥٢د و ٥١ث.

والتقاويم الشمسية فتستخدم لتحديد وتنظيم الأمور على فصول السنة الأربعة وأهم التقاويم الشمسية هي :

١- **التقويم الهجري-شمسي** : حيث تستخدم السنوات الشمسية ابتداءً من السنة الشمسية التي هاجر فيها الرسول(ص)، وتتكون من ١٢ شهراً شمسياً ابتداءً من اليوم الأول في فصل الربيع (النيروز) أو من بداية برج الحمل.

٢- **التقويم الميلادي** (**Gregorian**) : حيث تستخدم السنوات الشمسية ابتداءً من السنة الشمسية التي ولد فيه السيد المسيح(ع)، وتتكون من ١٢ شهراً شمسياً ابتداءً من يناير وحتى ديسمبر.

ولكي يتم التخلص من ربع اليوم يضاف يوم لكل أربع سنوات فتكون أيام إحداها ٣٦٦ يوماً وتسمى **كبيسة** (Leap). ولكن بما أن الفرق بين السنوات المدارية إلى الشمسية يصل إلى ٣ أيام كل ٤٠٠ سنة. لذلك وجب اسقاط ٣ أيام من كل ٤٠٠ سنة. وعلى ذلك فقد أصطلح على أن سنوات بداية القرون (المئات) التي لا يكون ناتج قسمتها على ٤٠٠ عدداً صحيحاً لاتعتبر كبيسة ، مثل الأعوام ١٧٠٠، ١٨٠٠، ١٩٠٠، بينما يكون العام ١٦٠٠ و ٢٠٠٠ سنة كبيسة. ويعود التغيير الذي حدث في التقويم الشمسي في العام ١٥٨٢م، إلى الفرق بين السنوات النجمية والسنة المدارية حيث أسقطت ١٠ من شهر أكتوبر في ذلك العام ولذلك يعتبر هذا التاريخ نقطة مفصلية في التقويم الميلادي.

٣- التقويم اليومي (اليوم اليولياني): يمكن القول أنه لتجنب العد بالسنوات ومايترتب عليه من فرق فيها كما لاحظنا. فإنه يمكن استخدام عدد الأيام من يوم ما وإن لم تكن تلك طريقة عملية وليست سهلة في التعامل بها بل يمكن إعتباره كمرجع يجمع التقاويم المختلفة بحيث يمكن التحويل بينها عبره. ولعل أشهر تلك العدادات هو اليوم اليولياني أو عداد جوليان (Julian Day) ، حيث بدأ في عد الأيام ابتداءً من ظهر يوم ١ يناير عام ٤٧١٣ ق م. فصار التقويم اليولياني يؤرخ اليوم برقمه ابتداءً من ذلك اليوم. فمثلاً يوم ١٥ يوليو ٢٠٠٢م يصادف اليوم اليولياني رقم ٢٤٥٢٤٧١.

٨-٢-التحويل بين التقويم الهجري قمري للميلادي

كما ذكرنا أعلاه فإن التقويم الميلادى قد مر بعدة مراحل، لذلك لكي يسهل التحويل من التقويم الهجري القمري إلى الميلادي أو العكس فإنه من الأنسب التحويل إلى اليوم اليولياني ثم إلى الميلادي أو الهجري. وبما أن التقويم الهجري القمري لم يطرأ عليه تغير من بداية إقراره فإن طريقة التحويل من التاريخ الهجري إلى اليوم اليولياني لا تختلف باختلاف التاريخ. بينما تختلف طريقة التحويل من الميلادي إلى اليولياني والعكس فيما إذا كان التاريخ قبل ١٥/١٠/١٥٨٢م أو بعده.

وللتحويل من تاريخ هجري قمري إذا كانت السنة الهجرية س، والشهر القمري ش، واليوم من الشهر القمري هو ي، أي أن التاريخ المراد تحويله هو (ي / ش / س) فإن اليوم اليولياني يج يمكن إيجاده من خلال العلاقة:

$$\text{يج} = (١١\text{س} + ٣)/٣٠ + ٣٥٤\text{س} + ٣٠\text{ش} - (\text{ش}-١)/٢ + \text{ي} + ١٩٤٨٤٤٠ - ٣٨٥ \qquad (٨-١)$$

وعند التحويل بين الميلادي واليوم اليولياني قبل تاريخ ١٥/١٠/١٥٨٢م فإن

$$\text{يج} = ٣٦٥,٢٥(\text{س} + ٤٧١٦) + ٣٠,٦٠٠١(\text{ش} + ١) + \text{ي} - ١٥٢٤,٥ \qquad (٨-٢)$$

حيث س، ش، ي في العلاقة (٨-٢) للسنة والشهر واليوم بالتقويم الميلادي

وعند التحويل بين الميلادي واليوم اليولياني بعد تاريخ ١٥/١٠/١٥٨٢م فإن

$$\text{يج} = ٣٦٥,٢٥(\text{س} + ٤٧١٦) + ٣٠,٦٠٠١(\text{ش} + ١) + \text{ي} + ٢ - \text{س}/١٠٠ + \text{س}/٤٠٠ - ١٥٢٤,٥ \qquad (٨-٣)$$

هذا مع مراعاة أن حاصل القسمة العلاقات السابقة يساوي أكبر عدد صحيح من دون الفواصل.

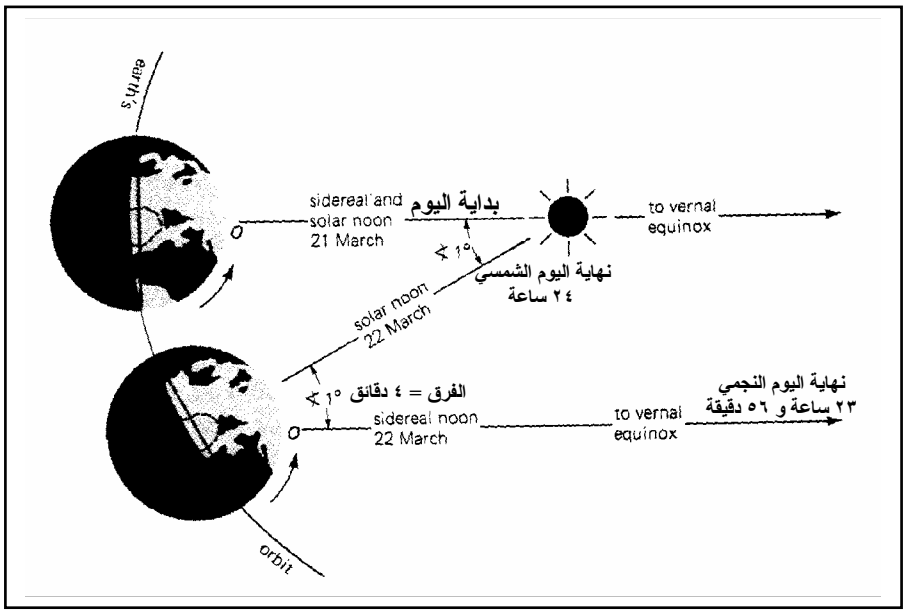
وهناك عدة برامج للتحويل بين التقويمين السابقين ومن أدقها برنامج المواقست الدقيقة ، يمكن تحميله من الموقع التالي على شبكة الإنترنت : http://www.jas.org.jo/accut.html.

٨-٣- التوقيت

استخدم الإنسان التوقيت ليسهل وينظم أمورحياته، والتوقيت في العادة يطلق على تحديد الأوقات في اليوم الواحد وهذا يختلف باختلاف القطر الجغرافي الذي يعيش فيه الإنسان وكذلك باختلاف فصول السنة. حيث يختلف طول الليل والنهار. ويتكون اليوم الشمسي من ٢٤ ساعة ولا بد من التفريق بين اليوم النجمي واليوم الشمسي.

اليوم النجمي (Sidereal day) : وهو الفترة الزمنية التي تدور فيها الأرض حول نفسها بالنسبة للنجوم ، أو الفترة التي يدور فيها نجم ليصل إلى نفس النقطة. وتساوي ٢٣ساعة و٥٦ دقيقة.

اليوم الشمسي:(Solar day) وهي الفترة التي تستغرقها الشمس حتى تصل إلى نفس النقطة التي بدأت فيها من اليوم السابق أي الفترة من زوال إلى زوال. ويساوي ٢٤ ساعة. ويرجع الفرق في ذلك إلى حركة الأرض حول الشمس حيث تساوي تقريباً درجة في اليوم وحيث أن الأرض تدور حول نفسها بمعدل ٤ دقائق لكل درجة ، إذن فاليوم الشمسي يساوي ٢٤ ساعة. الشكل أدناه يوضح الفرق بينهما.



شكل٨-١ : الفرق بين اليوم النجمي واليوم الشمسي.

٨-٤-أوقات الصلاة

لعل موضوع مواقيت الصلاة من المواضيع التي حضيت باهتمام الفلكيين المسلمين. ويمكن القول أن وقت صلاة الظهر هو الأسهل من حيث التحديد إذ أن وقتها يبدأ عندما يصل مركز الشمس إلى خط الزوال. ولذلك فإن أوقات الصلوات تحدد بزاوية الميقات (θ) وهي بعد مركز الشمس بالدرجات عن وسط السماء عند حلول وقت الصلاة كالتالي:

١- يدخل وقت صلاة الظهر عندما تكون زاوية الميقات تساوي صفراً.

٢- يدخل وقت صلاة الصبح عندما تكون زاوية الميقات = ٩٠ + ١٨ = ١٠٨°. أي عندما تكون الشمس تحت الأفق الشرقي بزاوية انخفاض مقدارها ١٨° ولم يتم مشاهدة الفجر الصادق قبل تلك الدرجة. ويجب الإشارة إلى أن الفجر الصادق يختلف عن الفجر الكاذب في أن الفجر الكاذب يظهر من جهة الشرق كضوء أبيض باهت على شكل مثلث قاعدته على الأفق ورأسه لأعلى. وهو ينتج نتيجة انعكاس ضوء الشمس عن أتربة وغبار يسبح في الفضاء وليس من الغلاف الجوي. وأما الفجر الصادق فهو ضوء الشمس الذي يتشتت في الغلاف الجوي فينتشر في جهة الشرق وعندما يحل وقته فإن الفجر الكاذب يتلاشى. ولا يمكن مشاهدة النوعين في مناطق الأضواء الكثيرة كالمدن بل من المناطق المفتوحة كالصحاري. ايضاً في المناطق البعيدة عن خط الاستواء والتي تكون دائرة العرض فيها أكبر من ٤٨,٥±°، فإنه قد يحصل في فصل الصيف فيها أن الشمس لا تنخفض عن ١٨° طيلة الليل أي أن ضياء الفجر الصادق يظل في الأفق.

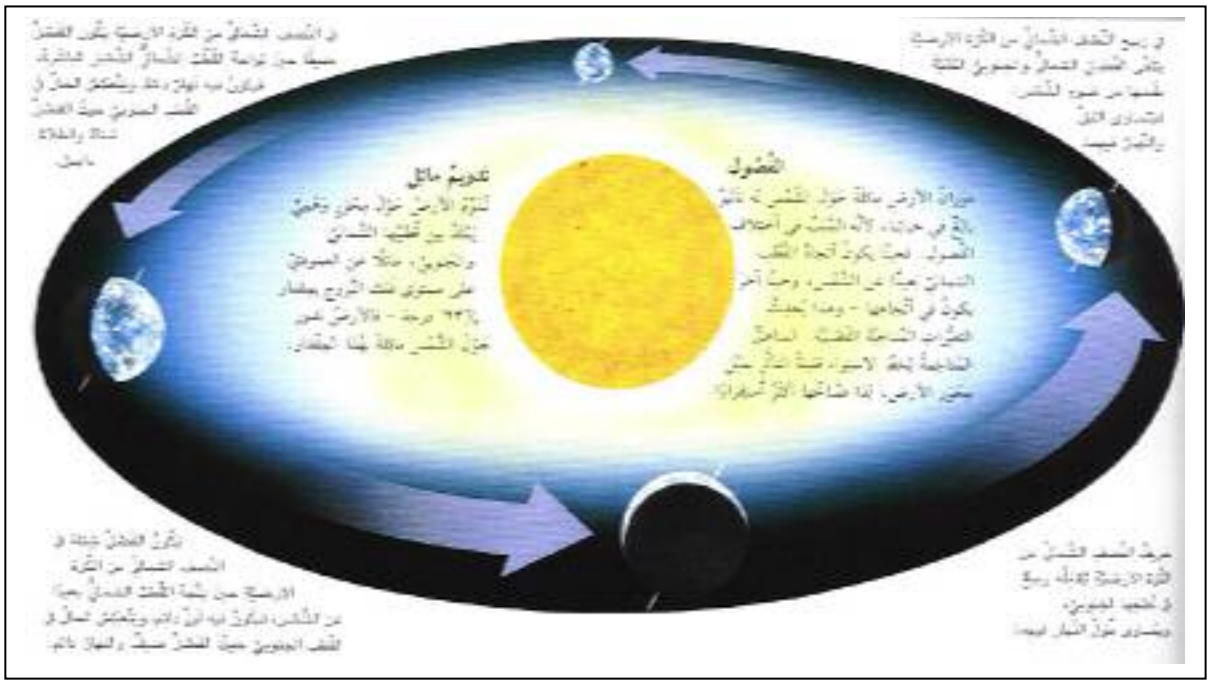
٣- يدخل وقت صلاة المغرب الشرعي على الرأي المشهور عند الإمامية عندما تصل الحمرة المشرقية إلى منتصف السماء وهو ما يحدث عندما تكون زاوية الشمس تساوي ٩٠ + ٤ = ٩٤° تقريباً. أي عندما تغيب الشمس تحت الأفق الغربي بأربع درجات. أي بعد غروب الشمس بربع ساعة في المتوسط. ولا تختلف تلك القيمة باختلاف الارتفاع. وأما عند غيرهم فعندما يختفي قرص الشمس عن الأفق الغربي أي عندما تساوي زاوية الميقات ٩٠°.

٤- المناطق التي تقع على خط طول واحد تتحد في وقت صلاة الظهر فقط وأما بقية الأوقات فتختلف فيها بحسب الفصل ويرجع السبب في ذلك إلى كروية الأرض. حيث تشرق الشمس على المناطق البعيدة عن دائرة تعامد الشمس قبل القريبة. ولكنها تغرب عن المناطق البعيدة بعد القريبة.

٥- يتأثر غروب الشمس المباشر وشروقها بالإرتفاع عن سطح الأرض، ولكن إذا وصلت الحمرة المشرقية لوسط السماء فإن غروب الشمس سيكون متيقناً بمعزل عن الإرتفاع.

٨-٥- فصول السنة

وتبدأ فصول السنة الأربعة الربيع- ٢١ مارس ، الصيف-٢١ يونيو، الخريف-٢٢سيتمبر، الشتاء-٢٢ ديسمبر. بسبب ميلان محور الأرض وليس بسبب قرب أو بعد الشمس ، إذ أن الشمس في فصل الشتاء في نصف الكرة الشمالي تكون أقرب مايمكن للشمس حيث تكون أقرب بخمسة ملايين كلم من فصل الصيف. وميلان المحور بسبب دوران الأرض حول الشمس وليس بسبب تغير اتجاهه بالنسبة للنجوم. ويمكن اختصار ذلك بالشكل ٨-٢.

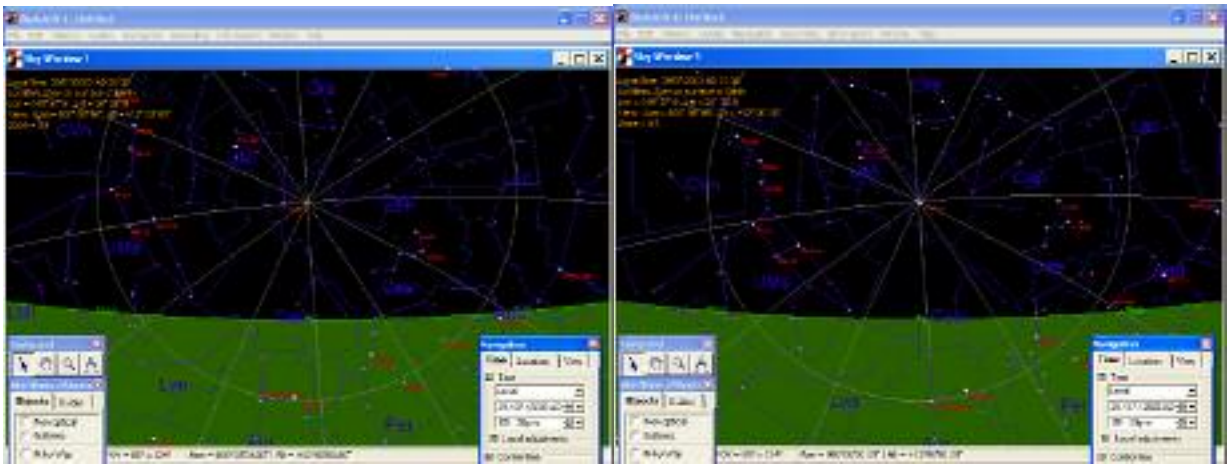


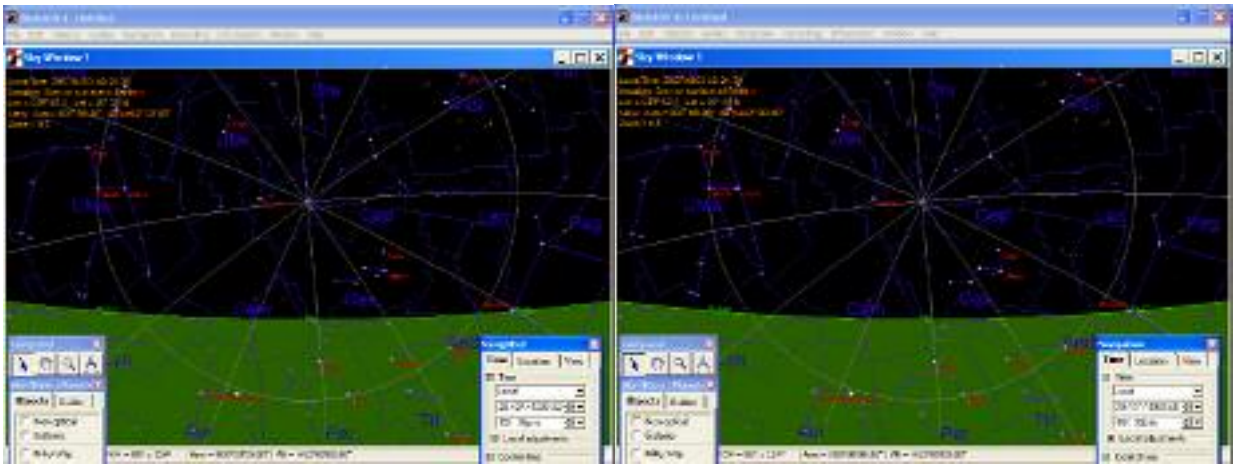
شكل٨-٢: الفصول الأربعة وكيفية حدوثها

ولا بد من الإشارة هنا إلى ظاهرة مباكرة البروج أو الإعتدالين، وهي الظاهرة التي تنشأ عن دوران محور الأرض في حركة ترنح الأرض وهي نفس الظاهرة التي ينشأ عنها الفرق بين السنة النجمية والسنة الإعتدالية. فنقطة الإعتدال الربيعي والتي تسمى في بعض الأحيان بنقطة صعود الشمس ونقطة الإعتدال والتي تسمى في بعض الأحيان نقطة هبوط الشمس، يحدث لهما مباكرة بفترة تساوي تقريباً الفارق بين السنتين السابقتين ومقداره يساوي تقريباً ٢٠ دقيقة. أي أن موقع نقطتي الإعتدال قد يدور دورة كاملة عندما تكمل الأرض حركة ترنح واحدة.

التعرف على العوامل المؤثرة على التقويم بواسطة RS &DS

يمكن التحقق بشكل مباشر من حركة الترنح التي تتحرك بها الكرة الأرضية وذلك من خلال مراقبة القطب الشمالي السماوي على مدى فترة طويلة نسبياً (١٠٠٠سنة) وهو ما ينتج عنه دوران القطب. لاحظ الأشكال التي تفصل بينها ١٠٠٠ سنة.





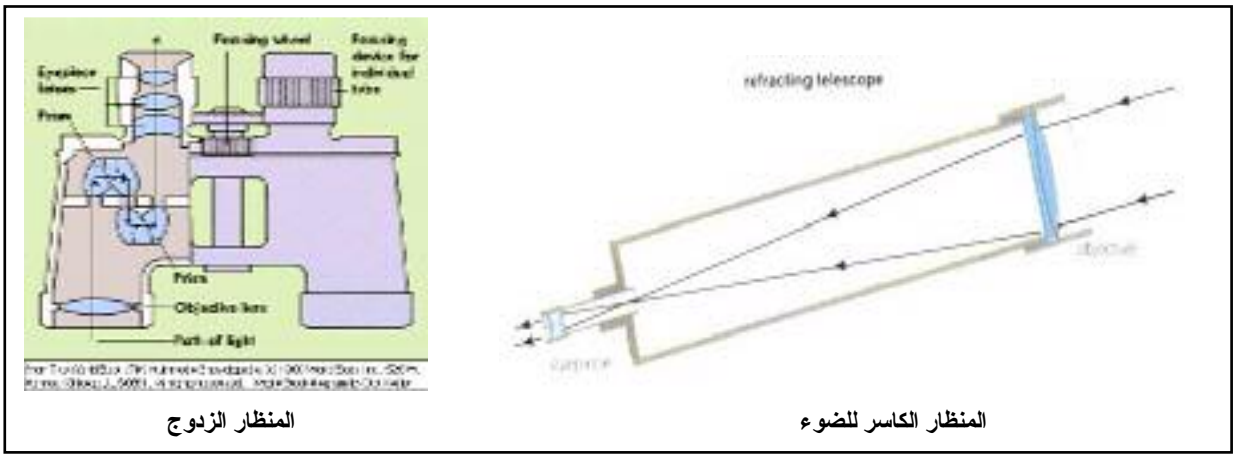
الدرس التاسع
أدوات الرصد الفلكية

مع التطور الواسع والسريع الذي شهدته البشرية في شتى الميادين وخصوصاً مع اختراع الحاسوب ودخوله في جميع المجالات. فإن علم الفلك لم يكن بمعزل عن ذلك وإنما كان له نصيبٌ كبيرٌ، سواءً على مستوى تطور أدوات الرصد الفلكية وتيسرها لعامة الناس، وكذلك على مستوى تيسر المعلومات الفلكية. وقد تطورت أدوات الرصد عبر العصور المختلفة ويمكن تقسيم أدوات الرصد الفلكية إلى ٣ أقسام أساسية:

٩-١- أدوات الرصد البصرية(optical observation tools)

وهي التي تتوقف على رصد الأشعة الكهرومغناطيسية المرئية (ذات الأطوال الموجية ٤٠٠-٧٠٠ نانومتر). وكانت الأداة الوحيدة التي كان يستخدمها الإنسان هي عينه الطبيعية. فكان يستخدمها في مراقبة الأجرام الفلكية ورسمها إما بالشكل الذي كان يتصوره أو مباشرة كما كان يراها. وظلت تلك الوسيلة لآلاف السنين إلى أن بدأ الفلكي الإيطالي غاليلو في عام ١٦٠٩م باستخدام المنظار الفلكي لمراقبة الأجرام فكانت تلك الخطوة بمثابة نقلة إنسانية كبرى في فهم الأجرام الفكلية ومن ثم الكون. فتمكن من مشاهدة المشتري وأقماره الأربعة الكبرى وكذلك كوكب الزهرة وأطواره. ويمكن تقسيم المناظير البصرية إلى نوعين أساسيين:

أ- المناظير الكاسرة (refractor telescopes): وهي المناظير التي تعتمد على ظاهرة انكسار الضوء وتتألف في أبسط أشكالها من عدستين، عدسة محدبة ذات بعد بؤري كبير باتجاه الشيء تسمى الشيئية (objective). وعدسة ذات بعد بؤري صغير تسمى العينية(eyepiece). والمنظار الذي استخدمه غاليلو كان من نفس هذا النوع. ومن الصعوبة صنع منظار ذو عدسة شيئية كبيرة نظراً لثقل وزنها. ويمكن أن يكون المنظار مزدوجاً (binocular) ويمكن أن يتكون من أثر من عدستين أو منشور زجاجي. وقد يعتمد على ظاهرة الإنعكاس الداخلي أيضاً، شكل ٩-١.

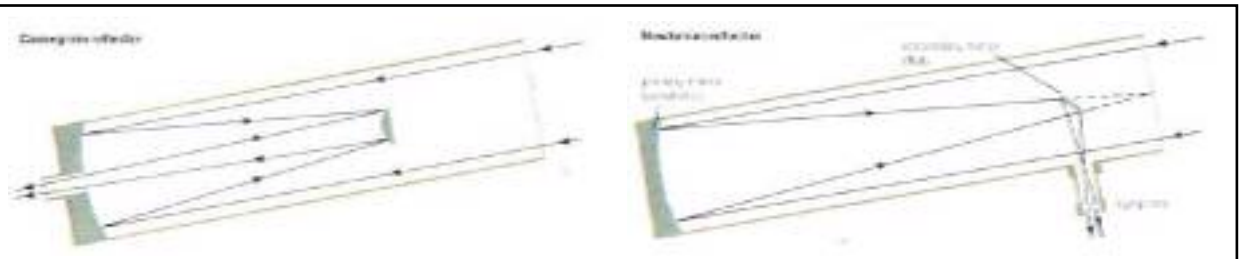


المنظار الزدوج — المنظار الكاسر للضوء

شكل٩-١ : المنظار الكاسر والمزدوج

ب- المناظير العاكسة (reflector telescopes): وهي المناظير التي تعتمد بشكل أساسي على ظاهرة انعكاس الضوء وتتألف في أبسط أشكالها من مرآة مقعرة ذات بعد بؤري كبير باتجاه الشيء تسمى الشيئية. وعدسة ذات بعد بؤري صغير تسمى العينية بالإضافة إلى مرآة ثانوية تعكس الضوء المجمع من المرآة الشيئية على العينية. وأول من اخترعه

هو نيوتن ولذلك ينسب له في بعض الأحيان. ويتخذ أشكالاً مختلفة وبعضها يوضع به أكثر من عدسة، شكل ٩-٢. والمناظير العالمية الضخمة التي يصل قطر الشيئية فيها إلى ١٠ أمتار، تكون في العادة من هذا النوع لأن المرايا أخف من العدسات. وهناك أيضاً سبب تقني وهو أن المرايا الشيئية الضخمة تثبت في أسفل المنظار وهو ما يجعل التحكم بها أسهل.



نموذج نيوتن نموذج كاسجوري

شكل٩-٢ : بعض نماذج المناظير العاكسة.

جـ- مناظير التصوير (schmidt telescope): وهي مناظير من النوعين السابقين ولكن بدلاً من أن يشاهد الإنسان فيها بعينه، توضع أفلام حساسة أو كاميرات تصوير أو الكاميرات التي تجمع الضوء (CCD) في موضع العين البشرية أو على المرآة الثانوية. وتستخدم في تصوير الأجرام الفلكية وتحديد أشكالها.

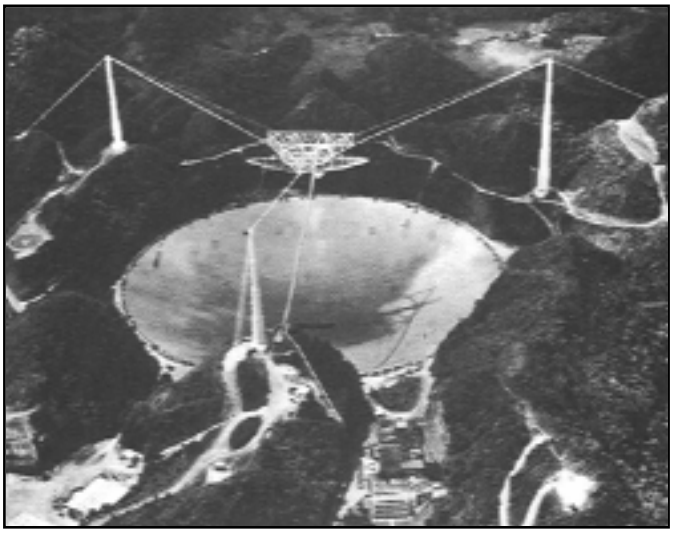
ويمكن حساب قوة تكبير الصورة المشاهدة في المنظار الفلكي بقسمة البعد البؤري للشيئية على البعد البؤري للعينية.

قوة التكبير (ت) = البعد البؤري للشيئية / البعد البؤري للعينية (٩-١)

كما أن وضوح الصورة يعتمد على كمية الضوء الذي تجمعه العدسة أو المرآة الفلكية وذلك يعتمد على مساحتها. إذن يمكن القول أنه كلما كبر البعد البؤري للشيئية وقل البعد البؤري للعينية فإن كبر الصورة يزداد بينما يزداد وضوحها كلما كبرت مساحة الشيئية أي أن الوضوح تتناسب مع مربع نصف قطرها. ولكن الكبر والوضوح له حد معين وذلك بسبب وجود الغلاف الجوي ولكي يتم تجاوز ذلك الحد ينبغي إرسال المنظار للفضاء.

٩-٢-أدوات الرصد غير البصرية(non-optical observation tools)

وهي التي تتوقف على رصد الأشعة الكهرومغناطيسية غير المرئية مثل موجات الراديو أو تحت الحمراء (infrared) أو فوق بنفسجية (ultraviolet) أو السينية (X-ray) أو حتى أشعة جاما (γ-ray). والسبب في رصد تلك الأشعة أن الأجرام الفلكية لا تطلق أشعةً مرئيةً فقط وإنما تطلق أيضاً طيفاً من الموجات بحسب طبيعتها الفيزيائية. ويستخدم لهذا الرصد أطباق التقاط تختلف في الحجم والمساحة تتراوح من بضعة سنتمترات إلى بضع مئات من الأمتار شكل٩-٣. وقد يستخدم أكثر من طبق لتحليل نفس الموقع السماوي في نفس اللحظة وقد تصل المسافات بينها لعدة آلاف من الكيلومترات.



شكل٩-٣: مرصد أرسيبو في بورتريكو بقطر ٣٥٠ متر.

٩-٣- أدوات قياس الزوايا وتحديد مواقع الأجرام

وهي الأدوات التي تستخدم في قياس زوايا موقع الجرم. وكانت سابقاُ إما على شكل أدوات هندسية بسيطة مثل الحلقة الإعتدالية أو ذات الجيب أو ذات النقطتين أو عصا الطوسي أو الستينية. أو لزيادة الدقة كانت على شكل مزاول كبيرة مثل مزاول مرصد أولج بيج في سمرقند والتي كانت دقة قياسها تصل إلى ٠,٠٥ من الدرجة أو مزاول تايكو براهي عالية الدقة شكل٩-٤.

مرصد تايكو براهي

الستينية

شكل٩-٤: بعض أدوات تحديد مواقع الأجرام الفلكية.

وأما الآن فأدوات تحديد المواقع اكتسبت دقة أفضل بفعل التطور الذي حصل في صناعة الآلات بحيث أصبحت دقتها أفضل من السابق بآلاف المرات. كما تتوفر حالياً مناظير فلكية تحتوي على حاسب وموجه آلي قد يحتفظ في ذاكرته بآلاف الأجرام الفلكية التي يتجه نحوها بدقة عالية بمجرد ضغط الزر المخصص. كما يمكنه تتبع الجرم الفلكي ما دام فوق الأفق أو حتى تحته شكل٩-٥.

شكل٩-٥: أحد المناظير التي تحتوي موجه آلي نحو الأجرام الفلكية

٩-٤- تثبيت المناظير لمراقبة الأجرام الفلكية

هناك طريقتان لتثبيت المناظير الفلكية تعتمدان على الطريقتين الأساسيتان لتحديد مواقع الأجرام والتي تمت دراستها في الـــدرس الثاني.

١- طريقة الإرتفاع الأفقي (Alt-Az): وهي الطريقة التي تقوم على نفس الطريقة في تحديد مواقع الأجرام الفلكية راجع (٢-٣) وفي هذه الطريقة تكون قاعدة المنظار موازية للأفق. ويتم تحديد الشمال بالبوصلة أو بالنجم القطبي.

٢- طريقة التركيب الأستوائي (Ra-Dec): وتعتمد على نفس الطريقة في تحديد مواقع الأجرام ولكن في هذه الطريقة تكون قاعدة المنظار التي يدور بها متعامدة مع القطب الشمالي للقبة أو موازية للفلك الإستوائي كي يتســـنى متابعـــة الأجرام الفلكية بسهولة بواسطة هذه الطريقة.