مراجع لكافة طلاب الجامعات السورية

محاضرات - سلايدات - اختبارات

مناهج عربية

arabeducationsite.com

الباب الأول

المدخل إلى الجغرافيا الفلكية أو الرياضية

الفصل الأول: مفهوم الجغرافيا الفلكية: ميدانها وعلاقتها بالعلوم الأخرى

أولاً : مفهوم الجغرافيا الفلكية .

ثانياً : ميدانها وعلاقتها بالعلوم الأخرى :

علم التنجيم . علم ميكانيكية السماء . علم فلك الكرة السماوية . الفيزياء الفلكية . الملاحة في الفضاء . علم الزلازل الشمسية . العقائد الدينية . التقاويم . الحساب والرياضيات والهندسة .

الفصل الثاني : عرض تاريخي لتطور علم الفلك

في الصين . في الهند . في أمريكا الوسطى والجنوبية . في الوطن العربي قبل الإسلام . في أرجاء القيصرية اليونانية والإمبراطورية الرومانية في أرجاء الدول العربية الإسلامية– علماء الفلك في عصر النهضة وبعده وولادة علم الفلك الحديث .

الفصل الثالث : تجهيزات الرصد الفلكي ومقومات علم الفلك

أولاً : أجهزة الرصد التاريخية وبخاصة العربية الإسلامية .

ثانياً : أجهزة الرصد الفلكية منذ بداية عصر النهضة وحتى اليوم

المرقاب الكاسر والعاكس– كواشف الإشعاعات غير المرئية (الراديوية) للأجرام والنجوم غير المنظورة– رصد ضوء الأجرام الكونية وإشعاعاتها . المطيافية ورصد حركات النجوم بظاهرة انزياح دوبلر وقياس تألق النجوم .الرصد الفلكي الحديث من الفضاء وبعض منجزاته

الباب الأول

المدخل إلى الجغرافيا الفلكية الرياضة

الفصل الأول: مفهوم الجغرافيا الفلكية وميدانها وعلاقتها بالعلوم الأخرى:

أولاً ـ مفهوم الجغرافيا الفلكية (الرياضية)

يجمع أكثر الباحثين على اعتبارها فرعاً من فروع الجغرافيا الطبيعية تدرس شكل الأرض وأبعادها وأحداثياتها وحركاتها وعلاقتها بقمرها وبالمنظومة الشمسية .

وتحديد هذه الأمور بالرقم والمقياس يحتاج إلى خبرة جيده بالرياضيات والفيزياء ، وقد برع الجغرافيون العرب في تحديد إحداثيات المدن على اليابسه والسواحل وكذلك الجزر ضمن المحيطات والبحار . وخير دليل على ذلك نجده في كتاب شهاب الدين بن ماجد( ) الذي يغني القارئ أيضاً بأوضاع النجوم المفردة والمجتمعة على شكل كوكبات (أبراج) ليستهدي الملاح بهديها إذا كان في عرض البحار والمحيطات وهو القائل :

حصرت نجوم الأفق في البحر هادياً بها سالك البحر المحيط الأعظم

ويقول أيضاً في النجوم الملاحية ومنازل القمر ألـ٢٨التي يمرّ بها خلال شهر قمري كامل

ما يلي :

فأول معرفة المنازل وهاكها شامية ياسائلي

الشرطين والبطين والثريا والدبران بعدهما تهيا

وهقعة من بعدها والهنعة والذراع والنثرة والطرف معه

وجبهة وزبرة والصرفة ما في صفاتي لك قط صرفة

وبعدها العواء والسّمّاك هم آخر الشامية الزواكي

والغفروالزبان والاكليل اول اليمانية ياخليلي

. الله والد فيصل اول علم البحار والله واعد .

. قال الله في كتابه العزيز ((هو الذي جعل الشمس ضياء والقمر نوراً وقدره منازل لتعلموا عدد السنين والحساب)) .

القلب والشولة والنعائم وبعدها البلدة تطلع وانيم

ثم السعود الأربعة والفرغ ياطال ما فصل عليه الشرع

أعني المقدم والمؤخر فانهما وبعدها الحوت سيبدو فاعلما

ويذكر في قول آخر الأخنان (الأقسام) التي تشير إلى مطلع ومغيب نجوم معينة

وبعد ذا معرفة الأخنان بدورة المركب يا إخوتي

الجاه والفرق والنعش معاً ناقته والبار قولي اسمعا

والكاثر المشهور والسّمّاك والنجم .. انشقاق الافلاك

وخلفها الجوزاء ثم الشعرى وبعدها الاكليل والعقرب ترى

ثم الحمارين مع السهيلي التير المعترف السعيلي

والمحنث الداني لنحو القطب مؤرخ عند الملا في الكتب

وقد صنفت الكتب الموسوعية الأوربية الجغرافين العرب الذين اهتموا بالكتابة عن الكون والفلك تحت أسم الكوزموغرافيين( ) (علماء الفلك) الذين كثر عددهم في القرن السادس هـ (القرن) وهم عادة فلكيون وجغرافيون بآن واحداً إلى جانب اختصاصات أخرى ، يهتمون بدراسة القوانين التي تهيمن على المنظومة الشمسية والحركات الفلكية للأرض والكون . وكمثال على ذلك نذكر ماذكره ابن خرداذبه في القرن الثالث (التاسع ميلادي) تحت عنوان " الأرض في الكون وأبعادها "

" إن الأرض مدورة كتدوير الكرة ، موضوعة في جوف الفلك كالمح في جوف البيضة والنسيم حول الأرض وهو جاذب لها من جميع جوانبها .. لأن الأرض بمنزلة الحجر الذي يجتذب الحديد .. والأرض مقسومة بنصفين بينهما خط الأستواء ... وهو أكبر خط في كرة الأرض . كما أن منطقة البروج أكبر خط في الفلك . ومحور الأرض من القطب الجنوبي الذي يدور حوله سهيل إلى القطب الشمالي الذي يدور حوله بنات

---

١ . عبد الرحمن حميدة ، اعلام الجغرافيين العرب ، دار الفكر ، دمشق ١٩٧١

نعش . فاستدارة الأرض في موضع خط الأستواء ٣٦٠ درجة .... وبين خط الأستواء وبين كل واحد من القطبين ٩٠ درجة اسطرلابية ..."

وفي القرن ذاته كتب الجغرافي ابن رسته (أبو علي بن عمر) في موسوعته (الاعلاق النفيسة) مايلي :

"وقال صنف منهم أن الذي يرى من الدوران للكواكب إنما هو دور الأرض لا الشمس والفلك .. وأن رأس الحمل والميزان موضع الأستواء مجراهما في قبة الفلك بينه وبين رأس السرطان في الشمال ٢٤ درجة وهو الذي يسمى الميل .. ومن نزل تحت القبة فالليل والنهار أبدأ عليه مستويان الليل والفضاء اثنتا عشرة ساعة والنهار اثنتا عشرة ساعة، ثم ما تنحى بدرجة طال عليه نهار الصيف وليل الشتاء. فلا يزال في زيادة طول حتى إذا تنحى عن القبة٦٦ درجة ، ينتهي النهار في طول مايكون ٢٤ساعة... وما زاد في النهار نقص من ساعات الليل وما زاد في الليل نقص من ساعات النهار..."

وفي نصوص أ خرى يتعرض للكسوف ومظاهرة واختلاف الساعات .. وقس على ذلك كتاب المسالك والممالك لابن حوقل وكتاب " نخبة الدهر في عجا ئب البر والبحر " للدمشقي . وكتاب " خريدة العجائب " لابن الوردي . وتقويم البلدان لأبي الفداء ..وقانون المسعودي للبيروني . وعجائب البلدان للقزويني ...ومثلهم كثير.

نستدل مما سبق أن للفلك وعناصره وعلمه علاقة وثيقة بالجغرافيا علما وتطبيقا ، سواء كان ذلك على مستوى الأرض وحركاتها وإحداثياتها وتوقيت أجزائها، أم على مستوى علاقتها بالشمس التي تمد الأرض وأحياءها وجوها وجمادها وماءها بالحرارة والطاقة والنور. وقس عل ذلك علاقة الأرض بقمرها الذي ينيرها ليلا ، ويساعد سكانها على تأريخ أحداثهم تبعاً لأشهره القمرية وأطواره .

أما الكواكب الشقيقة للأرض في المنظومة الشمسية فقد كانت أمل سكان الأرض في التوسع على حسابها . ولا ننسى أخيراً دور النجوم ومجموعاتها (أبراجها) في هداية أبناء الأرض الرحالة ليلاً في الصحارى ، والملاحين في البحار للوصول إلى أهدافهم البعيدة .. وأخيراً لا ننسى الشهب التي تتراقص في السماء ليلاً ، والنيازك التي تضرب الأرض بين الحين والأخر، والمذنبات التي تدور في أفلاكها الخاصة بها .. وهذا كله

يتجمع في إطار مجرتنا (مجرة درب التبان أو اللبّان) التي تشكل أحد أفراد هذا الكون الهائل الذي لما تُعرف حدوده بعد.

ثانياً : ميدانها وعلاقاتها بالعلوم الأخرى :

لقد كان قسمً كبير من الفلكيين علماء أو متخصصين في مجالات الفلك وغير الفلك بما في ذلك الفلسفة والطب والهندسة والرياضيات والفيزياء والجغرافيا والملاحة البحرية ... وحتى الكهانة ... استهوتهم السماء بأشكال نجومها المتلألئة ... فتتبعوا حركاتها وتغيراتها حتى نبغوا في هذا الفن من العلوم.

وتطور علم الفلك على ما حققوه من منجزات . أما الآن ، فإن الجامعات التي ترعى هذا االتخصص في العالم المتقدم ، تمنح شهادة الإجازة في الفلك بعد دراسة جامعية تمتد خمس سنوات.

يعيش الطالب خلالها ردحاً كبيراً من وقته في المراصد الفلكية الملحقة بجامعته والتي بلغت حداً كبيراً من التطور في التقانة والدقه والوضوح إلى جانب تنوعها الكبير ولا تشغل دراسة الفلك الأن إلا حيزاً محدوداً في أقسام الجغرافيا في الجامعات المختلفة .

ونظراً للتطور العلمي والتقني الهائل في عصر الفضاء في أواخر القرن العشرين الذي يعيشه علم الفلك ، فقد تعددت التخصصات فيه . وفيما يلي موجزاً عن هذه **التخصصات التي تعد الميادين الرئيسة لعلم الفلك.**

. <u>علم النجوم (التنجيم) Astrology</u> :

كانت بدايات علم الفلك في الماضي البعيد تتركز في أهميتها على هذا العلم الذي يربط مستقبل الأشخاص وطالعهم مع مولدهم بالتشكيلات النجمية في السماء . ولا زال هذا التقليد مستعملاً في بعض الصحف والمجلات تحت عنوان : ماذا تقوله الأبراج لمواليدها؟

بدءاً من برج الحمل . برج الثور . الجوزاء .. الخ . وهو في نظر العلم الحديث شكل من أشكال الهرطقه والتدجيل . برع به البابليون وكهنة الفراعنة ، كما كتب عن التنجيم جوهانس كبلر الذي يعد من رواد علم الفلك الحديث ، كما كتب فيه بعض العلماء المسلمين رغم كونه من بقايا الجاهلية .

. علم الفلك : Astronomy :

وهو علم النجوم والسماوات وعلم المادة في الفضاء وحركتها . صفاتها الفيزيائية . مركباتها الكيمائية . وتطورها .. وتقسم في ذاتها تبعاً لميدان العمل فيها إلى :

ـ علم مواضع النجوم Astrometrie وهو العلم المتخصص بتعيين وتحديد مواقع النجوم ضمن القبة السماوية ويعد الأساس والمنطلق لـ ..

. علم ميكانيكية السماوات (الفضاء) : Heavens-Mechanic الذي يوضح مسارات الأجرام السماوية تبعاً لنظرية نيوتن لتحديد قوى الجاذبية والكتل والمسافات . ويحتاج العامل فيه إلى مقدرة عالية في الرياضيات لتقويم الجداول الرصديه وإحصاءاتها وقياساتها الدقيقة ، ومن ثم بيان علاقة الحركات بعضها ببعض. وهذه الأخيرة تعد حجر الزاوية في :

. علم فلك النجوم الثابتة : Stellar-Astronomy يعد أهم اختصاصات علم الفلك بعد تطوير المرقاب (Telescope) . ويستحسن فيه ، تحديد مواضع النجوم تبعاً لاحداثياتها ، وأخذ لبيان مساقطها على مستو ، وبخاصة بالنسبة للمنظومات الأساسية التي تتطلب بمجموعها تحديد مكان النجم بشكل مطلق . فتؤخذ زاوية ميل النجم المطلق من ارتفاع أوجي عند التقاء خطي الطول والعرض، وذلك بعد تحديد زاوية الأفق واتجاه السمت (النظير) .

. علم فلك الكرة السماوية : Spherical- Astronomy : ويهتم بتحديد التقويم الزماني والمكاني .

ـ علم الفيزياء الفلكية : Astrophysic : تدرس أوضاع المواد في الأجرام السماوية والفضاء والمنظومات وبخاصة بناء الجو الداخلي للنجوم بما فيها الشمس مثل : إنتاج الطاقة ونقلها ، الحرارة ، الحقل المغناطيسي ، المسارات الضوئية ، نشأة النجوم وتطورها .. .. التي تستخدم من أجلها المناهج الفيزيائية ومعطياتها : كحركية الحرارة (ترموديناميك) والنظرية الكمية . ويعد مجال هذا العلم من أوسع مجالات البحث العلمي في الفلك حالياً .

تأخذ تقسيماته تبعاً لأغراضه ومنهجية العمل فيه في نظرية جو النجوم وبنية النجوم الداخلية واختيار المواد الموجودة فيما بينها . وتعد مراقبة تحليل الإشاعات وتجمعها طيفياً وقياس طول موجات كل طيف على حده إضافة إلى الخطوط السوداء الدالة على عناصر الشمس (خطوط فراد نهوفر) Astrospec troscogie إحدى اللبنات الأساسية فيه. وكذلك قياس التألق Astrophoto metrie سواء في مجال الضوء أو مجال تردد الإشعاعات بما في ذلك الأشعة السينية وأشعة غاما المرتبطة بـ (علم الفلك الإشعاعي . Radio Astronomy).

تضاف إلى ذلك أبحاث النظم الفيزيائية لأجسام منظومات الكواكب، يشار ممنها إلى :

. نشأة الكون : Cosmogenic يبحث في مسائل نشأة أجرام الكون وتطورها.

ـ **علم الكون : Cosmologie** يبحث في نشأة الكون وتطوره والبناء الزماني والمكاني للعالم ككل .

. الملاحة في الفضاء : Astronautic علم السفر عبر الفضاء ويعتمد على عدد كبير من فروع مختلفة مثل : (حركية الجو Aerodynamic – القذائف Ballistic – الطب (لمعرفة تأثير اختلاف الضغط وسرعة الدوران والانطلاق على رواد الفضاء) – تقنيات الصواريخ– كيمياء وقود الحركات. **ومن أهداف الملاحة الفضائية:** وضع مشاريع رحلات استكشاف وبحث بسفن فضاء مأهولة وغير مأهولة إلى القمر والكواكب المجاورة كالمريخ والزهرة وعطارد والمشتري .. .. .. بناء ميكانيكية التحكم (برمجة التحكم) . تطور قوانين الوقاية من أخطار الفضاء (سقوط النيازك – الإشعاعات فوق البنفسجية ...) وفي هذه الحالة يتوجب حساب المسارات دون أي تعرض للتشويش . وقد أوجد لذلك الاتحاد الدولي لرواد الفضاء (I A F) .

. علم الزلازل الشمسية : ظهر بعد تمكن العلماء من قياس الموجات الصوتية من داخل الشمس وتحديد رتبها . كذبذبات دورية ثلاثية الأبعاد على سطحها ، تساعد في الحصول على معلومات موثوقة تتعلق بتركيب باطن الشمس وتكوينه وديناميكيته ، وتساعد في ذلك أجهزة الرصد الدقيقة إضافة إلى أجهزة الاستعلام الآلي المبرمجة لتقويم معطياتها وإعطاء رسوم مميزة لها بالألوان المتعددة .. تتضح فيها التغيرات السطحية من

خلال شكل تغيرات درجات النصوع وإزاحات دوبلر بسبب تغير طول موجات الضوء الذي تمتصه السحب الغازية . ويدرس أيضاً حالات الرنين داخل الشمس والتي قدرت بأربع ملايين حالة.

– علم الجغرافيا والخرائط وتطبيقاتها :

بدأت المعرِفة الجغرافية مع بداية ظهور الإنسان على سطح الأرض، لأنه كان مضطراً إلى التنقل من مكان إلى آخر باحثاً عن غذاء أو عن مأوى أو هارباً من حيوان مفترس أو شمس محرقة، أو برد قارس أو رياح عاتية. فكان بحكم غرائزه و قدراته التي ميزه الله بها، يتحرك ويكتشف سطح الأرض وما عليها من أشياء مفيدة وأشياء ضارة، ويحاول باستمرار أن يكتشف موارد جديدة لرزقه وأن يستفيد من البيئة ويجعلها أكثر ملاءمة لحياته.

تعرَّف الجغرافيا الطبيعية بأنها "دراسة الظاهرات الجغرافية لسطح الأرض". وتتضمن دراسة الصخور والتربة والتضاريس والجيمورفولوجيا والبحار والمحيطات والغلاف الجوي.

ويرى مور Moor مؤلف "القاموس الجغرافي" أن الجغرافيا الطبيعية هي ذلك الفرع من الجغرافيا الذي يدرس الظاهرات الطبيعية للأرض فيشمل القشرة الأرضية والماء والهواء، ويمكن اعتباره دراسة للبيئة الطبيعية، للإنسان، ويشار إلى الجغرافيا الطبيعية باسم (الفيزيوغرافيا).

تعد الجغرافيا الطبيعية أقدم فروع الجغرافيا، ولقد بدأت بسيطة في بداية نشأتها، فكانت تركز اهتمامها على وصف الظاهرات الطبيعية، ومع تقدم المعرفة الإنسانية تشعبت ميادين الجغرافيا الطبيعية وانقسمت إلى فروع ثانوية أكثر تخصصاً. ولعل تطلع الإنسان إلى الأجرام السماوية من شمس وقمر ونجوم قد بدأ مع وجود الإنسان.

ويمكن القول بأن الجغرافيا الفلكية القاسم المشترك بين الجغرافية وعلم الفلك وهي علم يبحث في مواقع وإحداثيات الأجرام السماوية. وتهتم بدراسة البيئة الطبيعية لكوكب الأرض، إذ يعتبر شكل الأرض وخصائصه الهندسية أول الحقائق الجغرافية .وتأثير العلاقة بين الأرض وكل من الشمس والقمر على خصائص البيئة الطبيعية ونشاط

الإنسان فيها. ويمكن إدراك هذا التأثير من معرفة أن الطاقة اللازمة للحياة وللقوى المحركة للمياه الجارية، والرياح، والتيارات البحرية والمحيطة، مصدرها الطاقة المنبعثة من الشمس. لذا فإن فهم طبيعة حركة الأرض حول محورها وحركتها في مدارها حول الشمس وحركة القمر حولها تعتبر من الأسس الأولية التي تهتم بها الجغرافيا الطبيعية.

وتعد الخريطة وسيلة حضارية مهمة لا يستغنى عنها أي فرع من فروع المعرفة، فهي وإن كانت لازمة للجغرافي فهي لازمة كذلك للاقتصادي والمهندس والجيولوجي، ورجال التخطيط والقادة العسكريين وغيرهم. ولا يكاد يخلو بيت من مصور جغرافي يتتبع أهل البيت موقع الأحداث المهمة في العالم. كذلك لا تخلو دور الصحف في الدول المتقدمة من متخصص في رسم الخرائط وذلك لأهميته في إعداد الخرائط المتعلقة بإبراز أماكن الأحداث المهمة على صفحات الصحف. وتولي الدول جميعها اهتماماً كبيراً بالخرائط.

وقد حاول الفلكيون المسلمون منذ القدم رسم الخرائط الفلكية وفقاً للأسلوب العلمي الرياضي بتحديد المواقع عن طريق خطوط الطول والعرض وبالتالي المحافظة على دقة السواحل وحجم البحيرات والبحار ومجاري الأنهار ومساحة البلدان.

وقد تطور علم الخرائط كثيراً في الآونة الأخيرة مستفيداً من التقدم العلمي في مجالات الاستشعار عن بعد وتحليل الصور الفضائية واستخدام الحاسب الآلي وأضحت ضرورة لكل فروع الجغرافية ومنها الجغرافية الفلكية.

الفصل الثاني : عرض تاريخي لتطور علم الفلك

لقد بدأ الإنسان في التعرف على الكون مذ رأت عيناه النور ، فبهرته الشمس بضيائها ، وألهبته بقيظها ، وأدفأته بحرارتها ، كما أضاء له القمر سحابة ليلة ، ورصفت النجوم سماءه بقناديل لا حصر لها ، ورصد هذا كله بفطرته وغريزته ، وأسبل عليه قدسية خاصة بلغت حد العبادة . وتابع تحركاتها وتطوراتها وتغيراتها الدورية (اليومية

والفصلية والسنوية) ، ووضع على هديها قياس الزمن : (الساعة والدقائق والثواني – والأيام والأسابيع والأشهر والفصول والسنوات والقرون والألفيات....) .

حدد بها ذكريات عظمائه من القادة والحكام والأنبياء والرسل .. كما أرّخ بها انتصاراته وهزائمه والكوارث التي مرت به . وربط بعضاً من الأحداث الخيرة بطوالع نجوم وكوكبات ، بأشكال معينة والأحداث السيئة بأشكال أخرى ، وأصبح يتنبأ من خلالها بمواعيد فيضان الأنهار (النيل والرافدين) وسقوط المطر وحلول الخسوف والكسوف .. .

وإذا كان الشرق الأدنى قد أرخ هذه المعارف ، فإن أقصاه (الصين واليابان) وأوسطه (الهند وفارس) لم يتخلفا في هذا الميدان . وكذا الأمر بالنسبة لمعارف الشعوب الأفريقية والأوربية والأمريكية قبل اكتشاف القارة الأمريكية .

وفيما يلي لمحة مختصرة عن اهتمام هذه الشعوب بالكون والفلك .

. **في الصين:** يرجع اهتمام الصينين بالفلك إلى منتصف الألف الخامس ق. **م**. إذ شيد حاكم الصين هوانج دي أوّل مرصد لدراسة النجوم . و تروي قصص تراث الصين الشعبية في الألف الثالث قبل الميلاد حادثة إعدام إثنين من الفلكين لفشلهم في التنبؤ بحدوث الكسوف مما يدل على اهتمامهم الكبير بجدولة الأحداث الفلكية .وإليهم يرجع الفضل في تصنيع آلة رصد النجوم المسماة بذات الحلق. ثم أنهم استعملوا التقويم منذ ما قبل القرن الرابع عشر قبل الميلاد .

وفي القرن السادس ق. **م** ظهر كتاب المتغيرات لكونفوشيوس ، وقد تضمن معارف عصره في التنجيم والفلك . وفي القرن الخامس ق. م. اكتشف فان ده أقمار المشتري .

وفي القرن الرابع ق. م. تم تحديد السنة الشمسية ب ٣٦٥ر٢٥ يوماً ، واعتمدت السنة الكبيسة في تقويمهم كل أربع سنوات مرة . وفي هذا القرن سجل شيه شن المعطيات عن ٨٠٠ نجم ، في وقت تعرف فيه الصينيون على ما لايقل عن ٧٠٠ مذنب ونيزك . وكان لهذا الفلكي تعليله لظاهرتي الخسوف والكسوف وتتالي دورة الكسوف كل ١٩ سنة زوالية ، أي مايقارب ال ٢٠ سنة قمرية . وفي القرن الثالث ق. **م** ، أوردت أسرة هان في حولياتها ذكر الكلف الشمسي (البقع الشمسية) .

أمـا بالنسـبة للتوقيـت اليـومي فقـد اسـتعمل الصـينيون السـاعة الزواليـة (المزولـه) شكل (١) والساعة المائية ، وفي منتصف القرن الحادي عشر الميلادي رصد الصينيون حادثـة الإنفجـار الهائـل لأحـد النجـوم فـي بـرج الثـور والـذي تسـمى بقايـاه اليـوم بسـديم السرطان.



شكل(١) بقايا فـ ولة

. في الهنـد : أخذت الأرصـاد الفلكيـة دورهـا فـي الهنـد فـي القـرن الثـاني عشـر ق.م وفي القرن الخامس ق. م. ظـهر الفلكي الشـهير أرياباهاتا . وهو من أصحاب الرأي القائل بدوران الأرض وثبات النجوم ومن الذين شرحوا مبادرة الإعتداليين علـى أسـاس ميل محـور الأرض ٢٤ درجـة ، وتغير هذا الميل ١،٥ درجـة كل مائـة عـام . كمـا ألف بعده براهما جوبتا كتاباً عن حركـة الكواكب وحساباتها باسم سيدهانتا ، أي الخلود والمعرفة. ترجمه العرب أيام المنصور تحت أسم السند هند الكبير . وقدر فلكيو الهند البعد بين الأرض والقمر بما يعادل (نصف قطر الأرض أي ر× ٦٤،٥) والرقم الصـحيح هو (٦٠× ر) . وفـي أوائـل القرن الثـامن عشـر شيّد جـاي سـينغ الثـاني مرصـد دلهـي علـى شـكل هـرم بارتفـاع ١٧ مترا . يلعب دور ساعة شمسية حقيقية ، ويرمي بظلاله علـى أقواس تتحدد عليها الساعات والدقائق والثواني . كما تمثلت عند قاعدته احداثيات القبة السماوية علـى شكل نصف كرة مجوّفة ، ينفذ إليها شعاع شمسي رفيع من قرص معدني ذي ثقوب يحدد ميل الشمس على مدى ساعات اليوم والتغيرات الفصلية ، وقد ألحق المهراجا جاي سينغ

الثاني بهذا المرصد خمسة مراصد أخرى في الهند ، كان أهمها مرصد جايبور (نيترا) الذي زود بزوايا ثابتة للتركيز على مواقع النجوم.

– **في أمريكا الوسطى والجنوبية** : ساهم الهنود الحمر في هذه البلاد بدورهم بالعناية بالفلك وبمضون القبة السماوية فشيدوا أبنيتهم تبعاً لتوجهات فلكية معينة . وقد برز منهم أبناء حضارة المايا في جواتيمالا وهند وراس وجنوب شرقي المكسيك (يوكاتان) ، الذين بلغت حضارتهم أوجها فيما بين القرن الثالث والتاسع الميلادي . ترتفع أبنيتهم (بما فيها مراصدهم الفلكية) فوق المدرجات الجبلية أو فوق مدرجات هرمية الشكل ، تأخذ فتحاتها (الأبواب والنوافذ) وجدرانها اتجاهات واستقامات محددة ، تُرصد من خلالها الأحداث الفلكية الدورية المختلفة وبخاصة مواقع كوكب الزهرة التي تشير تارة إلى الفصل الماطر وتارات أخرى إلى مواعيد المناسبات الدينية.

وبهذا تركزت اهتماماتهم على الرصد الزمني للأحداث أكثر من اهتمامهم بالرصد المكاني . وقد حددوا الخلل بالسنة الشمسية (٣٦٥ يوماً) وقدروه بـ ٦ ساعات أي ربع يوم . ومن ثم اتخذوا تقويماً خاصاً بهم يعتمد على أطوار الزهرة الأربعه خلال ٩٢ر ٥٨٣ يوماً ، لا يزيد الخطأ فيه على ساعتين كل ٥٠٠ سنة . أما تقاويمهم القديمة فكانت تتبع دورة خاصة مدتها ٢٦٠ يوماً تسمى تزولكين عند شعوب المايا واسم تونالاماتل عند شعوب الآزتك .



شكل (٢) حلقاتم ن الصخ ور وضعها ه ود أمريكا لتتبع حركات الشمس والق وم. وهذه الحلقة التي يطلق عليها بيجه و ن ميدسي نم جي ودة في ي ومينج. ولها د ومات صخرية تشير إلىم وضع شم وق الشمس وق وبها فيظ ول نهار في العام. ويرجع تاريخ الحلقة إلىح والي عام ٤٠٠ ١م.

كما عرفوا المجرة (درب اللبانه) منذ زمن بعيد وأطلقوا عليها أسماً شعرياً يحمل معنى " الشقيقة الصغيرة البيضاء لقوس القزح المتعدد الألوان " .



شكل(٣) مرصد كايشنيتزا في المكسيك



شكل(٤) كـ ن هـ ﻫ الإنكا يستخو ن المباني التذكاريةم ن الجرانيت كو ولة؛أ ي ساعة شمسية.

– **في الوطن العربي قبل الإسلام** : لقد اختلط علم الفلك لدى البابليين باعتقاداتهم الدينية فأتقن الكهنة هذا العلم وطوروه منذ نشأة الدولة البابليه كوريثة لحضارتي سومر وأكاد في الألف الثالث ق. م. لتبلغ أوجها أيام حمورابي (١٧٢٨ . ١٦٨٦ ق. م.) وتسود في القرنين السابع والسادس ق. م. على الهلال الخصب كله.

لقد عبد البابليون الزهرة تحت إسم الإلهة عشتار ، كما عبدوا المشتري تحت أسم الإله مردوخ خالق الكون في اعتقادهم . واستعملوا في توقيتهم الأسبوع والشهر القمري ، وحددوا منازل الشمس في بروجها الأثنى عشر خلال أشهر السنة الشمسية ، وقسموا الدائرة السماوية إلى ٣٦٠ درجة . ونظراً لنقص السنة القمرية ١١ يوماً عن الشمسية فقد استدركوا هذا الخلل بإضافة شهر قمري كل عدة سنوات . كما استعملوا الساعة الشمسية (المزوله) ذات العقارب . واشتهر من علماء الفلك في هذه الفترة الكاهن بيروسوس(Berossus)الذي كتب ثلاثة مجلدات عن تاريخ العالم ، وقد فُقدت من مكتبة الإسكندرية . تعرض في مجلده الأول منها إلى معالجة المرحلة الممتدة مابين بداية الخليقة والطوفان وهي فترة استمرت بنظره ٤٣٢ ألف سنة .

– **أما في وادي النيل** : فقد استخدم المصريون السنة القمرية كالبابليين ، لكن ارتباط فيضان وادي النيل بظهور نجم الشعرى اليمانية مع الفجر قبل شروق الشمس في نهاية شهر تموز جعل المصريين يتجهون إلى بدء تقويمهم بهذه الظاهرة الخيرة في

حياتهم وقد ساعدهم في ذلك تمكنهم من رصد النجوم ومراقبتها في مراصد طيبة وعين شمس .

وقد قسم المصريون اليوم إلى ساعات من خلال معرفتهم بالساعات الشمسية والساعات المائية . وقسموا السنة إلى ١٢ شهراً × ٣٠ يوماً وأضافوا لها في نهايتها خمسة أيام كأعياد.

وقد عرفوا من خلال رصدهم للكواكب والنجوم كواكب المنظومة الشمسية الست القريبة من الشمس بما فيها الأرض . ورتبوا النجوم في مجموعات (كوكبات أوأبراج) كالثريا والجوزاء والحمل والحوت والدب الأكبر (بنات نعش الكبرى) والعقرب ...وقد عمت عبادة الشمس (رع) عند المصريين في عهد الأسرة الرابعة .[١]



شكل(٥)نموذج المباني التذكارية للشمس قام به المصريون القدماء .

---

١. كان لكل هذه الأسرة يضيف اسم الشمس إلى أسمائهم مثل : خفرع ومنقرع .. وبلغت عبادة الشمس ذروتها في عصر الأسرة الخامسة ، فأضفوا إسم رع إلى أسماء الآلهة الأخرى مثل : أمون رع .. كما يسمى تمثال أبو الهول (خوى رع مانم) وهذا يعني أن الشمس إلهية (صبح . ظهيرة . مساء) أو صقر الأفق .

. في أرجاء القيصرية اليونانية والإمبراطورية الرومانية :

لايُعنى في هذا التعبير اليونان فحسب ، بل وجزر بحر ايجه والأناضول وبلاد الشام ومصر. وقد استمر نشاط شعوب هذه الأمبراطوريات في الفلك فيما بين أواخر القرن السابع ق. م. ومنتصف القرن الثاني الميلادي . أخذت خلالها شعوب القيصرية اليونانية في جمع تراث الحضارات الشرقية القديمة في الفلك ونقله إلى تراث هذه الحضارة القائمة وأضافوا إليه ماجد لديهم . وذلك منذ القرن الخامس ق. م وبذلك وصل علم الفلك المبكر في عهدهم إلى عصره الذهبي رغم الانتقادات الموجهه إلى علمائهم الذين برهنوا بعض الظاهرات الفلكية بالجدل الفلسفي إلى جانب معطيات الرصد الفلكي ما استطاعوا إلى ذلك سبيلاً . كما استعملوا معطيات علم المثلثات والهندسة في حساب أبعاد (حجم) الأجرام السماوية الكبيرة ، وتقدير المسافات التي تفصل فيما بينها وبخاصة الشمس والقمر .

تمسك معظم اليونانيين بوجهة النظر القائلة بمركزية الأرض Geocentric كجسم كروي ثابت بالنسبة للكون الذي يدور حولها ككرة سماوية جوفاء تنتقل عبرها النجوم في رحلة يومية حول الأرض ، ورغم تأكد بعض اليونانيين من إمكانية شرح هذه الظاهرة بدوران الأرض حول ذاتها ، إلا أن هؤلاء عادوا لرفض هذه الأفكار لعدم شعورهم بحركة الأرض ولاعتقادهم بأن حجم الأرض الضخم لا يسمح لها بهذه الحركة .

ويرى اليونانيون أن معظم النجوم ثابتة في مواقعها ضمن القبة السماوية بإستثناء سبعة نجوم عجيبة تبدو لتأخذ المواقع ذاتها بالنسبة لبعضها بعضاً . وقد سميت هذه السبعة العجيبة كواكب بما فيها الشمس والقمر وعطارد والزهره والمريخ وزحل . إذ يأخذ كل منها مدار دائري حول الأرض . وشرحوا حركتها الظاهرية حول الأرض.

ـ يعد طاليس المالاطي Thales من أقدم الأيونين في الأناضول الذي وضع مؤلفاته في الفلك في أوائل القرن السادس ق. م. . نقل الهندسة والمساحة عن مصر القديمة ، وحدد طول السنة الشمسية وموعد الكسوف وكيفية حدوثه ومسار الشمس ومواقعها خلال الفصول في القبة السماوية . وهو أول من فصل علم الفلك البرهاني عن علم التنجيم الأسطوري .

ـ تلاه أناكسيمندر الذي وضح مواضع الشمس والقمر والكواكب المعروفة ضمن المنظومة الشمسية وحاول رسم خارطة للأرض ، وتنسب إليه فكرة استعمال الساعة الشمسية (المزوله) ذات العقارب المعروفة عن البابليين .

ـ أما أنا كساجوراس : Anaxagoras فقد أوضح ظاهرة عكس القمر لأشعة الشمس وأطوار تغير نسبة إضاءته بسبب ظل الأرض عليع أثناء دورانه حولها .

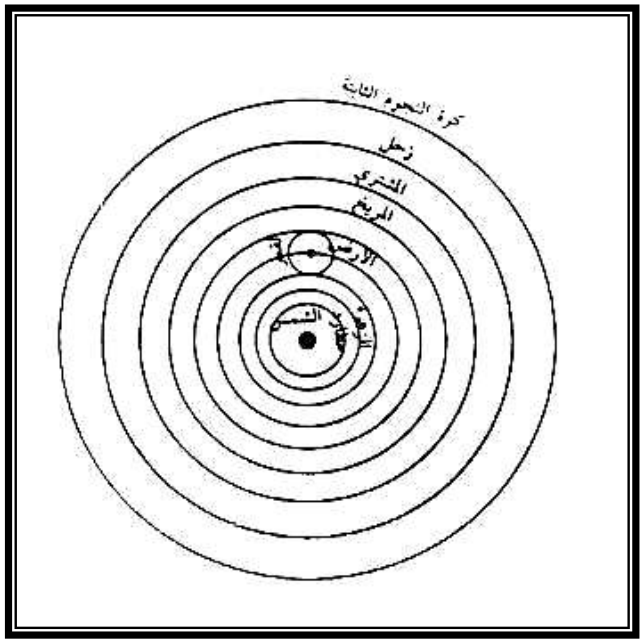
ـ ويعد فيثاغورس آخر فلكيي القرن السادس ق. م الذي رأى في توزيع كواكب المنظومة الشمسية وحركات النجوم في السماء شكلاً من أشكال العلاقات الرياضية والأنغام الموسيقية المتوافقة والمنسجمة بشكل تام . وما أجرام الكون إلا مجموعة كرات تدور حول نار مركزية يرقبها الإله زيوس وكرات المنظومة الشمسية ٠حول الأرض .

ـ وفي القرن الرابع ق. م. ظهرت آراء أفلاطون القائلة بكروية الكون والأرض يخترق محور الكون مركزها ، ويدور الكون حولها بانتظام مرة كل ٢٤ ساعة وللقمر حركته المستقلة اليومية حول الأرض كما تأخذ الكواكب مسارات حلزونية في مناطق البروج .

. تلاه يودكس الذي اشتهر باقتراحه تطبيق السنة الكبيسة كل أربع سنوات مرة.

. أما أرسطوطاليس فقد ألح على أهمية شكل الكرة الذي يأخذ بدورانه الفراغ ذاته ويستطيع القيام بالحركات التامة الكاملة . وافترض دوران الأرض حول ذاتها لتعليل الحركة الظاهرية للقبة السماوية أو دوران القبة السماوية حول الأرض مع عدم قناعته بالأخيره . وتوصل إلى دورة الأرض حول الشمس ، غير أنه عاد عن هذا الرأي لعدم قدرته على تفسير أوضاع النجوم في حال قيام الأرض بمثل هذه الدورة .

ـ تلاهم اريستارخوس في القرن الثالث ق. م. الذي صاغ لأول مرة مفهوم المنظومة الشمسية ومركزية الشمس بالنسبة للكون واعتبر الأرض مجرد كوكب وبرهن على ذلك حسابياً وهندسياً وبخاصة بحسابه لبعد كل من القمر والشمس عن الأرض والحجم النسبي لكل منها . ونظراً لضعف قدرته على اقناع الآخرين أمام أفكار أرسطو وأخطاءه في التقدير الحسابي ، فقد ارتأى الفليسوف افلاطون صاحب كتاب المدينة الفاضلة ضرورة احراق كتب اريستارخوس الـ ٧٠ كافه . وبذلك طويت صفحة أفكاره حتى عصر النهضة .

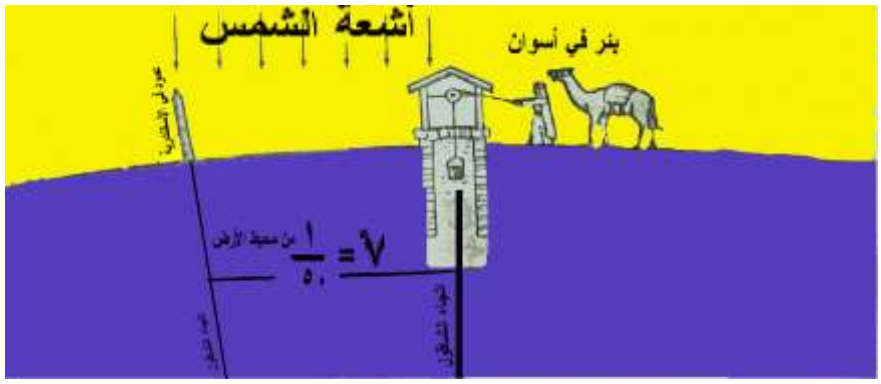


شكل(٦) مركزية الشمس بالنسبة لكوبرنيكوس

ـ وفي أوائل القرن الثاني ق. م. قام مدير مكتبة متحف الإسكندرية بمصر (ايراتوستين) بقياس الزاوية التي ترسمها أشعة الشمس مع الشاقول صيفاً في الإسكندرية ووازنها مع وضعها الشاقولي " العمودي " في أسوان في الوقت ذاته ، واعتبرها مساوية للزاوية القوسية التي يرسمها مركز الأرض مع أسوان والإسكندرية وقدرها ب ١/٥٠ من

. أرسطر خس =أريسطاو س = ا ويستاثة س..... 1- Aristar chus of Samos

محيط الأرض . وبضرب المسافة المذكورة ما بين الإسكنرية وأسوان (المقدره ٧٩٣,٨ كم) بـ ٥٠ يتم الحصول على محيط الأرض (٣٩٦٩٠ كم) .



شكل(٧) طريقة إيرا ويتن في قياس محيط الكرة الأرضية

ـ وفي النصف الثاني من القرن ٢ ق. م. ابتدع هيبارخوس حساب المثلثات وسهل عمل الفلكيين في جدولة النجوم وتقسيمها تبعاً لأقدارها الظاهرية كما أخذ بنظرية الدورات السطحية الثانوية ذات الحركة التراجعية ضمن أطار المدارات الكبيرة الرئيسية (Epicycles) (شكل ٢ . ٤ أ. و. ب)

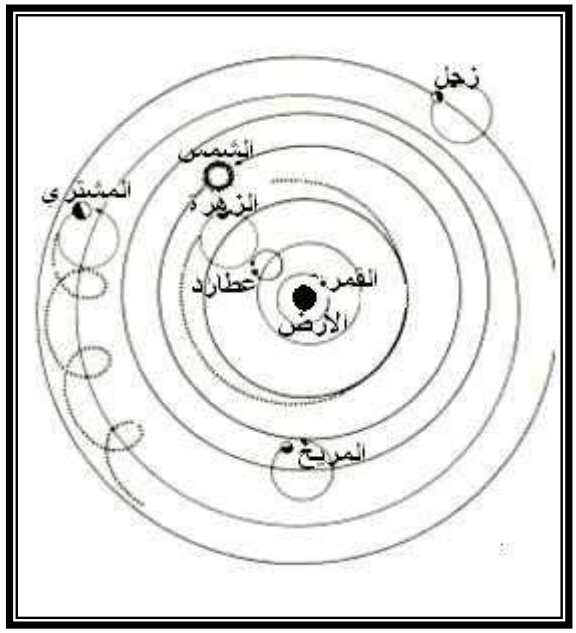
ـ وفي القرن الثاني الميلادي ظهر العالم بطليموس في الإسكندرية بكتبة الـ ١٣ في الفلك وبخاصة بكتابه الضخم (Magest) . وهو عالم موسوعي (مؤرخ وجغرافي وفلكي ورياضي) . سيطرت نظرياته حتى عصر النهضة، ولم يخرج عنها إلا بعض العلماء العرب المسلمين كابن الطوسي وابن الشاطر في بعض المسائل .

جمع في كتابه (المنظومة الفلكية الضخمة) الذي ترجمه العرب تحت أسم المجسطي خلاصة كل المعارف السابقة لعهده في علم الفلك . وأكد ذلك بالرصد الدقيق والتحليل الرياضي .

تعرض في كتابه لدراسة النجوم وتجمعاتها في أبراج (كوكبات) وحركتها . كما درس كواكب المنظومة الشمسية " عطارد والزهرة والأرض والمريخ ... وحركتها الدائرية حول مركز الكون (الأرض) وعلل هذه الظاهرات بالحسابات الرياضية والبراهين الهندسية رغم خطأ بعضها بما زاد بقناعة المطلعين عليها والمهتمين بالدراسات الفلكية .



شكل(٨–أ) نظ ومة بطلمي وس الك ونية (ول ن الك واكب والشمس في أفلاكهاحـ ول الأرض – مركز الك ن)



شكل(٨–ب) نظ ومة بطلمي وس الك ونية (ول ن الك واكب والشمس في أفلاكهاحـ ول الأرض – مركز الك ن)

– **في أرجاء الدول العربية الإسلامية :** إن اتساع رقعة العالم العربي الإسلامي وسّع مجال العاملين في الفلك من أقصاه الشرقي والشمالي في وسط آسيا حتى أقصاه الغربي في الأندلس والمغرب .

ونظراً لاهتمام الحكام بعلماء الرياضيات والهندسة والفلك والتنجيم ، فقد أجزلوا العطاء لهم ، لتأمين تجهيزاتهم العلمية ولتشييد مراصدهم ونشر مؤلفاتهم . وقد أربى تعدادهم أحياناً على العشرات في ظل حاكم واحد اهتم بالفلك والمراصد والرصد ... كما كثر الهواة من العلماء الموسوعيين فأثروا المعرفة الفلكية بالكثير من المعطيات الجديدة . وهذا ما جعل اختيار أسماء الأعلام منهم واختيار مجتزءات من إنجازاتهم صعب المنال ، لاسيما وأن لبعضهم عشرات المجلدات الضخمة ، تحفل بها مكتبات التراث في الوقت الحاضر في دمشق وحلب والقاهرة ومدريد وغيرها .

لقد كانت معارف أبناء شبه الجزيرة العربية في الفلك قبل الإسلام مقصورة على النواحي التطبيقية كالتقويم والتوقيت والمواسم والتوجه خلال الترحال . فعرفوا مواقع النجوم وكوكباتها (أبراجها) وأسماءها حتى ورد ذكر إشارة لها في القرآن مثل { والقمر قدّرناه منازل حتى عاد كالعرجون القديم } وهي ثمانية وعشرون منزلاً يمر بها القمر كل ليلة خلال دورته حول الأرض كالتالي:

الشرطان قرنا الحمل – والبطين في الحمل . الثريا والدبران في الثور – الهقعه في رأس الجبار . الهنعة والذراع المبسوطة في الجوزاء . النثرة في السرطان . الطرف في السرطان و الأرو . الجبهة و الزبرة و الصرفة في الأسد . العواء و السماك الأعزل و الغفر في السنبلة . الزباني في الميزان – الإكليل و قلب العقرب و الشولة في العقرب . النعائم والبلدة في الفرس . سعد الذابح في الجدي . سعد بلع البالع وسعد السعود وسعد الأخبية في الدلو . الفرغ الأول (المقدم) والفرغ الثاني في الفرس . بطن الحوت في المرأة المسلسة . وبذلك وقع كل برج منزلتان وثلث . كما عرفوا الكواكب المتحيرة غير الثابتة (عطارد . الزهرة . المريخ . المشتري . زحل) والنيازك والشهب ، كما أشار القرآن الكريم إلى معرفتهم بالبروج في قوله تعالى { والسماء ذات البروج } والتي رتبها أحد الشعراء في قوله :

حمل الثور جوزة السرطان ورعى الليث سنبل الميزان

ورمى عقرب بقوس لجدي نزح الدلو بركة الحيتان

وهي تقع على جانبي مدار الشمس وتقسم إلى أثني عشر برجاً يشغل كل برج قوساً قدره (٣٠ درجه) ، وبذا تمكث الشمس في حركتها الظاهرية شهراً في كل برج . وأعطى العرب القدامى النجوم أسماء خاصة بها لا يمكن حصرها هنا ، ما تزال كتب الفلك الحديثة تحفل بها دون تغيير. وميزوا فيما بينها تبعاً لدرجة تألقها .

ورغم اهتمام العرب القدامى بالتنجيم ، حرص المسلمون على الابتعاد عنه وعكفوا بعد انتهاء عصر الفتوحات على دراسة الفلك ميدانياً وبشكل رياضي وبآلات دقيقة ، بعد أن نقلوا إلى العربية كل ماوقعت عليه أيديهم من تراث الحضارات المجاورة في علم الفلك . وفيما يلي ذكر لبعض العاملين في هذا الميدان وأعمالهم تبعاً للتسلسل الزمني انطلاقاً من أيام الخليفة أبي جعفر المنصور :٠

محمد بن ابراهيم الفزاري : استعمل الأسطرلا ب وعمل مبطحاً ومسطحاً وألف زيجاً (تقويماً . فلكياً) تبعاً للتقويم القمري الإسلامي . كما ترجم إلى العربية كتاب الفلكي الهندي (براهما سبهط سد هانت) تحت اسم (السند هند العظيم) .

ومن أعلام القرن التاسع الميلادي وبخاصة أيام الخليفة المأمون الذين يعدون كمؤسسين لعلم الفلك العربي الإسلامي نذكر :

أبو بكر محمد بن موسى **الخوارزمي** : وضع زيجان (تقويمان) فلكيان وطلب إليه اختصار المجسطي (النظام الرياضي) شارك في حساب محيط الأرض الذي قدر بـ ٤١٢٨٤ كم بينما قدره بطليموس بـ ٣٨٣٤٠ كم ، كتب عن عمل الأسطرلابات وكيفية استخدامها . وهو رياضي أدخل الصفر في الأرقام وأوجد علم الجبر واشتقت من أسمه عبارة لوغاريثم ، التي تعادل لو خوارزم. وقد أعد مجموعة من صور السماوات والعالم محفوظة في ستراسبورغ .

أحمد بن محمد بن كثير **الفرغاني** : صاحب كتاب المدخل إلى علم هيئة الأفلاك وحركات النجوم ، كتبه أيام المأمون وترجم مرتين إلى اللاتينية في طليطلة ، واعيدت طباعته في عصر الطباعة ٢٠٠ مرة . طبق طريقة رياضية مدعاة للإعجاب على

الأسطرلاب لتسخيرها في حل العديد من المسائل المتعلقة بالتنجيم وعلم الفلك وضبط الوقت . عين أبعاد الكواكب وأقطارها والمسافات بينها ، عمل بها كثيرون بعده دون تغيير تقريباً حتى عصر كوبرنيكوس . له أربعة كتب في الفلك .

حبش الحاسب وهو أحمد بن عبد الله **المزوزي** الحاسب : له ثلاثة أزياج (الدمشقي والمأموني والممتحن) وأربعة كتب نذكر منها : الأبعاد والأجرام وعمل الأسطرلاب ... وقد خالف في أحد أزياجه الفزاري والخوارزمي . خلفه ابنه عطارد كمنجم مشهور وعالم بأنواع علوم الهيئة .

سند بن علي : كان رئيس الأرصاد الفلكية أيام المأمون وممتحناً (مدققاً) لها، وبخاصة تحديد مواضع الكواكب . وعمل تقنياً في إصلاح آلات مرصد الشماسية ببغداد ، وله زيج مشهور ، حافظ على أهميته حتى ما بعد عصر النهضة .

موسى ابن شاكر وأولاده أحمد ومحمد وحسن : كان موسى أحد منجمي المأمون وله كتاب مخطوط (الدرجات) يشرح فيه طبائع الكواكب السبعة . وكان للأسرة(أبناء شاكر) مرصد قائم على قنطرة بغداد المؤدية إلى باب الطاق . قاسوا محيط الأرض ، ورصدوا انحراف الشمس ٢٣° درجة و٣٥َ دقيقة . ووضع أكبر ألأولاد محمد تقاويم لمنازل السيارات وكتاب حركة الفلك الأولى وكتاب أولية العالم كما وضع أحمد كتاب الحيل (الميكانيك) وآخر عن الكواكب الثابته .

ومن الفلكيين الكبار الذين رصدوا النجوم والكواكب أيام المأمون أيضا وساهموا في قياس محيط الأرض ووضع الأزياج وترجمة كتاب الفلك عن الهنود والفرس واليونان ، يُشار إلى :

. **العباس بن سعيد الجوهري** . **عمر بن الفرخان** (أبو جعفر عمر بن حفص) . يحيى بن أبي منصور . علي بن عيسى الأسطرلابي الحرّاني . خالد بن عبد الملك المروزي . علي بن البحتري . أبو عبد الله محمد بن عيسى الماهاني (توفي سنة ٢٧١هـ) يضاف إلى ما ذكر أيضاً : الفلكي أبو معشر البلخي وله زيجان : كبير جامع لأكثر علم الفلك ، وصغير (زيج القرانات) . وقد تضمن الأخير أوقات اقتران زحل مع أوساط الكواكب . وثابت بن قره الحرّاني(٢٨٨ هـ) من منجمي المعتضد . قام بالتركيز على

دراسة الشمس ومقدار أشعتها وحركاتها وتعديلاتها ، له عدة كتب يشار منها إلى : حساب الأهله . إبطال الحركة في فلك البروج وغيره . سنة الشمس .

ومن فلكيي القرن العاشر الميلادي نذكر :

. أبو العباس الفضل بن حاتم **النيريزي** (توفي سنة ٣١٠هـ) وله زيجان صحيح فيهما أخطاء فلكيي عصر المأمون .

. أبو عبد الله محمد جابر بن سنان الرقي الحراني **البتّاني** ٨٧٧ . ٩٢٩ م. عمل لمدة ٤٢ سنة في الرصد الفلكي . وله مرصد في الرقة عرف باسمه لا تزال آثاره باقية حتى تاريخه .

ابتدأ الرصد سنة ٢٦٤ هـ . وحدد النجوم الثابته في السنة الأخيرة من القرن الثالث الهجري في زيجة (زيج المصابي) . يُعد من العشرين الأوائل المشهورين في علم الفلك . حَسَبَ طول السنة الشمسية ولم يخطئْ في تقديرها إلا بـ ٢َو ٢٢ً بالموازنة مع أحدث التقديرات . وتوصل إلى رقم تقريبي لترتّح محور دوران الأرض، ولاحظ تغير موضع أوج الشمس في مسيرها الظاهري عما كان عليه أيام بطليموس بما يعادل درجة واحدة كل ٦٦ سنة وهي في الفلك الحديث كل ٧٢ سنة وصحح قوانين حركتي القمر والشمس ، وبين تغير القطر الظاهري لكل منهما وأستخدم أجهزة فللكية هامه كجهاز قياس الارتفاع الزاوي للسنة ، وسخّر علم المثلثات الكروية لخدمة علم الفلك الموقعي. وأثبت امكانية حدوث الكسوف الحلقي على غير ماجاء به بطليموس . وأوجد قانون جيب التمام في حساب المثلثات الكروية . وأدخل الظل المحدود (خط المماس) في حساب الأرباع الشمسية . وقد نشر نظريته وعممها العالم الألماني م . ج . رجيومانتانوس تحت أسم قاعدة البتّاغينوس(نستة للبتّاني). وهو أول من أدخل مصطلح السمت والنظير والكواكب السيارة ، واستنبط نظرية لرؤية القمر عند ولادته.

تُرجم له كتاب تعديل الكواكب ومختصره في علم الفلك وبقيت كتبه معتمدة لعدة قرون في أوروبا ، كما ترجم له كتاب تعديل الكواكب . وأمر صاحب قشتالة بترجمة زيجه إلى الإسبانية في القرن الثالث عشر للميلاد ، وخُصص لزيجة ٥٣ صفحة في كتاب تاريخ الفلك في العصور الوسطى بالفرنسية عام ١٨١٩ وفي أوائل القرن العشرين

ترجم زيجه إلى الإيطالية في ثلاث مجلدات إلى جانب النص العربي . أشاد بذكره كوبرنيكوس لمعطياته المبتكره في حركة الشمس .. وكذلك سلك كل من جوهانس كبِلَرْ وغاليليوغاليليه بالنسبة لدقة أرصاده وتحاليله الرياضية .

استعمل في مرصده مجموعة متنوعة من الآلات مثل : الاسطرلابات . الشواخص وقد قسمت ١٢ قسماً : . الأكر السماوية ذات الصفائح الخمس . الأرباع . المزاول الشمسية . المساطر لاختلاف المناظر .

ـ عبد الرحمن **الصوفي** (أبو الحسين عبد الرحمن بن عمر الرازي) : ولد في الرِّي جنوب شرق طهران عام ٩٠٣ م وتوفي في بغداد عام ٩٨٦ م (٣٧٦هـ) له ثلاثة كتب هي :ـ صور الكواكب الثمانية والأربعين . رسالة في الأسطرلاب . أرجوزة بن الصوفي .

يعد كتابه الأول من أهم الكتب في علم الفلك المرقبي. توجد نسخ منه أصيله في متاحف ومكتبات استانبول (طوب كابو) وباريس (مكتبة بودليان، حيث توجد نسخة آلغ بيك) ، وفي لندن (جامعة أوكسفورد (بخط يد ابنه) ، وفي دمشق (مكتبة الأسد) ، وفي روما (الفاتيكان) وفي حيدر أباد (المكتبة الآصفية) وفي جامعة توبنجن (ألمانيا) . وقد نشر هذا الكتاب مرتين : الأولى من قبل دائرة المعارف العثمانية في حيدر أباد والثانية في بيروت عام ١٩٨١ أي قبل مرور ألف عام على وفاته . يضم الكتاب ٣٥٣ صفحة لنصوص و ٥٥ جدولاً و ٤٨ كوكبة (برجاً) و ٩٦ تخطيطاً توضيحياً لها تبعاً لموقع الراصد . وتعد رسومه من روائع المنمنمات على الطريقة الفارسية ، وقد اعتمد دراسات ابن الصوفي عدد كبير من العلماء المحدثين وبخاصة توضع نجوم الأبراج وتسمياتها العربية وأقدارها وسديم المرأة المسلسلة الذي أبرزته أجهزة المرقاب الحديثة كمجرة لولبية هائلة .

ويعد كتاب صور الكواكب الثمانية والأربعين أحد الروائع الثلاث في علم الفلك المرقبي في القرون الوسطى إلى جانب كتاب دليل بن يونس الصرفي (المصري) في القرن الحادي عشر وكتاب الغ بك في القرن الخامس عشر . حدد فيه بدقة موضع ١٠٢٢ نجماً وذكر أن النجوم المرئية أكثر من ذلك بكثير وغير المرئية أكثر .

نقد الصوفي في مقدمته ماورد في كتب سابقيه ككتاب دليل النجوم الثابته لبطليموس وكتابات كل من المنجم المشهور عطارد بن محمد الحاسب وعلي بن عيسى الحراني وصوب بعض ما جاء لدى التباني (الرقي) . وأعطى الوراقين والنقلة ورسامي الزيجات على الكرات نصيباً من الغلط مسنداً لكل منهم خطأه في موضعه دون زيادة أو نقصان . كما قوم كتاب الأنواء لأبي حنيفة الدينوري .

نسب إلى بداية كل من برج الجدي الانقلاب الشتوي وبرج السرطان الانقلاب الصيفي ...وقرنها بأيام طيمارخوس . وميز مابين مفهوم البروج ومنازل القمر عند العرب فالشرطين (العلامتين) والبطين (موضع البطن) والهقعة (على رأس الجباربين المنكبين) .وبقي لكتب الصوفي أثرها الواضح في عدة أجيال من علماء الفلك حتى عهد كنوبل KNOBEL رئيس الجمعية الفلكية بلندن . وترجم كتابه صور النجوم إلى اللغات الفرنسية واللاتينية والفارسية كما قومت دراسته لدى الأسبان . وقد قدم كتابه هذا هدية إلى الحاكم البويهي عضد الدولة في بغداد سنة ٩٨٢ م الذي بنى مرصداً في شيراز وكان يكرم الفلكيين .

أما كتاب الصوفي (رسالة في الاصطرلاب) فقد نشرته جامعة توبنجن بالعربية ويقع في أكثر من ٨٠٠ صفحة ويعد سبقاً علمياً في التقنية الفلكية آنذاك .

. **السجزي** : (أبو سعيد ، أحمد بن محمد بن عبد الجليل) المتوفي سنة ٤١٥ هـ له ٣٧ كتاباً ، يوجد منها حالياً في أوربا ٢٩ كتاباً يتضمن كتابه الشاهي ١٥ رسالة . برع في علم الرياضيات وعلم الفلك بآن واحد (انظر بروكلمان) .

. أبو الوفاء محمد بن محمد بن يحيى **البوزجاني** الحاسب : ولد في بوزجان مابين هراة ونيسابور عام ٩٤٠ ميلادي (٣٢٨ هـ) وتوفي في بغداد عام ٩٨٨ ميلادي (٣٨٨ هـ) كان أحد فلكي مرصد شرف الدولة في سرابه عام ٩٨٧ ميلادي . اكتشف الخلل الثالث في حركة القمر وهو الخلل الذي رصده تيخو براهي بعد ٦٠٠ سنة ، أقام مرصداً خاصاً به في بغداد . وهو عالم كبير في الحساب والمثلثات والهندسة . فصل علم الفلك عن علم الهندسة ، وأشتهر في كتابه الكامل الذي يتعرض

١ . للأمور التي ينبغي أن تعلم قبل حركات الكواكب .

٢ . حركات الكواكب . ٣ . الأمور التي تعرض لحركات الكواكب ويشبه كتابه هذا إلى حد ما كتاب المجسطي . ومن كتبه ورسائله أيضاً . زيج الوادي . الفلك . الزيج الشامل وعشرات الكتب في الرياضيات والهندسة والجبر .

وضع للخلل الثالث في حركة القمر معادلة مثلثية توضح مواقع القمر من سنة لأخرى سماها (معادلة السرعة نسبها فيما بعد تيخو براهي لنفسه).

. **الصاغاني :** أبو حامد أحمد بن محمد (توفي سنة ٩٨٩ميلادي) (٣٧٩ هـ) عمل بمرصد شرف الدولة واشتهر بصناعة الآلات الفلكية وبخاصة الاصطرابات .

كما نذكر من فلكيي القرنين الحادي عشر والثاني عشر الميلاديين :

. أبو الحسن علي بن عبد الرحمن بن أحمد **بن يونس** الصدفي المصري : ولد في مصر وتوفي فيها عام ١٠٠٩ميلادي (٣٩٩ هـ) كان أبوه مؤرخاً وجده يونس من المتخصصين بعلم النجوم .

نبغ ابن يونس في الفلك أيام الخليفة الفاطمي عبد العزيز وابنه الحاكم . شيد له الفاطميون مرصداً على صخرة على جبل المقطم وجهز بأفضل أجهزة الرصد وأحدثها . رصد بكل نجاح كسوف الشمس وخسوف القمر عام ٩٧٨م وحدد تزايد حركة القمر واقتران الكوالكب وحسب سيل دائرة البروج .. ووضع زيجاً في أربعة مجلدات سماه الزيج الكبير الحاكمي . سار على نهج فلكيي بغداد وسجل أرصاده بدقة متناهية . ترجم كتابه إلى الفرنسية عام ١٨٠٤م .كما ترجم قسم منه إلى الهولندية عام ١٨٢٢م . اخترع بندول الساعة الدقاقه (الرقاص) وميل الساعة الشمسية ذات الثقب . وربط سرعة النوسان بطول ذراع البندول (الرقاص = الموار) .

. ابو القاسم **المجريطي** (مسلمة أحمد المرحيط) ولد في مجريط (مدريد) سنة ٩٥٠ م (٣٣٨ هـ) وتوفي بقرطبة سنة ١٠٠٧م (٣٨٩ هـ) . اتصل بمعظم فلكي المشرق وكتب رسالة عن الأسطرلاب وقوم خارطة بطليموس الفلكية وكتاب المجسطي وقد ترجم العملان إلى اللاتينية ، كما عمل مختصر لجداول البتاني الفلكية ووضع كتاباً في تعديل الكواكب . وكان المجريطي (المدريدي) باختصار انساناً موسوعياً في عدة علوم (الفلك والرياضيات والكيمياء والحيوان). تتلمذ على يدي

ـ المهندس **الفرنـاطي** : أبـو القاسـم أصـبغ بـن محمـد بـن السـمح : المولـود عـام ١٠٧٠م والمتوفي سنة ١٠٣٥ م (٤٢٦هـ) أشتهر بأعماله الفلكية من خلال كتابيه :

١ . العمل بالإصطرلاب . ٢ . الأزياج الفلكية في جزئين .

ـ أبـو سـهل **الكـوهي** (ويجن بن رستم): من الكوه جنوبي بحر قزوين (المتوفي سنة ١٠١٤ م = ٤٠٥ هـ) من كبار علماء الهندسة والجبر والفلك . أسس مرصد بغداد في عهد شرف الدولة وصمم له كثير من الأجهزة ، كما اعتمد في أرصاده في علم الهيئة ودراسته للكواكب السبعة في مسيرها وتنقلها في بروجها . وكان يدون ذلك في محاضر جلسات خاصة بأولي الاختصاص بالعلم . له كتاب :صنعة الاصطرلاب بالبراهين .

ـ أبـو نصـر **منصـور بـن عـراق** (تـوفي سـنة (٣٩٠ هـ) تتلمـذ علـى يديـه أبـو الريحان البيروني واشتهر بتصحيحه لزيج الصفائح لأبي جعفر الخازن .

. الحسن **بن الهيثم** (توفي سنة ٤٣٢ هـ) بصري .. دفن في مصر . أشتهر في علوم البصريات في كتابه المناظر . ويعد موضوع تناقص قدر النجوم في حركته من خط الأفق باتجاه السمت من أبرز المواضيع التي طرقها .

. **البيروني** أبو الريحان (محمد بن أحمد) ولد عام ٩٧٣م (٣٦٢هـ) في بيرون عاصمة خوارزم (تركستان) وتوفي سنة ١٠٤٨م (٤٤٠هـ) :عالم موسوعي ، تثقف بكل ما كتبة علماء الهند عن علم الفلك ،وعاش بينهم ٤٠ عاماً. تقدر مؤلفاته ككتب ورسائل ومقالات ب ١٩٠ مؤلفاً . كان فيلسوفاً وعالماً في الجغرافيا والفيزياء والرياضيات وبرز في الطب والأدب والتاريخ .

وضع أسس علم حساب المثلثات . عمل منجماً في بلاط محمود **الغزنوي** (في غزنه) ووضع الموسوعة الفلكية تحت أسم(القانون المسعودي في الهيئة والنجوم) (نسبة إلى السلطان غزنة آنذاك) وله رسالة دقيقة في الأبعاد الأرضية والسماوية وقال أن الشمس مركز الكون الأرضي. حسب مساحة الأرض ونسبتها للقمر وقدر أبعاد الكواكب في المجموعة الشمسية ،وفرق زاويتي الأوج والحضيض .كما قال بدوران الأرض حول ذاتها وبكون الشمس اكبر من الأرض والأخيرة اكبر من القمر .نذكر من كتبه ورسائله في الفلك إلى جانب رسالته في علم الفلك (القانون المسعودي في الهيئة

والنجوم) ما يلي :١-رسالة في استخراج محيط الأرض.٢-رسالة في الهندسة والتنجيم بعنوان التفهيم لأوائل صناعة التنجيم.٣-رسالة في أصول الرسم على سطح الكرة.٤-رسالة في معرفة سمت القبلة.٥-كتاب استيعاب الوجوه الممكنة في صفة الإسطرلاب ٦-كتاب العمل في الإسطرلاب٧-كتاب جلاء الأذهان في زيج التباني٨-كتاب منازل القمر٩-كتاب استشهاد باختلاف الأرصاد١٠-كتاب عن النجوم١١-كتاب علم الهيئة١٢-رؤية الأهلة١٣-تحديد مكان البلد باستخدام الإحداثيات. المد والجزر وشكل الكون . كما تعرض في أبحاثه لحركات الكواكب والمذنبات والأزياج (التقاويم).

. أبو إسحق ابراهيم **الزرقالي النقاش** (وِلد الزرقيال) (توفي سنة٤٩٠ هـ١٠٨٧م) :عاش في طليطلة وقرطبة كعالم فلكي ومبتكر لآلات الرصد . صنع ساعات دقاقه واخترع اسطرلاباً بلغ حد الكمال . كان أكبر راصد في عصره . رصد الشمس أكثر من ٤٠٠مرة لتحديد بعدها الأقصى . ووضع جداول طليطلة ورسالة في الإسطرلاب (صفيحة الزرقالي) . ترجمت أعماله إلى الإيطالية والقشتالية واللاتينية والعبرية

. **عمر الخيام** (توفي سنة٥٢٦هـ) : شاعر وفيلسو ف ورياضي وفلكي راصد . أصلح التقويم الفارسي أيام السلطان ملكشاه السلجوقي بشكل يفوق دقة التقويم الجريجوري . يقدر الخطأ فيه بيوم واحد كل ٣٣٣٠سنة . وله زيح ملكشاه .

ـ أبو محمد جابر **بن الأفلح** (توفي سنة ٥٤٠هـ . ١١٤٥م) : رياضي فلكي أندلسي من اشبيلية له كتاب الهيئة أصلح فيه أخطاء المجسطي وبخاصة بعد أن ثبت لديه شبه المريخ والزهرة بالأرض وقربهما منها أكثر من الشمس . وقد أتقن صناعة آلات فلكية مستحدثة استعملها الطوسي في مرصد بفراغه .

ـ أبو اسحق نور الدين **البطروجي** (توفي سنة ١٢٠٠م) : فلكي أندلسي ، عارض بشكل علمي أخطاء بطليموس واقترح الحركة الحلزونية للكواكب .

. ومن اعلام القرن الثالث عشر والرابع عشر الميلادي نذكر :

ـ شرف الدين الحسن بن علي .. .. **المراكشي** (توفي سنة ١٢٨١م) : وضع كتاب { جامع المبادئ والغايات في علم الميقات } . نشرته جامعة شتوتغارت في ألمانيا بأصله العربي رتب كتابه في أربعة أجزاء : ١- في الحساب ويشمل ٨٧فصلاً ٢-

في وضع الآلات ويشمل ٧ أقسام ٣- في العمل بالآلات ويشتمل على ١٥ باباً ٤- في المناقشة للتدريب على الاستنباط

اعتمد في دراساته على الرصد الدقيق والآلات الدقيقة والحسابات الرياضية والهندسية الصحيحة وقيم عروض عشرات المدن الكبيرة المعروفة في عصره نضعها هنا مجدولة لقرنها مع تقديرات البتاني وابن سعيد المغربي و الرصد الحديث .

اسم المدينة	عند البتاني		ابن سعيد المغربي		المراكشي		الفلك الحديث	
	درجة	دقيقة	درجة	دقيقة	درجة	دقيقة	درجة	دقيقة
يثرب	٢٥	٠	٢٥	٣١	٢١	٣٠	٢٥	٢٠
فاس	٣٣	ـ	٣٣	ـ	٣٣	ـ	٣٤	٠٦
دمشق	٣٣	ـ	٣٤		٣٣		٣٣	٣٠
بغداد	٣٣	٩	٣٣	٩	٣٣	١٥	٣٢	٥٣
اشبيلية	٣٧	١٥	٣٧	٣٠	٣٧	١٥	٣٧	٢٢
قرطبة	٣٨	٣٨	٣٨	٣٠	٣٨	٣٠	٣٨	٣٠
سرقسطة	٤١	٣٠	٤٠	ـ	٤١	٣٠	٤١	٤٧

كما قاس المسافات مثبتاً لعدد الدرجات والثوان بين المدن بشكل نقرن بعضها هنا مع تقديرات أرسطو والقياسات الحالية وهي كما يلي :

	ما بين قادس ودمياط	**سلا . قسنطينة**	**وهران . بجايه**	**بجايه . بنزرت**
خطأ بطليموس :	١٨٨٧ كم	٧٤٨ كم	٤٩ كم	١٨,٥ كم
خطأ المراكشي :	١٨٥ كم	١٨,٥ كم	٩٥ كم	١١ كم

ـ مؤيد الدين **العُرْضي** : من عُرض في سورية ، فلكي ومهندس ومصمم أجهزة فلكية . عمل في مرصد مراغه إلى جانب الطوسي . له عدة مؤلفات في الفلك . خالف فيها بطليموس ومهد لنظرية كوبر نيكوس الذي أحل الشمس محل الأرض في منظومة الكواكب .

ـ نصر الدين **الطوسي** (توفي عام ١٢٧٤م . ٦٧٢هـ) : كان وزيراً لأصحاب قلاع (الألموت) الإسماعيلية ، ثم ولاّه هولاكو الأوقاف . يعد دائرة معارف في العلوم الدينية والأساسية . إليه يرجع الفضل في إنشاء مرصد مراغه ومكتبته وإغنائه بأجهزة الرصد والفلكيين . وضع الزيج الايلخاني بعد ١٢ سنة من الرصد ليغدوا مرجعاً رئيسياً لدى الأوروبيين في دراساتهم الفلكية .

قدر قيمة مبادرة الإعتدالين ب٥٠"و ربع وهو أقرب رقم من القياسات الحديثة . ووضع صياغة جديدة لحركات الكواكب السبع . قدرت مؤلفاته ب١٨٤ بين كتاب رسائل وأجوبة . تركزت معظمها على الجانب الفلكي نذكر منها : ١٠٠+٢٠ باباً في معرفة الاسطرلاب . التذكرة في الهيئة وزبدتها ومقدمة فيها .٣٠فصلاً في معرفة التقويم . ترجمة صور الكواكب . مدخل في علم النجوم . الزيج الأيلخاني ...

علاء الدين **<u>بن الشاطر</u>** (توفي سنة ٧٧٧هـ . ١٣٧٥م) : عمل مؤقتاً للجامع الأموي بدمشق مهر في علم الهيئة والفلك والنجوم والهندسة والحساب له إثني عشر مؤلفاً تركزت معظمها على الآلات التي عمل بها نذكر منها : . زيج ابن الشاطر وقد أعيدت كتابته بعدة أشكال موجزاً ومشروحاً في مصر وسوريا .

. الأشعة اللامعة في العمل بالآلة الجامعة . نهاية السول في تصحيح الأصول (هيئة أفلاك الكواكب كما ابتكرها) .

. الجبر والمقابلة .

ـ رسالة في الإصطرلاب وأخرى في أصول علمه . نزهة السامع في العمل في الربع الجامع . اختصرت في كتاب تحفة السامع واللمعة في حل الكواكب السبعة .. .. النفع العام في العمل بالربع التام لمواقيت الإسلام . . الروضات المزهرات في العمل بربع المقنطرات .. ..

. تسهيل المواقيت في العمل في صندوق اليواقيت . وله رسالة تتضمن ١٥٥مسألة في الأعمال الفلكية . ذكر عنه أنه وضع اسطرلاباً في قائم حائط في منزله بشكل قنطرة

---

١ . آلة فلكية متعددة الـ وظائف وبخاصة لمعرفة القبلة والـ وقت . لها إبرة ممغنطة وساعة شمسية كلية تميل إلى الأفق بتمام عرض البلد .

مقدارها نصف ذراع تقريباً : يدور أبداً على الدوام تعلم منه الساعات المستوية والزمانية والمنحرفات . وينسب إليه عمل المنحرفتين في قبلة مأذنة العروس في الجامع وفي إشارة أخرى أنه وضع البسيط في المئذنة المذكورة ليعمل كالمزوله (وهو آلة علمية لضبط أوقات الصلاة) ومن إبتكاراته أيضاً : الآلة الجامعة .

وقد كتبت المجلات العلمية المتخصصة عن أعمال ابن الشاطر في اللغات الحية الرئيسة وبخاصة الألمانية والفرنسية والإنكليزية وبخاصة فيما يتعلق بآلاته ونظرياته الفلكية وتأثير ذلك على ثقافة رواد الفلك الحديث في أوربا في عصر النهضة.

ومن أعلام القرن الخامس عشر الميلادي نذكر :

غياث الدين **الكاشاني (الكاشي)** (توفي سنة ٨٣٢هـ . ١٤٢٩م) : ابتكر آلة طبق المناطق الفلكية ووضع لها كتاباً سماه : " نزهة الحدائق في كيفية صنعه الآلة المسماة بطبق المناطق " وله كتاب آخر اسمه " سلم السماء "

ـ **ألوغ بك** : (توفي سنة ٨٥٣هـ . ١٤٤٩م) : كان فلكياً وملكاً حكم سمرقند ٣٠عاماً . صحح ما جاء به بطليموس ووضع الزيج الجديد السلطاني الذي يشتمل على : ١- حسابات التوقيعات وتواريخها الزمنية . ٢- التوقيت . ٣- مجاري الكواكب في أفلاكها . ٤- مواقع النجوم الثابتة . استخدم في رصده آلات فلكية متطورة مستنبطة أهمها : ربع الدائرة الذي بلغ ارتفاعه ٥٤م .

. رسائل أخوان الصفا :

يشار أخيراً إلى أن مما سبق ذكره من فلكيين عرب ومسلمين لا يشكلون إلا عدداً محدوداً من العاملين في حقل علم الفلك . وقد تم اختيارهم عشوائياً . كما أن ما ذكرناه عنهم ليس إلا مجرد بعض عناوين لبعض أعمالهم* . وكخاتمة لما سبق كان من حق العاملين في علم الفلك من العرب والمسلمين علينا ذكر بعض ما جاء في إحدى رسائل إخوان الصفا الهامة في هذا العلم مثل : . الرسالة الثالثة : من القسم الرياضي . الموسومة

---

1. Ibn- Al- Shatir : an arab Astronome of the 14 centkry ; E.S. Kennedy Imad Ghanem

معهد التراث،جامعة حلب(١٩٧٦)ابن الشاطر فلكيعربيهـ نالق ن ١٤م . اعداد: د. س.كد ي ود. عماد غانم

بالأسطرونوميا في علم النجوم وتركيب الأفلاك نختصر منها ما يلي : يقسم علم النجوم إلى ثلاثة أقسام :

ـ علم الهيئة : يتضمن معرفة تركيب الأفلاك التي تدور فيها السيارات السبع وكمية الكواكب وأقسام البروج

. علم التقاويم وحل الزيجات واستخراج التواريخ .

ـ علم الأحكام :معرفة كيفية الاستدلال بدوران الفلك وطوالع البروج وحركات الكواكب على الكائنات فالكواكب تسير في الأفلاك (وكل في فلك يسبحون). وهذا الفلك المحيط مقسوم باثني عشر قسماً كحزوز البطيخة .كل قسم منها يسمى برجاً. يشغل كل برج ٣٠ درجة جملتها ٣٦٠ درجة وكل درجة ٦٠ دقيقة وكل دقيقة ٦٠ ثانية وكل ثانية ٦٠ ثالثة وهكذا إلى الروابع والخوامس ...

ـ للاستزادة : يمكن الرجوع إلى تاريخ علم الفلك في العراق وعلاقاته بالأقطار الإسلامية والعربية : الذي يتعرض فيه مؤلفه عباس العزاوي إلى إنتاج أكثر من ٢٠٠ فلكي في هذه البلاد في العهود التالية لأيام العباسيين . ويقع المؤلف في نيف و٤٠٠ صفحة خصص حوالي ٣٥ صفحة منه لعلماء الفلك في بلاد الشام الذين قدرهم بـ ٢٥ فلكياً نذكر منهم على سبيل المثال إضافةً إلى ما سبق شرحه ما يلي :

١- شمس الدين الحلبي (التيزيني) وله خمس مؤلفات هامة .

٢- جمال الدين بن محمد بن أحمد الغزالي الدمشقي المعروف بـ (سبط المارديني) وله أكثر من ٣٠ عملاً علمياً في الفلك .

٣- أبو محمد بن خليل الموقت (الكراديس) وله عملان رئيسيان في الفلك

٤- عز الدين بن زين الدين محمد الوفائي وله في الفلك ١٢ عملاً .

٥- شهاب الدين بن رجب بن المقر الأشرف المولوي الأتابكي (ابن المجدي) وله ٢٧ عملاً رئيسياً.

٦- زين الدين بن عماد الدين الصالحي وله عملان هامان .

٧- ولي الدين بن الزين عبد الرحيم (ابن العراقي) وله مؤلفين فقط .

٨- أحمد بن حسين بن علي ابن الخطيب (ابن قنفذ) وله مؤلفين فقط .

٩- شهاب الدين بن محمد بن عماد المعروف بـ (ابن الهائم) وله ١١ عملاً و١٣ شرحاً .

١٠-الأمير علاء الدين طيبغاً الدوادار وله ٤ أعمال .

١١-شمس الدين بن أحمد بن عبد الرحيم المعروف بـ (المزي) وله ٨ أعمال في الفلك .

ابن اللبودي ٨ أعمال . ١٣- مؤيد الدين العرضي ٥ أعمال . ١٤- شمس الدين بن محي الدين بن عربي . ١٥- الماردیني ٤ أعمال . ١٦- جمال الدين بن واصل . ١٧- ابن طيلون الدمشقي . ١٨- شمس الدين الخفري. ١٩-

ـ كما تعرض إخوان الصفا في رسالتهم الرابعة إلى ذكر وقوف الأرض وسط الهواء وسببه وأرجعوا ذلك إلى أربعة أسباب نذكر من واحد منها على سبيل المثال بشكل مختصر وبتصرف ما يلي :

. قوة الضغط من جميع الجهات نحو مركز الأرض (مركز مغناطيس الأثقال) ولما كانت أجزاء الأرض الصخرية كلها ثقيلة انجذبت إلى المركز فصارت الأرض بجميع أجزائها كرة واحدة . ولما كانت أجزاء الماء أخف من أجزاء الأرض وقف الماء فوق الأرض . ولما كانت أجزاء الهواء أخف من أجزاء الماء صار الهواء فوق الماء .

ماذا أضاف المسلمون والعرب للمعرفة الفلكية؟

١- ابتكر العرب آلة "ذات الأوتار" لتحديد الزمن في العروض المختلفة.

٢- اخترع العرب المزاول الشمسية المتنوعة لمعرفة الزمن.

٣- اخترعوا أنواعاً من البوصلة.

٤- طور العرب آلة الاسطرلاب .

٥- اختراع آلة ذات السمت والارتفاع لتحديد زوايا الارتفاع ومعرفة ارتفاع السمت.

٦- تصحيح أخطاء بطليموس الفلكية ومن الذين قاموا بهذه التصحيحات ثابت بن قرة.

٧- اقترضت اللغات الأوربية مئات الأسماء العربية للنجوم والكواكب.

. علماء الفلك في عصر النهضة وبعده وولادة علم الفلك الحديث :

لم يكن علم الفلك الحديث وليد يوم وليلة .بل كان تطوراً باتجاه القوانين المحسوسة بدل الفلسفة والغيبيات .وقد قاد هذاالاتجاه الحديث كل من نيكولا كوبرنيك وتيكو براهي وجوهانس كبلر وغاليليو غاليليه واسحق نيوتن .

- <u>نيكولا كوبرنيك</u> : (<u>Nicolaus Copernicus</u>) يعد هذا الفلكي البولندي أول عالم فلكي عظيم برز بعد العصور الوسطى ، عاش فيما بين (١٤٧٣م . ١٥٤٣م) .اقتنع بأن الأرض ليست إلا كوكباً كأي من الكواكب الخمس الأخرى المعروفة آنذاك وبيّن منذ عام ١٥٠٨ أنه ويمكن شرح حركة القبة السماوية على خير ما يرام بدوران الأرض . وعلى أساس ذلك أعاد تخطيط المنظومة الشمسية . على أساس الشمس في المركز تدور حولها الكواكب وفق الترتيب التالي : عطارد . الزهرة . الأرض . المريخ . المشتري . زحل . فاعتق علم الفلك من فكرة ثبات الأرض وكونها مركزاً لكل التحركات حولها .

وعاد للارتباط بالماضي بوضع الدوائر التي تمثل المدارات للكواكب . ولما لم يستطع الربط بين فكرته هذه وواقع حركة الكواكب حول الشمس لجأ إلى فكرة بطليموس المتمثلة بالدوائر الثانوية السطحية على المدارات (لأن حقيقة المدارات الاهليليجية لم تكتشف إلا في عهد كبلر) وبذلك لجأ إلى الفلسفة لتبرير وجهة نظره كسابقيه قائلاً ... تقف الشمس في الوسط . لتستطيع من هذا المكان المقدس الجميل أن تنير الجميع بآن واحد . وهل هناك مكان أفضل منه ؟ وقد وضح هذا كله بالتفصيل عام ١٥٣٤م في كتابه الشهير بعنوان : " في دورات الأجرام السماوية " وفي الوقت الذي كانت فيه أفكار كوبر نيك الثورية تطبع، كان كوبرنيك مستلق على فراش الموت دون أن يدري بالإتهامات التي وجهت لأتباعه . إذ اعتبرت اكتشافاته هرطقة وكلفت واحداً من اتباعه ، على الأقل ، حياته . فقبض على جيوردانو بورنو وأحرق على الخشب عام ١٦٠٠ لعدم

تنكره لنظرية كوبر نيك . أما لوثر فكان يصيح في مواعظه: هذا المجنون سيقلب علم الفلك برمته رأساً على عقب .

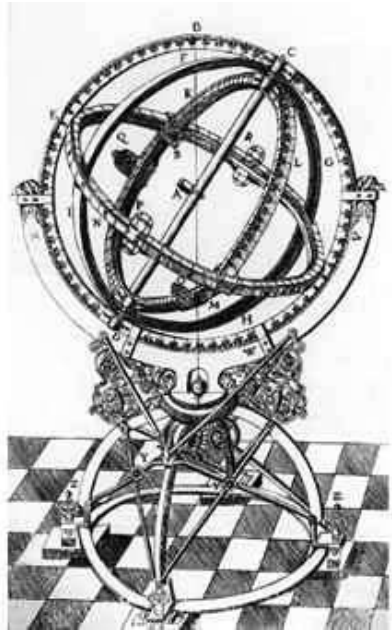
– **تيكو براهي** Tycho Brahe (١٥٤٦ . ١٦٠١م) : ولد بعد ثلاثة أيام من وفاة كوبرنيك ، من أسرة دانمركية نبيلة ، اهتم بالفلك منذ رؤيته لكسوف الشمس الذي تنبأ به الفلكيون . فألح على الملك فريد ريك الثاني لتشييد مرصد على جزيرة هفين (Hveen) (شكل ٢ . ١٣) ، التي يرأسها قرب كوبنهاغن . فخطط هناك وبنى علامات Pointers ' استعملها للقيام بقياسات منظمة لمواضع الأجرام السماوية . وكانت هذه الأرصاد ، وبخاصة تلك التي تتعلق بالمريخ أثمن ما قدمه للتراث الفلكي . ومما يدعو للاستغراب ، أن تكون المعطيات التي رصدها بغية مجابهة وجهة نظر كوبرنيك ، قد استعملت بدل ذلك فيما بعد لدعمها . إذ أن الصعوبات التي وقفت في وجهه لتفسير عدم التمركز في مدار المريخ أوصله إلى فكرة عدم وجود تكافؤ في المسار الدائري وبالتالي إلى إكتشاف المدارات الإهليليجية فيما بعد .

وبعد وفاة راعيه (ملك الدنمارك) ، أجبر تيكو براهي على ترك مرصده . وربما كان ذلك بسبب غطرسته على الملك الجديد . فانتقل إلى براغ ومعه بعض آلات رصده



، وعمل هناك حتى عام ١٦٠٠م ، تعرّف بعدها (قبل عام من وفاته) على مساعد نشط شاب هو جوهانس كبلر . الذي احتفظ بأرصاد تيكو واستعملها في دعم اكتشافاته .

شكل(٩) مرصد تيكو براهي وقد رسم في هذه الورقة التي يعود تاريخها إلى عام ١٥٩٨م. ويبدو براهي الدنماركي جالسًا خلف آلة الربعية الكبيرة الخاصة به. وهي آلة يتم قياس وساطتها ارتفاع الجرم السماوي



شكل(١٠) اسطرلاب تيكو براهي

- **<u>جوهانس كبلر</u>** (١٥٧١ - ١٦٣٠م) : إذا عددنا كوبرنيك كمخلص من الفلك القديم فإن كبلر حصل على الإذن للانتقال إلى علم الفلك الحديث متسلحاً بمعطيات تيكو الدقيقة وقدرته الرياضية العالية . والأهم من ذلك : الثقة بدقة وصحة أعمال تيكو . وبذلك استطاع كبلر وضع القوانين الثلاث الرئيسة لحركة الكواكب . أنجز الأول من خلال عدم قدرته على مواءمة أرصاد كبلر للمريخ مع المدار الدائري ، ولعدم رغبته بالإذعان للقول بتضارب وخطأ أرصاده فبحث عن حل آخر ، وقادته هذه المحاولات الى اكتشاف مدار المريخ الإهليليجي الحقيقي ، وتحقق في الوقت ذاته من التوصل إلى إختلاف السرعة الدورانية للمريخ حول الشمس بطريقة تنبؤية . <u>إذ تزداد سرعته عندما يقترب من الشمس وتتناقص عندما يبتعد عنها</u> . وبعد نحو ١٠سنوات من العمل (١٦٠٩) تقدم كبلر بنظرياته بالشكل المعروفة به حالياً ، بإسم قانوني كبلر لحركة الكواكب :

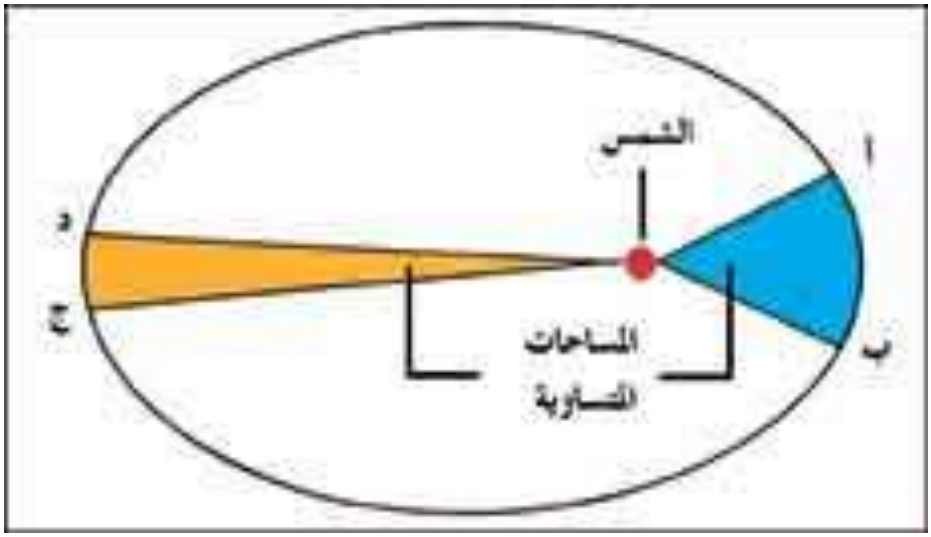
١- إن مسار كل كوكب حول الشمس هو إهليلج (قطع ناقص) تقع الشمس في أحد مركزيه (شكل ٢-١٤) . و يمكن بالمدار الإهليلجي حساب حركة الكواكب بدقة متناهية . وبذلك قضى نهائياً على فكرة المدارات الدائرية . ووضح مفهوم الدورة النجومية وهو الزمن الذي تستغرقه الكواكب السياره في مدارها للعودة إلى مكان انطلاقها .

٢- يدور كل كوكب بشكل يمسح فيه الخط الذي يصله بالشمس مساحات متساوية في أزمنه متساوية .ويشرح قانون المساحات المتساوية هذا تغيرات سرعة الكواكب على مدارها بإسلوب هندسي.

٣- وقد آمن كبلر بأن الخالق أوجد الكون منظّماً . وحاول أن يوجد له شكلاً موحداً خلال حوالي عشر سنوات من العمل . وأخيراً نشر قانونه الثالث عام ١٦١٩م تحت اسم تناسق العوالم (الكون The Harmony Of the Worlds ، وهو يربط مدة دوران الكوكب حول الشمس ببعده عنها بشكل قياسي . قدرت مدة الدورة على أساس السنة الأرضية كوحدة للزمن والبعد عن الشمس على أساس بعد الأرض عن الشمس كوحدة فلكية للمسافة تعادل حوالي ١٥٠ مليون كم . وعلى أساس هاتين الوحدتين وضع كبلر قانونه : مربع زمن دورة الكوكب حول الشمس يساوي مكعب مسافة بعد الكوكب عن الشمس :

أي أن : (زمن الدورة)٢ = (بعد الكوكب عن الشمس)٣

وبذلك يمكن حساب بُعد الكوكب عن الشمس إذا عرفت مدة الدورة والعكس صحيح .



شكل(١١) قوانين المساحات المتساوية

مثال ذلك : إذ كان بعد المريخ عن الشمس هو ١,٥٢٤ وحدة فلكية فإن مكعبها هو ٣,٥٤ والجذر التربيعي لـ ٣,٥٤ هو ١,٨٨ سنة زمن دورة المريخ . وكذلك لحساب بعد المشتري الذي يقدر زمن دورانه بـ ١١,٨٦ سنة نطبق القانون (١١,٨٦)٢ = الجذر التكعيبي لـ ٦ر١٤٠ = ٥,٢ وحدة فلكية . وفيما يلي جدولاً بالكواكب وأبعادها وزمن دورانها .

اسم الكوكب	البعد /AU وحدة فلكية	زمن الدورة/ سنة أرضية
عطارد	٠,٣٩	٠,٢٤
الزهرة	٠,٧٢	٠,٦٢
الأرض	١	١,٠٠
المريخ	١,٥٢	١,٨٨
المشتري	٥,٢	١١,٨٦
زحل	٩,٥٤	٢٩,٤٦
اورانوس	١٩,١٨	٨٤,٠١
نبتون	٣٠,٠٦	١٦٤,٨
بلوتو	٣٩,٤٤	٢٤٧,٧

ورغم مهارة كبلر في شرح هذه الحركات الاهليليجية إلا أنه لم يستطيع تحليل القوى المساهمة في هذه الحركات و المسببة لها تاركاً ذلك للعالم اسحق نيوتن بعده .

. **غاليليو** غاليليه Galileo Galilei (١٥٦٤م _١٦٤٢م) :

كان اعظم العلماء الإيطاليين في عصر النهضة . عاصر كبلر وأحبه ودعم بقوه نظرية كوبر نيك الخاصة بالمنظومة الشمسية . كان شرحه لسلوك الأجرام المتحركة من أهم إسهاماته العلمية. استمد ذلك من تجاربه وأسلوبه في استخدامها للوصول إلى القوانين الطبيعية . وتعد تجربته من أعلى برج بيزا في روما لإثبات عدم تأثير اختلاف

الوزن على سرعة التساقط من أشهر أعماله . وأكد أن سبب الإختلاف في السرعة يرجع إلى مقاومة الهواء للأجسام الخفيفة جداً . وأقد أثبتت التجارب على سطح القمر فيما بعد أن المطرقة والريشة الساقطتان من إرتفاع واحد يصلان إلى الأرض في وقت واحد ولهما السرعة ذاتها .

يضاف إلى ذلك أن الإكتشافات السابقة لغاليليو كافة ، تمّت بدون الإستعانة بالمرقاب (المقراب)(Telescope) . وما أن سمع في عام (١٦٠٩م) بإمكانية إيجاد منظومة لتكبير الأشياء بالعدسات من قبل أحد صانعي العدسات الألمان ، حتى قام بذاته بإنجاز مقرابه الذي كان يضخم الأشياء ويقربها بما يعادل (٣) أضعاف . ومن ثم عمل مقرابا آخر يضخم الأشياء (٣٠) مرة . وبذلك أصبح غاليليو قادراً على رؤية الكون بأسلوب جديد كلية . وحقق عدة اكتشافات هامة تدعم وجهة نظر كوبرنيك حول الكون . نذكر منها مايلي :



شكل(١٢) مقراب غاليليو

١- اكتشف (٤) توابع (أقمار) تدور حول المشتري ، وحدد بدقة زمن دورتها التي تتراوح مابين يومين و١٧ يوم ، فقضى بذلك على الفكرة القديمة القائلة بأن الأرض هي المركز الوحيد للحركة ، وعارض وجهة نظر المعارضين لمركزية

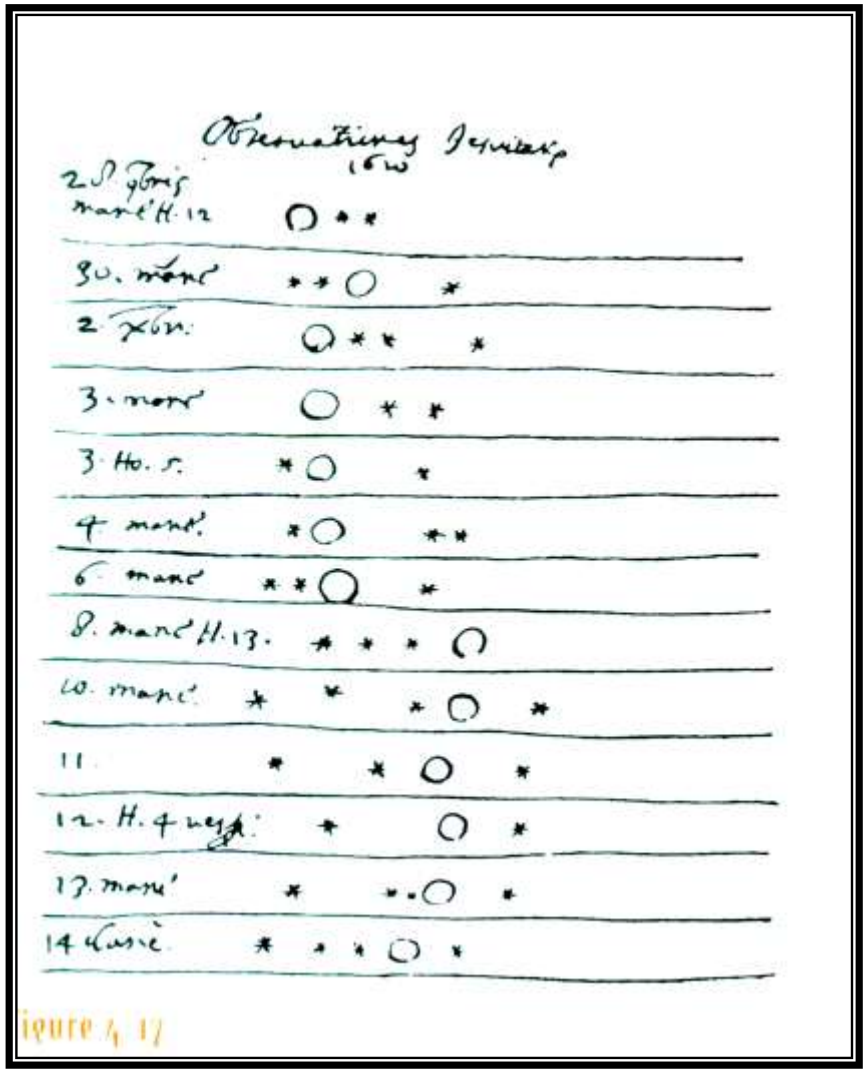
الشمس في المنظومة الشمسية والقائلة بأن القمر سيبقى في الخلف إذا كانت الأرض تدور حقاً حول الشمس .

٢- كان قادراً على رؤية الكواكب كأقراص دائرية عوضاً عن مجرد نقطة ضوئية ، مما يشير إلى شبهها بالأرض

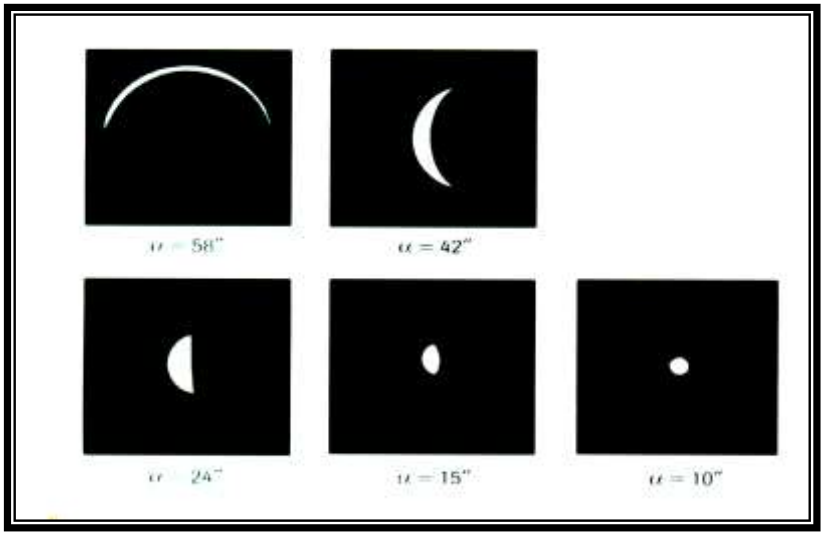
٣- إن شبه أطوار الزهرة بأطوار القمر يؤكد دوران الزهرة حول الشمس بينما لا تسمح آراء بطيلموس إلا برؤية الزهرة من الأرض على شكل هلال . كما رأى أيضاً تناقص حجم الزهرة وهو في حالة البدر (اكتمل شكله) وابتعاده عن الأرض.

٤- أعطى المقراب صورة واضحة عن سطح القمر فرأى جبالاً وسهولاً وفوهات بركانية بدلاً من سطح زجاجي صقيل كما توقع الأقدمون وقررته الكنيسة.

٥- شاهد غاليليه البقع الشمسية وتطورها . وقد أدى رصده الطويل لها إلى تخريب عينيه والعمى . إذ كان قادراً على تتبعها وتقدير فترتها دون الشهر ما لم يكن هناك جرم سماوي آخر يشوه الحركة الدورية



شكل(١٣)تـ وابع المشتو ي الأربع الرئيسة كعطـ ورها غاليلي ومعهـ واعيدها



شكل(١٤)ط واو وكب الزهرة كما يرى من الأرض (يأخذ حجمه الأصغر عندما يكون بدراً بسبب بعده في الطرف لأخر من مداره ول الشمس بينما يأخذ في الحالات الأخرى شكل هلال)

٦- وفي عام ١٦١٦ اتهمت الكنيسة الرومانية نظرية كوبر نيك بمعاداتها للمقدسات . وطلب إلى غاليليو إنكارها . ونظراً لعدم رغبته في قبول هذا الحكم الكنسي . بدأ غاليليو بكتابة أشهر أعماله : حوار منظومات العالم الضخمة (Dialogue of the Great World System). وبالرغم من تهالك صحته ودنو أجله استكمل مشروعه . وفي عام ١٦٣٠ ذهب إلى روما ليطلب الإذن بطباعته من البابا أوربان الثالث . وبما أن الكتاب أخذ شكل محاورة تفسر كلا النظريتين الكوبرنيكية والبطلمية فقد سمح بطباعته . غير أن أعداء غاليليو أسرعوا للوشي به مؤكدين أن كتابه يرفع منزلة وجهة النظر الكوبرنيكية على حساب المنظومة البطلمية . فأوقف بيع كتابه واقتيد إلى للمحاكمة وقضي عليه بالإقامة الجبرية في منزله حتى وفاته بعد ١٠ سنوات . وبالرغم من إقامته المحددة وتقدمه في السن وحزنه الشديد على وفاة ابنته الكبرى ، ثابر غاليليو على عمله حتى أصبح أعمى تماماً عام ١٦٣٧ .

ومع ذلك أكمل في بضع السنوات المتبقية من حياته معظم أعماله العلمية : كتاب عن دراسة الحركة ، الذي صاغ فيه قوانينه التاريخية للعطالة نذكر منها :

. كل جسم يبقى بحالته الطبيعية ما لم يؤثر عليه مؤثر .

. الجسم المتحرك المعزول يتحرك بسرعة ثابتة دوماً ودونما أي تغيير .

- اسحق نيوتن Sir Isaac Newton (١٦٤٣ . ١٧٢٧) : لقد اهتم نيوتن بتحديد القوة التي تمنع الكواكب من المسير بخط مستقيم في الفضاء بعد أن علل نيوتن مفهوم المحافظة على استمرارية القوة في الفضاء . فانتهى إلى مفهوم الجاذبية وقانونها . واستطاع وهو شاب في سن الـ ٢٣ أن يكتشف قوة تمتد من الأرض عبر الفضاء لتمسك بالقمر في مداره حولها . ورغم أن آخرين افترضوا وجود قوة كهذه ، إلاّ أن نيوتن كان أول من وضع معادلتها كقانون تجريبي على مستوى الجاذبية الكونية التي تعني : أن أي جسم في الكون يتجاذب مع جسم آخر بقوة طردية تعادل كتلة كل منهما وقوة عكسية تتناسب مع مربع البعد (المسافة) بينهما . وهكذا تتناقص الجاذبية مع البعد .

ويؤدي ابتعاد جسم ٣ أضعاف المسافة السابقة التي كان عليها إلى تناقص الجاذبية إلى الـ ١/٩ بدلاً من الـ ١/٣ . كما تزداد الجاذبية حسابياً طرداً مع تزايد الكتلة ، التي تحسب عادة على أساس وزنها عند مستوى سطح البحر على الأرض :

قوة الجاذبية المتبادلة = عدد ثابت = الكتلة الأولى× الكتلة الثانية /(البعد بينهما)[٢]

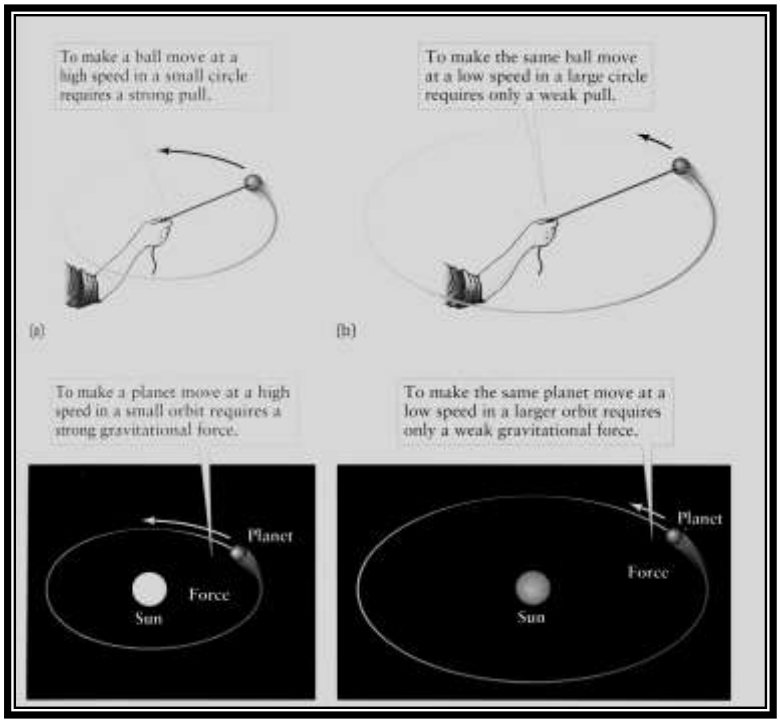
وكمثال على تغير جاذبية الكتلة يشار إلى أن الإنسان الذي يزن ٩٠ كغ على سطح الأرض يصبح وزنه ١٥ كغ على سطح القمر وذلك لهبوط قدرة جاذبية القمر إلى الـ ١/٦ تبعاً لنسبة كتلة القمر إلى الأرض وعلماً بأن كتلة الجسم لا تتغير .

وأثبت نيوتن أيضاً أن قوى الجاذبية تتحد مع قوة عطالة الكوكب التي تعمل على بقائه في خط حركة مستقيم . وتنتج مداراً إهليليجياً سبق تحديده من قبل كبلر . وتقدر سرعة الأرض في حركتها ضمن مدارها بـ ٣٠ كم/ثا . كما تجذبها الشمس خلال الثانية ذاتها بمقدار ١/٢ سم . وبذلك أثبت نيوتن بالأرقام كيف يتحدد مدار الأرض حول الشمس من تجمع حركة الأرض إلى الأمام من جهة وقوة جذب الشمس لها من جهة أخرى .

---

١ – العدد الثابت عند نيوتن: ٦,٦٧×(١٠ ^ ٨ سم /غ /ثا

وإذا ما توقفت جاذبية الشمس بأعجوبة ، تحركت الأرض بخط مستقيم في الفضاء . أما إذا توقفت حركة الأرض باتجاه الأمام فإنها ستتجه مباشرة لتسقط على الشمس بسبب جاذبية الأخيرة .



شكل(١٥) حركة كوكب في مداره محصلة للجاذبية ومسار العطالة

وهذا ينطبق أيضاً على تبادل الجاذبية بين الأرض والكواكب الأخرى مما يجعل مدارها حول الشمس اهليلجياً مشوهاً (وهو ما قرره كبلر). ويطلق على تشويه حركة النجوم والكواكب بهذا الأسلوب اسم Perturbation . وكمثال على ذلك نذكر أن جاذبية المشتري تجذب زحل بما يكفي لتقليل فترته الدورانية حول الشمس حوالي أسبوع واحد عن الفترة المقررة نظرياً كما سنرى ... إذ قاد تطبيق هذا المبدأ إلى اكتشاف الكوكب نبتون بسبب جاذبيته وتأثيره على مدار أورانوس .

واستعمل نيوتن هذا المبدأ لإعادة تحديد قانون كبلر الثالث الذي يعتمد العلاقة بين زمن الفترة الدورانية حول الشمس للكواكب وبين المسافة التي تفصلهما عن بعضهما ، وضمنها كتلة الكوكب إذا عرف أحد توابع الكوكب . وبذلك عرفت كتلة الشمس من

خلال حساب مدار الأرض حولها . وحددت كتلة الأرض من خلال مدار القمر حولها . كما يمكن تحديد كتلة الكواكب التي لا قمر لها من خلال تأثيرها على مدارات الكواكب المعروفة المجاورة لها ، أو من خلال أي تابع صنعي.وتحسب الكتلة كما يلي :

الكتلة = ١٢,٥ (بعد التابع) ^{٣} / الجاذبية (زمن فترة الدوران) ^{٢}

وقد تأكدت هذه التقديرات مع معطيات أجهزة السبر الفضائية الحديثة. ولنيوتن الفضل في تعميم ، ما صاغه غاليليه حول مبدأ العطالة ، على كل الأجسام على الأرض وفي الفضاء في إطار قوانينه المعروفة :

١- يبقى الجسم الساكن ساكناً والجسم المتحرك متحركاً في اتجاهه المبدئي ومحافظاً على سرعته ما لم تؤثر في أي منهما قوة أخرى .

٢- وفي حالة تأثر الجسم بقوة أخرى وجب أن تكون هذه القوة متناسبة مع كتلة الجسم لتعطي التأثير المطلوب الذي غالباً ما يتجسد في تغيير السرعة كما يلي :

القوة المؤثرة = الكتلة × التأثير المطلوب (تغيير السرعة)

وقد ساهم هذا القانون في كشف النجوم المزدوجة المرافقة غير المرئية وتقدير كتلتها وبخاصة النجم الأبيض رفيق نجم الشعرى اليمانية .

٣- كما تعرض نيوتن لمبدأ الفعل ورد الفعل المتساويان والمتعاكسان ويتمثل في العلاقات المتبادلة فيما بين النجوم . وبخاصة فيما بين الجاذبية وسرعة الانفلات .

. شارل ميسيه Charl Missier (١٧٣٦ . ١٨١٣) :

صنف النجوم وغناقيدها والسدم والمجرات في موسوعة مصورة وربط كل جرم من الأجرام السماوية برقم معين إضافة إلى الحرف الأول من كنيته (M) .

وكمثال على ذلك يشار إلى نواة المجرة الراديوية الهائلة التي يحتمل أن تكون ثقباً أسود وتعادل كتلتها خمس مليارات شمس وقد أخذت عند ميسيه الرمز (M 87) كما أخذت مجرات أخرى رموزاً أخرى مثل (M81 و M82)

. يوحنا إلرت بودي J.E.Bode (١٧٤٧ . ١٨٢٦) :

فلكي ألماني استلم إدارة مرصد برلين عام ١٧٨٠ . وكان قد سبق له أن بدأ في عام ١٧٧٤ بإصدار الكتاب السنوي الفلكي لبرلين . وبناء على خبرته التجريبية توصل إلى تقدير أبعاد الكواكب عن الشمس تبعاً لمرتبة تتالي توضعها الحسابي في مداراتها حول الشمس والتي تبدأ من الصفر . وقد كتب الأعداد من العدد الثاني يضربها بالعدد ٢ كما يلي :

(٠ . ٣ . ٦ . ١٢ . ٢٤ . ٤٨ . ٩٦ . ١٩٢ . ٣٨٤)

وأضاف لكل عدد العدد ٤ ثم قسمها على ١٠ فأصبحت قريبة جداً من الواقع كما يلي :

(٠,٤ . ٠,٧ . ١ . ١,٦ . ٢ . ٣ . ٥,٢ . ١٠ . ١٩,٦ . ٣٨,٨)

وقد ظهر من هذا الحساب وجود رقم جديد ٢,٨ دل على مسار الكويكبات . غير أنه أخطأ في حساب بعد نبتون الحقيقي الذي هو ٣٠،١١ بدلاً من ٣٨،٨ والذي يناسب إلى حد ما بعد بلوتو ٣٩،٦ كما يمكن تطبيق المبدأ المذكور بالصورة التالية :

بعد الكوكب / وحدة فلكية = ٣ × ٢ (رقم الكوكب المتسلسل – ٢) + ٤
١٠

وكمثال تطبيقي نأخذ المشتري رقم ٦ كما يلي

بعد المشتري / وحدة فلكية = ٣ × ٢ (٦ – ٢) + **٥,٢= وحدة فلكية**
١٠

- جوزف فراون هوفر: Joseph Von fraun hofer فيزيائي ألماني ولد في شتراوبيغ (بافاريا= بايرن) عام ١٧٨٧م وتوفي في ميونخ ١٨٢٦ استحق لقب أستاذ في جامعة ميونخ عام ١٨٢٣ لإنجازاته العلمية التطبيقية في الضوئيات والعدسات . صمم لعدة مراصد فلكية في ألمانيا مَراقب مقربه لونية للنجوم ذات قدرة تكبير عالية . وكذلك المّراقب التي تحدد زاوية انزياح النجم (زاوية المطابقة) واكتشف مقياس أشعة الشمس Heliometer . كما حسّن عدة أجهزة رصد فلكية . واكتشف الخطوط القاتمة في الطيف الشمسي المنسوبة له Fraunhofer lines ، وكذلك الحواجز المنحنية أو شبكة

المنحنيات Beugungsgitter التي قاس بها لأول مرة بدقة طول موجات الطيف .(شكل ٢-٢-٢) . وقد قدر الانزياح في أطوال الموجات كما يلي :

انزياح الموجه = طول الموجه المنزاحة (سرعة الجسم المطلق للموجة)

سرعة الموجة ذاتها

. البرت اينشتاين Elbert Einstein

فيزيائي ورياضي وفلكي ، ولد في أولم بألمانيا عام ١٨٧٩، وتوفي في الولايات المتحدة عام ١٩٥٥ م ، له برج باسمه في مرصد بوتسدام الفلكي بجوار برلين ، شُيّد مع مرقاب برجي لرصد الشمس فيما بين عام ١٩٢٠ ، ١٩٢٤.

أدخل عام ١٩٠٥ من خلال نظريته النسبية الخاصة نظرية كوانتا الضوء (الفوتونات) التي مفادها : أن الطاقة في كل إشعاع تواتره (ت) مركزة في كوانتم قيمته (ت × ٦،٥٤ ×١٠ ⁻٢٧ أرغه/ثا

أي ثابت بلانك كما أثبت من خلال أبحاثه معادلته الشهيرة :

طاقة نقطة مادية ضمن عتبه معينة = الكتلة × (سرعة الضوء)٢ .

أي أن كل جسم مادي ذا كتلة سكونية تقابله بالضرورة طاقة تساوي جداء كتلة مع مربع سرعة الضوء . وكان كذلك بعد اكتشافه لبنية الكوانتم الخاصة بالأشعة الكهرومغناطسية التي قدم على أساسها نظريتة الكمية (الكوانتية) :

أما نظريته النسبية العامة التي نشرها عام ١٩١٥ فقد أبرزت العلاقة بين الجاذبية الثقلية والحركة وبنية الكون بالنسبة لعنصري الزمان والمكان ومن ثم أجرى تجاربه على نظرية الحقل الموحد من الجاذبية الثقلية والكهروديناميك والقوى الكهرطيسية .

وقد كان لدراساته هذه دور واضح في تفسير بنية الكون ونتطوره وفي تفسير الطاقات الحرارية والضوئية والإشعاعية الأخرى من النجوم والمجرات . ووضع الدساتير لتوضيح ظاهرة زيغ النجوم عند من يرصدها. استحق جائزة نوبل عام ١٩٢١ على

. قام الفيزيائي للانك Planck بحساب عدد الثابت هذا على أساس أ نالهزازات الالكتو ونية المشؤ وله في داخل الذرة نا صدارالأشعاع وإمتصاصه لا يك نأ نتصدر الطاقة الإشعاعية الأعلى شكل كميات منتهية أ ي على شكل وإتنات تتناسب قيمتها نالد واتر المبؤ وت.

شروحه للفعالية الكهرضوئية و على تطويره للنظرية النسبية وهذا ما غطى على دوره في تفسير المظاهر الفلكية في الكون وتحليلها .

عاصره عدد كبير من الفيزيائيين في ألمانيا مثل ماكس بلانك وبولتزمان وفيلهلم فين وقد ساهموا جميعاً في تطوير الدراسات للإشعاعات الصادره عن النجوم والشمس وتقويمها في المراصد الفلكية على الأرض . وقد أغنت النظرية الكوانتية (الكمية) في أوائل القرن التاسع عشر المعرفة في الفيزياء الكونية بشكل كبير . إذ أكدت على أن انبعاث الضوء وامتصاصه كطاقة يتمان بشكل كمي . كما لا تتساقط الالكترونات في النواة لامتلاكها أقّل قدر من الطاقة لا يمكن انقاصه . وهي في هذه الحالة تناظر حالة السكون التام في الطبيعة (نقطة الصفر للحركة) . كما تربط هذه النظرية طول الموجات الراديوية بكثافة الطاقة (الكترون فولد / سم٣ / سم) عند درجة حرارة (٣ درجات ك مطلقة K^{o}) وهي تتناسب بخاصة مع الأجسام السوداء . وإذا مازادت الحرارة بمقدار (ح) مثلاً نقص طول الموجه بمقدار (١ / ح) كما تزداد الطاقة بنسبة (ح) . وعليه فان موجة إشعاع طولها ٣مم عند درجة حرارة(١ك = مطلقة K^{o})

٣مم

يصبح طولها عند درجة حرارة (٢٧درجة مئوية) ---------- =١٠ر٠ مم

K^{o} ٣٠٠

وبذا يمكن فهم سلوك الإشعاع في الشمس على الأرض وفي كون يتوسع . وقد صاغ اينشتاين على ضوء ذلك فرضيته التالية : تتناسب طاقة كل فوتون عكساً مع طول الموجة .

فإذا كان طول موجة فوتون ما ٧،٣٥ سم وطاقته ٠،٠٠٠٠٠١٧ إلكترون فولط فإن الفوتون المرئي الذي طول موجته (٥×١٠) -٥ سم يعطي طاقة قدرها ٢،٥ الكترون فولط . علماً بأن الالكترون فولط الواحد يقدر بـ ١،٦٠٢ × (١٠) $^{-١٢}$ أرغه أو ١،٦٠٢ × (١٠) $^{-٩}$ جول .

كما تتغير كثافة الطاقة في واحدة الحجم تبعاً لطول الموجه . وتصل الطاقة في التفاعلات النووية إلى زيتة مليون الكترون / فولط لكل نواة ذرية . وعليه قدرت كثافة

الطاقة في بداية الكون (١٠) [١٢] ضعف ماهي عليه الأن كما كان الكون أصغر بـ (١٠) [٣] مرة . إن توليد الجسيمات الجديدة بحاجة إلى تخطي الإشعاعات للعتبة وبالتالي يولد تصادم فوتونين تجاوزت طاقتهما العتبة زوجا الكترون / بوزيترون . كما يؤدي انشطار نيوترون طليق إلى تكون الكترون وبروتون .

. إدوين هابل (هبل) Edwin Powcll Hubble

ولد عام ١٨٨٩ في ولاية مونتانا بالولايات المتحدة الأمريكية ، حصل على شهادة المحاماة ثم على الدكتوراه في الفلك عام ١٩١٧ . وضع قانونه الشهير الخاص بحركة الأجرام السماوية وسرعة ابتعادها عن بعضها على أساس المسافة التي تفصل بين الجرمين السماويين أو الجسمين الكونيين(باعتماد وحدة المسافة : مليون سنة ضوئية) وجداء هذه المسافة بعدد ثابت هو ثابت هبل والمقدر بـ ١٥ كم/ثا وهو باختصار .

سرعة ابتعاد الأجرام عن بعضها كم / ثا = المسافة بينهما / سنة ضوئية × ثابت هبل (١٥)

وقد كان لقلنونه هذا دور كبير في نظريات تطور الكون لا سيما أن هذا القانون يشير إلى اتجاه الكون نحو التوسع . وقد وضع هبل قانونه هذا بعد أن لاحظ من خلال رصده للنجوم انزياح خطوط طيفها نحو الأحمر بأشكال متفاوتة . ولهذا العالم الفضل في كشف أعداد هائلة من المجرات في هذا الكون بعيداً عن إطار مجرتنا (درب التبانه) . كما كشف عن الميزات والنظم الخاصة بكل مجرة على حده والعلاقات فيما بين محموعات المجرات المتجاورة ... ونشر في عام ١٩٣٦ كتابه الشهير : أمبراطورية السدم والمجرات .

الفصل الثالث: تجهيزات الرصد الفلكي ومقومات دراسة علم الفلك

هي أساس البحث العلمي الدقيق في الماضي والحاضر ، وتد تطورت مع تطور العلوم ووصلت أوجها في عهد التقنيات الحديثة . وفيما يلي لمحة مبسطة عنها في **مرحلتين رئيستين : <u>الأولى</u>** أيام العرب المسلمين وما قبلهم في العصور الوسطى وما

قبلها. **والثانية** فيما بين عصر النهضة واليوم لاسيما بعد اكتشاف المقراب (Telescope) أو المرقاب .

أولاً : أجهزة الرصد التاريخية وبخاصة العربية الإسلامية : استعملت قبل اختراع المقراب الأنبوبي واستعماله . وتعد مراصد أبراج النجوم الدائرية المشيدة من أقدمها وكذلك :

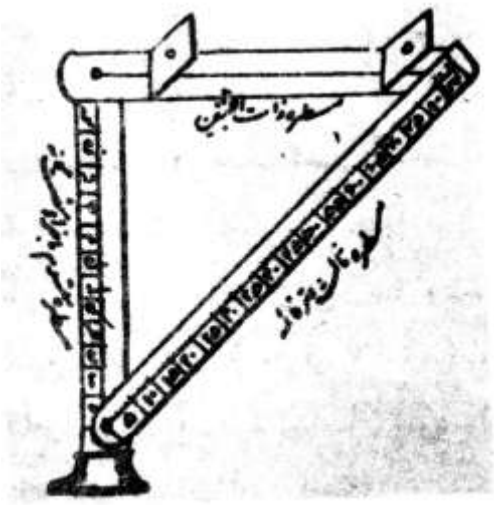
١ . الزاوية أو العضادة (Gnonmon): التي تتكون من عضادة قائمة ، يحدد الزمن بطول ظلها واتجاهه ، تعلوها كرة لتوضيح الظل . استعملها الكلدانيون كساعة شمسية . ثم أخذها عنهم اليونانيون وأسموها Skaphe أو Heliotrop (مدار الشعاع الشمسي) .

٢ . المثلث(Triquatrum) أو ذات الشعبتين سميت هذه الأداة في القديم المسطرة الزاوية . وتتكون من ثلاثة مساطر (أضلاع) مدرجة على كرسي يمكن من خلالها رصد زاوية ارتفاع النجوم في القبة السماوية ، واختلاف منظر القمر . جهزت إحدى المساطر بعارضتين صغيرتين فيهما ثقبين متقابلين لتحديد دقة اتجاه الرصد.

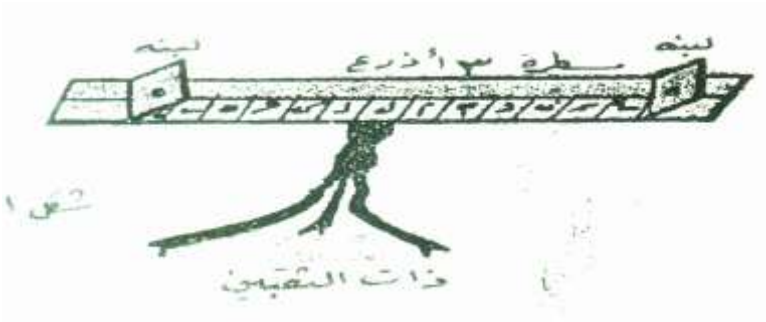
٣ . مسطرة ذات الثقبين : يزيد طول المسطرة عن ثلاثة أذرع . تعلو مقدمتها ومؤخرتها لبنتان خشبيتان مثقوبتان تتيحان رصد أقطار الكواكب المرئية

٤ . اللبنة : أشبه بمنقلة (نصف دائرة مدرجة) أثبت في مركز دائرتها بروز يتحرك . يوجد مابينه وبين نصف الدائرة مؤشر يدل على ميل الأرض والنجم الكلي، ويمكن بوساطتها معرفة درجة عرض البلد على الأرض ودرجة عرض النجم في القبة السماوية وأبعاد الكواكب.

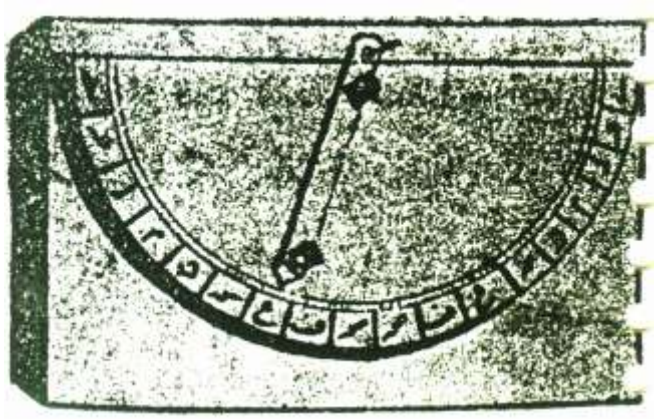
. انظر قو يط وؤ ن : تراث العرب العلمي في الرياضيات والفلك . نابلس ود . علي عبد الله الدفاع : أثر علماء العرب والمسلمين في تطور علم الفلك . الظهران ١٩٨١.



شكل (١٦)المثلث(**Triquatrum**) أ وذات الشعبتين

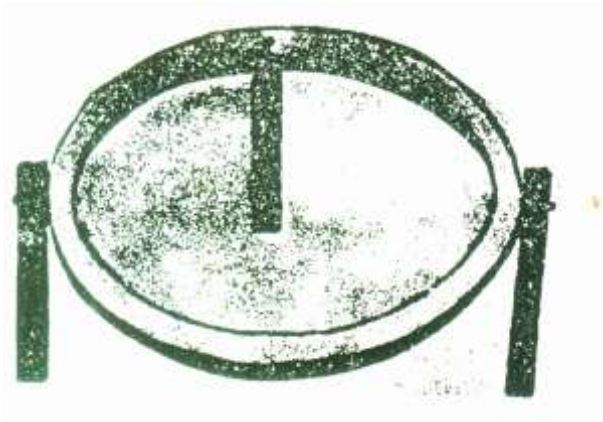


شكل (٧ ١) مسطرة ذات الثقبين



شكل(١٨) اللبنة

٥ . الحلقة الإعتدالية : حلقة تُنْصَب فوق مركز قرص تحيط به دائرة المعدل لتحديد أطوار التحويل الاعتدالي .



شكل(١٩) الحلقة الاعتدالية

٦ . الحلقتان : حلقتان دائرتيان مدرجتان متداخلتان ، قابلتان للحركة تستخدمان لتحديد الميل الكلي (الزاوي) للنجوم وعرض البلاد.

٧ . الحلقة الأفقية الشاملة : تتمثل بدائرة أفقية مدرجة (دائرة أفق) وأخرى متعامدة قابلة للحركة (دائرة ارتفاع) تستخدم لرصد جهة الكواكب وسعة الشرق والغرب . وصفها ابن الشاطر بقوله : يعسر حملها ويقبح شكلها .



شكل(٢٠) ذات الحلقتين

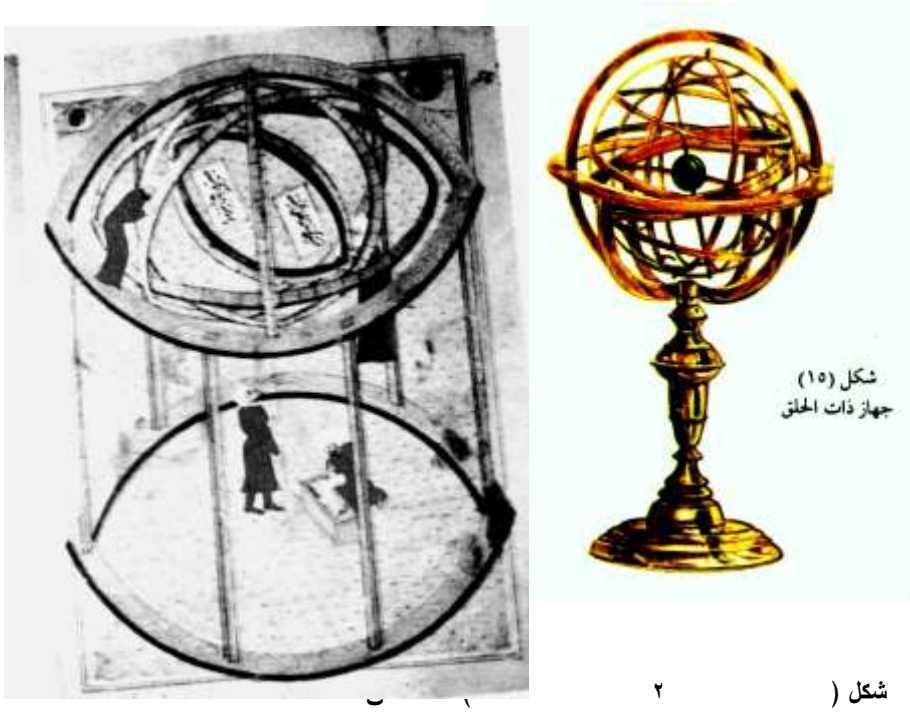


شكل(٢١) الحلقة الأفقية الشاملة

٨ . ذات الحلق (Armille = Armillary Sphere):

تخدم غرض المثلث . تتكون من خمس دوائر متداخلة معلبة بعضها مع بعض ، منتظمة بإحكام ، ذات عينية وشعيرة لرصد الهدف . وقد وضعت الدوائر على أساس أن القرص الأساسي يمثل الكرة السماوية . وهي معروفة لدي فلكيي اليونان وأهم أجزائها هي دائرة (حلقة) فلك البروج . حلقة الميل تحل محل الماره بالأقطاب . حلقة الدائرة الشمسية الطول الكبرى . حلقة الطول الصغرى . حلقة نصف النهار . حلقة العرض بقدر حلقة الطول الصغرى وتوضع على كرسي .

طوّر العرب صناعتها وزادوا عليها مضموناً ودقة وحجماً حتى بلغ قطر حلقاتها النحاسية المدرجة ٣،٥ م .



شكل (٢

شكل(٣ ٢) رسم لفلكيي الحضارة الاسلامية وهم يرصو ن بذات الحلق

٩- الأسطرلاب (Astrolobium): يعني باليونانية مرآة النجوم ، وقد عرف أيام أبرخس ، أستاذ بطليموس ، وقد استعمله العرب المسلمون أيام الخليفة المنصور، وله عدة أشكال : خطي ومسطح وكروي وزورقي وموشوري .ويعد الأخير أكثرها دقه .

آ . الأسطرلاب الخطي : وضعه المظفر الطّوسي في الخدمة سنة ٦١٠هـ (١٢١٣ م) ، وسمي عصا الطوسي . وسماه الأجانب عصا يعقوب ، باعتباره يشبة مسطرة الحساب . تشير النقط المعلمة على العصا إلى الصعودات المستقيمة والمائلة (أحداثيات النجوم) كما تشير إلى أقسام دائرة الكسوف والمقنطرات . ترتبط بها أسلاك أو خيوط تصلح لقياس الزوايا . ويقع على السطح المستوي لهذا الاسطرلاب مسقط اسطرلاب عادي للكرة المسطحة ويتمثل في العصا خط تقاطع خط الهاجرة . ويمكن بهذا الاسطرلاب إجراء العمليات المعروفة بالاسطرلاب المسطح بدقة مشابهة .

ب . الاسطرلاب المسطح : يتمثل فيه مسقط القبة السماوية على قرص ويتضمن الصفائح التالية :

ـ صفيحة مستديرة ذات حافة تطلق عليها أسماء عدة مثل : الأم والكف والحجرة والطوق يسمى سطحها الداخلي (الوجه) والخارجي (القفا = الظهر) . تأخذ شكل علبة تحتوي على الصفائح الباقية

. تسع أقراص مستديرة

ـ الشبكة : وهي صفيحة مثقبة يظهر عليها فلك البروج ومواقع النجوم الرئيسية وأسماؤها .

تتصل بها شرائط معدنية متعددة الأطراف تسمى شطبات أو شظايا . تؤشر على مواقع النجوم . وبتدوير الشبكة على مركزها الذي يمثل قطب القبة السماوية

. وله ١٨ اسماً ، تم شرح ثلاث منها هنا هي : الخطي والمسطح والكروي . أما النماذج الخمسة عشر الباقية فهي كما يلي :

١ ـ التام ٢ ـ الطوماري ٣ ـ الهلالي ٤ ـ الزورقي ٥ ـ العقربي ٦ ـ الآسي ٧ ـ القوسي ٨ ـ الجنوبي
٩ ـ الشمالي ١٠ ـ المسطح ١١ ـ المسرطق ١٢ ـ حق القمر ١٣ ـ المغني ١٤ ـ الجامعه ١٥ ـ عصا موسى

الشمالي يمكن تمثيل حركة النجوم اليومية . تظهر تحت الشبكة دوائر السموت وخط الأستواء وغيرها على شكل مقنطرات (دوائرمتوازية مع الأفق) .

ـ العضادة : مسطرة تمثل قطر الظهر (القفا) ، على نهايتها لبنتان مثقوبتان. يمكن لأشعة الشمس اختراقهما سويةً . يؤخذ بها ارتفاع الشمس والنجوم .



شكل(٢٤) نماذج من الاسطرلابات المسطحة

ج . الاسطرلاب الكروي : يمكن بوساطته تمثيل الحركة اليومية للكرة السماوية بالنسبة لأفق مكان معين ويتكون مما يلي :

. كرة معدنية رسمت عليها الدائرة الكسوفية وخط الاستواء وأوضاع النجوم الرئيسة وخطوط العرض لبعض الأماكن وتقسيمات اليوم إلى ساعات زمنية وانقلابية

. الشبكة (العنكبوت) : نصف معدنية مثقبة تلامس الكرة السابقة تماماً ، تظهر منها الدائرة الكسوفية كحافة ونصف خط الاستواء و مواضع النجوم الرئيسة .

ـ صفيحة معدنية ضيقة تنطبق على سطح الشبكة. ثبت طرفها في القطب الاستوائي بينما يرتكز الطرف الثاني بشكل دائم على خط الاستواء . كما تحمل الصفيحة عقرب مثبت عليها بشكل عمودي .

. محور يخترق الكرة والشبكة والصفيحة يصل بين القطبين الاستوائيين .

ويذكر ابن الصوفي أجزاء الاسطرلاب الأحد عشر في كتابه العمل بالاسطرلاب كما يلي :

١ . العضاده ٢ . الدفتان ٣ . الحجرة ٤ . الكرسي ٥ . العروة ٦ . العنكبوت ٧ . الدائرة التامة في العنكبوت ٨ . الشظية التي هي الثابتة في وجه العنكبوت ٩ . القطب ١٠ . الفلس ١١ . الفرس . وقد نشرت إحدى الجامعات الألمانية كتاب ابن الصوفي هذا بالعربية ويقع في أكثر من ٨٠٠ صفحة . ويعد العمل بالاسطرلاب واستخدامه علماً قائماً بذاته وكذلك بالنسبة لصناعته . كما وضع له أبو الريحان البيروتي كتاباً باسم " استيعاب الوجوه الممكنة في صنعة الاسطرلاب .

د . الاسطرلاب الزورقي : استنبطه أبو سعيد السرجي وهو مبني على أن الأرض والسيارات السبع المحيرة متحركة والكرة السماوية ساكنة .

١٠ . ذات الأوتار : تتكون من أربع اسطوانات متداخلة ، حلت محل الحلقة الاعتدالية لمعرفة التحويل الإعتدالي إضافة إلى تحويل الليل .

١١ . ذات الجيب : تتكون من مسطرتين تشبهان ذات الثقبين في العمل والتطبيق .

١٢- ذات السمت والارتفاع : نصف دائرة مدرجة ، يحتل قطرها سطح اسطوانة متوازية السطوح، يحدد بها السمت والارتفاع ، وتحديد وضع الشمس والوقت واحداثيات النجوم.



شكل(٢٥) ذات السمت والارتفاع

١٣- السدس الفخري Sixtenth: استخدم كأداة ثابتة لقياس الميل الكلي (الزاوي) للنجوم بالنسبة للدائرة الاستوائية وعرض البلد من مخترعات الخجندي عام ٣٨٤ هـ (٩٩٣ م) . قاس بها الميل الكلي (شكل ٣- ١٠) .



شكل (٦

١٤ . أربـاع الـدوائر Quadratum : لهـا عـدة أشـكال ومعروفـة لـدى العـرب المسـلمين ومـن ثـم لـدى الصـينين والأوروبيـين بشـكل جيـد . يشـار منهـا إلـى : الربـع الشكازي والربع التام وربع المقنطرات والربع المجيب تتكون هذه الأداة عادة من ربع دائرة مدرجة ضخمة تستند إلى عمود ما ، ويرتبط في مركزها عمود قابل للدوران عليها يمكن بتحريكه تحديد زاوية ارتفاع النجم بدقة كبيرة . وقد رصد به تيكو براهه النجوم وسمتها بدقة متناهية .

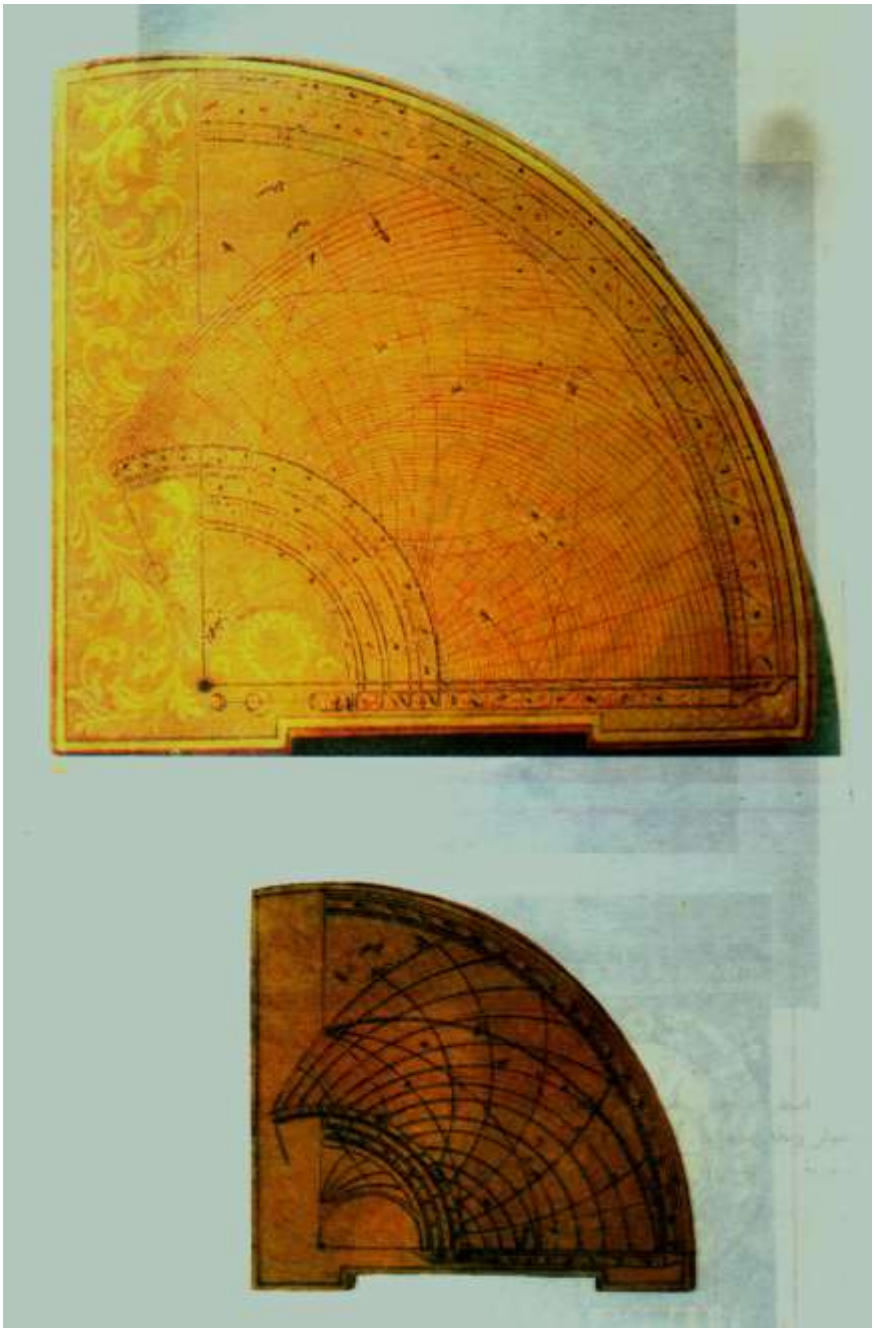
ويشار أخيراً إلى الأدوات التي استعملها ابن الشاطر الدمشقي المتوفي سنة ٧٧٧ هـ والتي لم يشر إليها فيما سبق كنموذج على كثرة الأدوات والأجهزة الفلكية التي يمكن أن نجد إشارات إليها في كتب المتخصصين وهي :

١٥ـ الربـع التـام لمواقيـت الإسـلام : وهـو أداة بسـيطة وضـعها لتحديـد الأوقـات الشرعية للصلاة على ضوء الشمس وظلها في مختلف الفصول والعروض الجغرافية . يستعملها الميقاتيون في بعض الجوامع كحلب ودمشق.

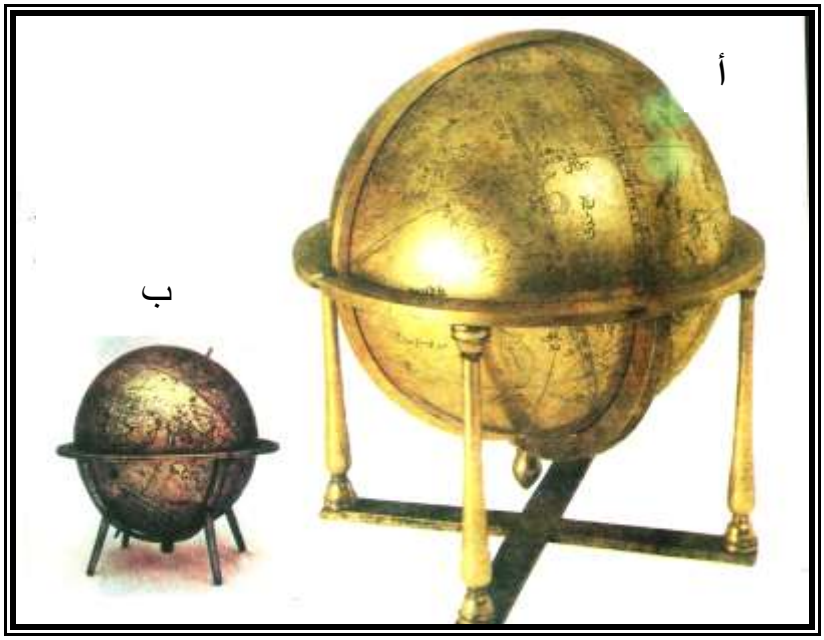
١٦ـ صـندوق اليواقيـت : آلـة فلكيـة ذات وظـائف عـدة وبخاصـة تحديـد كـل مـن الوقت واتجاه القبلة يتضمن إبرة ممغنطة لتحديد الاتجاهات على ضوئها ، كما تتضمن ساعة زواليه (شمسية) كلية ، تُمال إلى الأفق بقدر تمام عرض البلد ، ثم دائرة استوائية يقاس بها الوقت ليلاً ونهاراً ، كما تقاس بها مطالع النجوم . يوجد نموذج منها لدى مديرية أوقاف حلب.

١٧ـ البسـيط : هـو الآخـر أداة لضـبط أوقـات الصـلاة وصـنعت فـي زمـان ابـن الشاطر في منارة العروس في الجامع الأموي بدمشق . ولابن الشاطر أيضاً آلة جامعة خاصة من ابداعه (محفوظة في المكتبة الوطنية بباريس) وساعة نحاسية محفوظة في المكتبة الأحمدية بحلب . إضافة إلى اصطرلابه العجيب الذي كان يدور على الدوام من غير رحى ولا ماء ، تعلم منه الساعات المستوية والساعات الزمانية ...

١٨–الكرة السماوية : تتكون في دائرتين تمثلان مواضع احداثيات القبة السماوية وقد رسمت على الكرة صور الكوكبات (الأبراج) السماوية والأحداثيات الفلكية والأجرام السماوية تبعاً لموقعها في السماء اعتقاداً من فلكيين بكروية الكون.



شكل(٢٧)ف وذج زهـ ن أرباع الد وائر

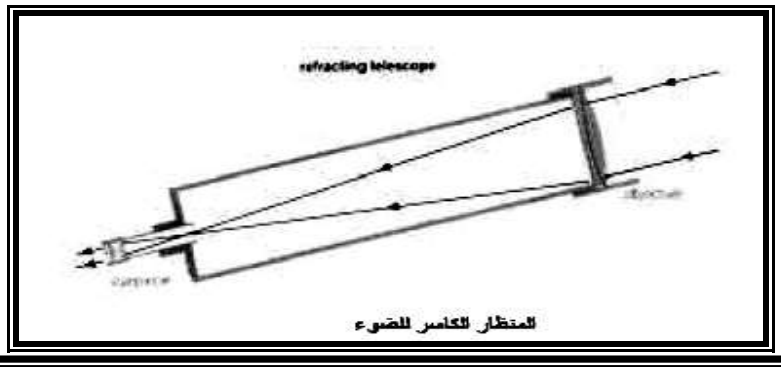


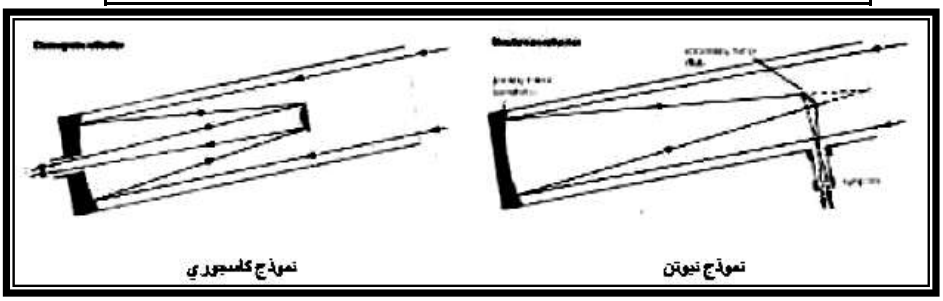
الشكل (٢٨) أ-كرة صنعت عام ١٠٧٤هـ ، ب- كرة صنعت عام ٧٦٤هـ

ثانياً . أجهزة الرصد الفلكية منذ بداية عصر النهضة وحتى اليوم :

١ . المرقاب الأنبوبي المكبر : يتكون من عدستين شيئية وعينية تحصران الرؤية في زاوية محدودة ، وتزيد من قدرة العين المجردة على رؤية الأشياء البعيدة بشكل أكثر تقصيلاً ووضوحاً .

وترتبط بالبعد المحرقي مابين العدسة الشيئية والعدسة العينية . وقد تطور المرقاب مع الزمن . إذ بينما كان مرقاب كبلرمكون من عدستين مقربتين يتلاقى محرقيهما داخل الأنبوب، أخذت العينية في مرقاب غاليليه شكل عدسة مقعرة تحول الأشعة المتجمعة قبل محرق الشيئية إلى أشعة متوازية ، أما المرقاب ذو المرآة فيتكون من انبوب يحصر الأشعة المتوازية للجسم المراد رصده في النهاية السفلى للأنبوب على مرآة مقعرة تحول الأشعة المتوازية إلى مجتمعة تتسلمها قبل المحرق مرآة عاكسة مستوية مائلة بزاوية ثم توجهها بشكل متجمع أيضاً إلى عدسة عينية تكبر الصورة ويسمى مرقاباً عاكساً Reflect Telescope .





شكل(٢٩) المنظار الكاسرطلا و

يرجع اكتشاف المرقاب إلى أحد الهولنديين المغمورين عام ١٦٠٨ / ثم إلى غاليليه عام ١٨١٠م الذي شاهد فيه ولأول مرة مرتفعات القمر الأرضي وقمر المشتري والبقع الشمسية .

يسمى مرقاب كبلر مرقاباً كاسراً Refracting Telescope ، ويشار لقدر توضيحه للرؤية على أساس البعد المحرقي للعدسات . فإذا كان البعد المحرقي للشيئية ١٠٠ وللعينية ٥ قدر تكبيره ٥/١٠٠ أو ٢٠ . أما إذا كان البعد المحرقي للعينية نصف نقطة فإن قوة التكبير ستبلغ عند ئذ ٢٠٠ فإذا كانت حدود التكبير العليا للشيئية ٥٠ مرة للقطر يعبر عنها بالإنش . فإن اعلى تكبير لكاسر ٤٠ إنشاً هو ٤٠×٥٠ = ٢٠٠٠ ، [١] علماَ بأن ظهور أي ضوء من هذا التكبير بشكل غير واضح سيكون مشوشاً في درجات التكبير العالية . وعليه فإن تحديد درجة التكبير في رصد الأجرام الكبيرة في القبة السماوية له أهميته المميزة .

1. **Earth Scienece. Edwardg. Tarpuck -Bell Ehowell co .1976 co lcembus ohio**

ويهتم الفلكيون عادة بالعمل على جمع أكبر كمية من الأشعة المتوازية أثناء رصد نجم ما أكثر من اهتمامهم بالتكبير وبذا تكون الصورة أكثر وضوحاً وتألقاً وعليه فإن مرقاب بعدسة أو مرآة مقعرة كبيرة يستطيع حصر كمية أكبر من اشعاعات النجوم البعيدة بالمقارنة مع المرقاب ذي العدسة الصغيرة يعطي صوراً أكثر تألقاً ووضوحاً . وقس على ذلك القدرة على رؤية النجوم البعيدة جداً في الفضاء التي يخفت ضوءها والتي لا يمكن رؤيتها بالمرقاب الصغير .

ويعاني الراصدون بالمرقاب الكاسر من مشكلة الألوان الخادعة Chromatic Aberration بسبب عمل العدسة الشيئية على تحليل جزء من الضوء كعمل الموشور وهذا يؤدي بدوره إلى انحراف الطيف الأحمر والأزرق بدرجات مختلفة بسبب اختلاف أطوال موجاتهما . ويعطي جوانب الصورة ألواناً غير طبيعية . وقد تم حل هذه المشكلة نسبياً باستعمال شيئية مؤلفة من عدستين مركبتين معاً، تزيل الثانية المصنوعة من الزجاج الصلب أخطاء الأولى ، فيخف اللون الخادع إلى حد كبير .

وتتضمن معظم أجهزة المقراب الحديثة أجهزة أضافية تعزز صورها . وكمثال على ذلك يشار إلى إمكان وضع ورقة تصوير يمكن تعريضها لضوء النجوم فترة طويلة من الوقت ، حتى تجمع ما يكفي من الضوء لعمل الصورة . ويظهر التقدم الآخر في هذا المجال بوضع عدسات مقربة ضخمة ذات قدرة كبيرة على التحليل والتوضيح Resolving Power لإعطاء صورة دقيقة المعالم وواضحة التفاصيل .

وكمثال آخر نذكر درب التبانه الذي يظهر بالعين المجردة مجرد حزم ضوء متناثرة ، بينما يظهره المقراب الصغير كنجوم مستقله . ومهما يكن فإن ظروف الجو الأرضي تحدد من قدرة المقراب المثبت بالأرض على التوضيح والتحليل . إذ تسبب حركة الهواء السريعة في الليالي الظلماء التي تلمع فيها النجوم ضعفاً في الرؤية وتشويشاً للصورة . بينما تصبح الرؤية جيدة عند ما يكون تألق النجوم مستقيماً . كما لا تستطيع أفضل أجهزة المقراب الحالية الأرضية أخذ صور للقمر توضح التفاصيل التي تقل أبعادها عن نصف كيلو متر .



شكل(٣٠) التلسكوب متعدد المرايا بالقرب من توسون بولاية أريزونا الأمريكية. هو وود بست مرايا كل منها بقطر ١٨م. وتوم نظام حاسوبي يضبط المرايا لتركيز الضوء كله في نقطة واحدة.

وفي عام ١٩٨٣ أرسلت الولايات المتحدة مكوك الفضاء كولومبيا لوضع مقراب فضائي بقطر ٢،٤ م في مدار حول الأرض على بعد ٥٠٠ كم منها بعيداً عن تداخلات جو الأرض وبحيث يمكن التخلص من المشكلات المرتبطة بالرؤية عبر جو الأرض .

وهذا ما سيساعد الفلكيين على سبر أسرار الفضاء بشكل أدق . ثم جهزت عدة أقمار صنعية بمراقب بلغت القمة في سكايلاب الأمريكي ونظيره السوفيتي سويوز ونظراً لعدم ارتياح نيوتن للألوان الخادعة بالمرقاب الكاسر شيد المرقاب العاكس واستعمله .

يتكون **المرقاب العاكس** من مرآة مقعرة ، يقع محرقها أمام العدسة (المرآة) العاكسة ، بدلاً أن يقع خلفها كما في العدسات المقربة (المحدبة) . وتصنع المرآة المقعرة عادة من زجاج دقيق جداً (٠,٠١ ميكرون = ١٠٠ نانو متر)ثم ينعكس الضوء المتجمع إلى وسط الأنبوب كما في حالة مرآة مرقاب Hale هاله ذات القطر (٥) أمتار المصنوعة من الخزف ، والموشى سطحها بطبقة رقيقة من الألمنيوم والفضة ذات عاكسية عالية . ويستعمل سطح منحني خاص يسمى الخيال لتحويل الضوء المتجمع إلى متواز دون أية إعاقة للضوء العابر .



شكل(٣١) محطة الفضاء سكايلاب .كانت محطة الفضاء سكايلا ١أ ول مختبر فضاء أمريكي هأ ول، وقد اتخذت مدارًا لها على ارتفاع يقارب ٣٥ ٤كمف وق سطح الأرض في عام١٩٧٣ ١م .أجهزر واد الفضاء تجارب في المحطة عامي١٩٧٣ و ١٩٧٤ ١م. ولقد تحطمت سكايلاب عندما دخلتج و الأرض ثانية عام ٩ ٧ ٩ ١م.

ونظـراً لضـيق المجـال الكـوني الـذي تـرى فيـه نمـاذج المرقـاب الضـخمة يحـدد استخدامها عادة في عمل أطالس مصورة للنجوم والكوكبات والمجرات والمذنبات . وقد قدم مرصد بالومار للفلكيين حوالي ٢٠٠ صفحة مصورة للقبة السماوية الشمالية وجزءاً من الجنوبية ، تعد خير مرجع لهم في دراساتهم وأبحاثهم . وتستعمل معظم المراصد العالمية آلات تصوير جبارة . كما اختيرت مواقع المراصد في مواضع نائية بعيدة عن أنوار المدن التي تشوش بعامة رؤية النجوم .

ومن المراصد الشهيرة مراصد جورج هيل (المتوفي عام ١٩٣٨) مثل مرصد جبل ويلسون في كاليفورنيا بمرقابيه العاكسين (١٥٢ سم و ٢٥٤ سم) ، ثم عاكس جيل بالومار عام ١٩٤٨ (٥٠٨ سم) . ثم مرقب شميدت في بالومار المستخدم للتصوير الضوئي وقطره (١٢٢سم) .أما أضخم مرقاب بصري عاكس (٦٠٠ سم) فقد شيد في جبال القوقاز في زلنشكوسكايا . كما شيدت في نصف الكرة الجنوبي (في استراليا وأمريكا الجنوبية وأفريقيا الجنوبية) مراقب متنوعة يتراوح قطرها مابين ٢٥٤ و ٤٠٦ سم وخصص مرصد قمة كيت Kit peak في أريزونا لدراسة الكواكب السيارة ومراصد أكاديمية العلوم الألمانية .





شكل(٢ ٣) التلسكوبات وئية تستخدم لرصد طاقة الضوء المرئي المنطلقة من الأجسام في الفضاء.
هذه الصورة الملونة توضح التلسكوب العاكس في مرصد سبيتزر الفضائي الأمريكي المشترك بوكالة تشيلي. ويبلغ قطر مرآة التلسكوب ٤٠٠ سم. وإلى اليسار صورة التقطت بهذا التلسكوب لسديم إيتا كارينا .

. كواشف الأشعة غير المرئية (الراديوية) للأجرام والنجوم غير المنظورة:

تُصدر النجوم والأجرام السماوية الأخرى وبخاصة غير المرئية منها إشعاعات غير مرئية كأشعة جاما والأشعة السينية وما فوق البنفسجية وتحت الحمراء وأمواج (راديوية)إذاعية Radio Waves . وقد طُورت لذلك أفلام تصوير حساسة للأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية فزادت من حدود رؤيتنا .

وبما أن قسماً من هذه الإشعاعات لا يستطيع اختراق جو الأرض، تم الاعتماد في البدء على المناطق لمتابعتها ثم على الصواريخ والتوابع الصنعية ... الخ . وتعد الموجات الإذاعية (٢١ سم) من أهمها . وهي تصدر عن الهيدروجين الحيادي ، الذي تتكون منه النجوم بشكل رئيس ، فسمحت بذلك للفلكي ريبر قبل الحرب العالمية الثانية بعمل خرائط لمجال انتشار مجرتنا " درب التبانه " . وتستعمل لكشف الموجات الراديوية (الإذاعية) والتقاطها عادة بوساطة مشعرات (هوائيات) خاصة " أطباق كبيرة " Big Dishes يطلق عليها أسم Radio Telescope أي مرقاب راديوي .

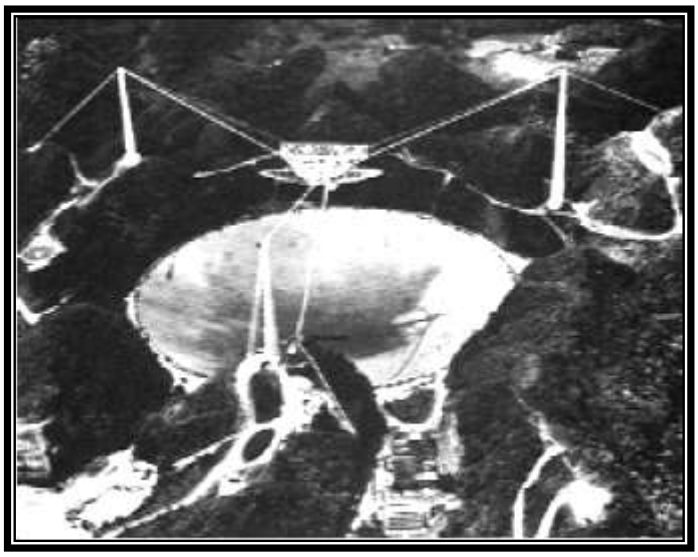


شكل(٣ ٣) التلسكوبات الراديوية تجمع موجات الراديو، وتركزها. (اليمين) ورة على اليمين هي للتلسكوب الراديوي ١٠٠ م بمرصد إفلزبرج بالقرب من مدينة بون بألمانيا. (اليسار) وجه الفنان والفلكي (اليسار) ورة إلى اليسار) التلسكوب للرصد ويتابع و ن جمع المعلومات .

وتعمل هذه الأطباق عموماً بأسلوب المرقاب البصري ذاته إذ تأخذ شكل طبق دائري مقعر ، يجمع الإشعاعات ويعكسها باتجاه هوائي (في موضع محرق المرآة المقعرة) قادر على تمييز الأصوات الواردة من المصدر . وبما أن موجات الإشعاع الراديوي يزيد طولها أحياناً ١٠٠،٠٠٠ مرة على طول موجات الإشعاع المرئية ، فإن الدقة المطلوبة من السطح المشيد لا لتقاطها ضئيل نسبياً ، سيما وأن الطاقة الراديوية الواردة من النجوم ضعيفة . ويعد المرقاب الراديوي المشيد في المنخفض الطبيعي في بورتوريكو بقطر ٣٠٠ م أكبر مرقاب معروف حالياً . ويتميز بقدرة محدودة على تغيير موضع الهوائي المرتبط به. أما أكبر طبق يمكن توجيهه فهو بقطر ١٠٠ م ، وهو موجود في جرين بانك Greenbank ، في غربي فيرجينيا (المرصد الفلكي الراديوري الوطني) . ومهما يكن فإن قدرة المرقاب الراديوي على تحديد مركز مصدر الموجات بدقة مازالت محدودة وضعيفة ، لذا فإن ربط عدة أطباق في مجموعات يخفض هذه المشكلة وتسمى: Radio interferometer .

وللمرقاب الراديوي حق الأسبقية والأفضلية على المرقاب البصري في حالات الأجواء العاصفة والغائمة ، وعدم حاجته لقباب وقاية ، مما يقلل من التكاليف ، عدا عن قدرته على الرصد طيلة الوقت دون توقف (٢٤ ساعة / اليوم) . ولكنه يعاني من

تداخلات أجهزة الإرسال الإذاعي . لذا توضع هوائياته وأطباقه في مواضع شبه مخفية أو خلف عائق بدلاً من وضعها على هامات الجبال .



شكل(٣٤) مرصد أرسيبو في بورتوريكو وبقطر ٣٥٠م

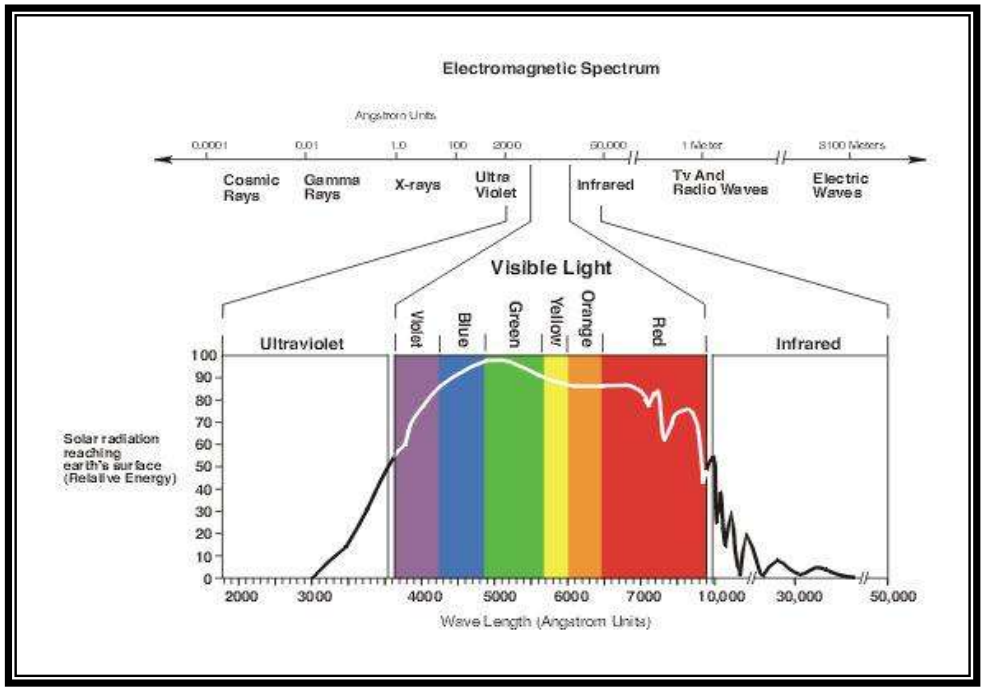
ولهذا النموذج من المراقب الفضل في كشف أشباه النجوم (الكوازارات) التي تعد حالياً أبعد الأجرام الكونية المعروفة . أما رصد الإشعاعات تحت الحمراء التي يمتص الجو قسماً كبيراً منها فقد زودنا بمعلومات وفيرة عن نجوم شابة ذات تألق متغير تطلق كميات كبيرة من الإشعاعات تحت الحمراء ، تسخن ماحولها من غيوم غبارية لتطلقها هذه الأخيرة في الكون ونحو الأرض .

كما تم بفضل رصد هذه الأشعة كشف جرم بيكلن غير المرئي ضمن سديم الجبار رغم أن ضياءه يفوق ضياء الشمس مليون مرة .

وأخيراً تأتي عمليات رصد الإشعاعات السينية وأشعة غاما الواقعة بعد الأشعة البنفسجية المرئية والتي يمتصها الجو الأعلى فتستعمل لدراستها سفن الفضاء والتوابع الصنعية ، وتعد معطياتها فتحاً جديداً في ميدان الفلك غير المرئي .

– رصد ضوء الأجرام الكونية وإشعاعاتها :

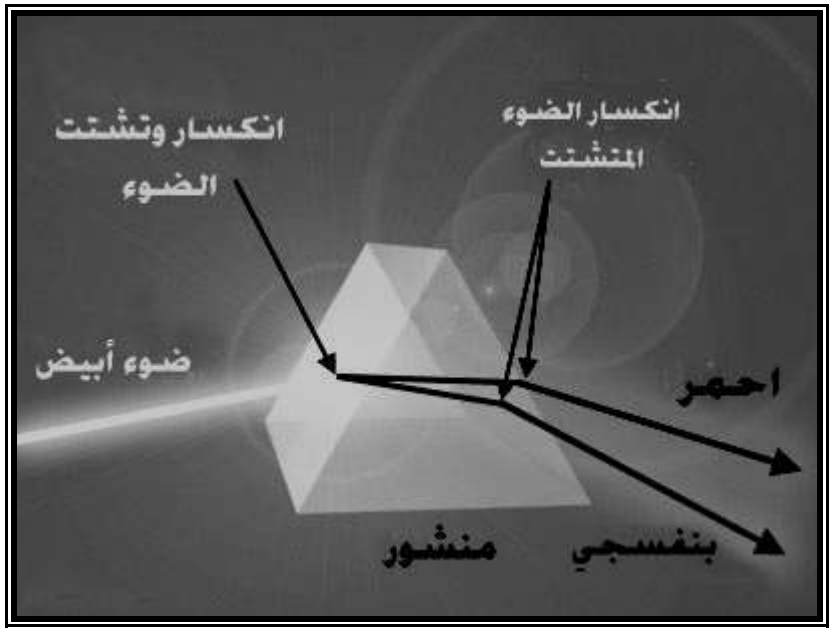
يعد الضوء الذي تصدره الأجرام السماوية في الكون أحد المصادر الرئيسية للمعلومات عنها، سيما وأن الضوء يتكون من صفوف من جزيئات صغيرة من الطاقة كإشعاعات كهرومغناطيسية ضوئية مرئية وإشعاعات : غاما وسينية وفوق بنفسجية وتحت حمراء وراديوية شكل (٣٥). وتتحرك هذه الطاقة الإشعاعية ككل عبر الفضاء بخط مستقيم بسرعة تقارب ٣٠٠،٠٠٠ كم/ثا أي ما يعادل ٣٢ مليار كم / يوم ويتباين طول موجات هذه الإشعاعات فيما بين عدة كيلو مترات للموجات الراديوية وجزء من المليار من السنتيمترالواحد بالنسبة لأشعة غاما .



شكل(٣٥) الطيف المرئي

وكلا هذين النوعين من الأمواج لا تستشعر بالعين بهما . أما الضوء الأرضي الكهرومغناطيسي فيتضمن حزمة من موجات مختلفة الطول ، يمكن مشاهدتها بوضوح بعد تحليلها بوساطة الموشور تبعاً لألوان الضوء الأبيض الأساسية ، إذ تمثل الزرقاء أقصر الموجات والحمراء أطولها .

ومهما يكن فليس من السهل شرح فعالية الضوء من خلال طول موجات فقط . بل من خلال تيار الجزيئات التي يطلقها بسرعة متناهية والتي تسمى فوتونات Photons . وتعطي ضغطاً (دفعاً) مادياً يسمى الضغط الإشعاعي Radiation Pressure . لذا تعد الفوتونات المنبعثة عن الشمس مسؤولة عن دفع المواد التي تشكل ذيل المذنبات . سيما وأن كل فوتون يحمل كمية نوعية من الطاقة على علاقة عكسية بطول موجته .



شكل(٣٦) انكسار وتشتت الضوء الأبيض بعد عبوره المنشور

أي تزداد شدة طاقته كلما نقص طول الموجه . وبذا تكون طاقة الضوء الأزرق أكبر من طاقة الضوء الأحمر . وقد تم تقدير أطوال الموجات الصادرة عن النجوم بالأنغستروم كما يلي.

أشعة غاما	أقل من ٣ أنغستروم
الأشعة السينية	٣٠ د . ١٠٠ أنغستروم
الأشعة فوق البنفسيجية	١٠٠ . ٣٨٠٠ أنغستروم
الأشعة البنفسجية	٣٨٠٠ . ٤٤٠ أنغستروم
الأشعة الزرقاء	٤٤٠٠ . ٥٠٠٠ أنغستروم
الأشعة الخضراء	٥٠٠٠ . ٥٦٠٠ أنغستروم

الأشعة الصفراء	٥٦٠٠ . ٥٩٠٠ أنغستروم
الأشعة البرتقالية	٥٩٠٠ . ٦٤٠٠ أنغستروم
الأشعة الحمراء	٦٤٠٠ . ٧٥٠٠ أنغستروم
الأشعة تحت الحمراء	٧٥٠٠ . مليون أنغستروم
الأشعة دقيقة الموجه	مليون أنغستروم . ١٠٠ مليار
الأشعة الراديوية (الإذاعية)	أكبر من ١٠٠ مليار أنغستروم

وبما أن هذه الموجات كافة تسير بسرعة الضوء فمن الطبيعي أن ينطبق عليها القانون :

طول الموجه = سرعة الضوء / كم / ثا

التردد / ثا

كما تتميز بأنها ذات طاقات حرارية وضوئية مختلفة فإن يمكن قياسها على ضوء ما يلي :

١ . طول الموجه = سرعةالضوء (كم /ثا ÷ التردد (ثا) .

٢ . تتزايد الطاقة الضوئية المقدرة بالفوتونات (الكترون فولط) والطاقة الحرارية عكساً مع طول الموجه

. المطيافية Spectroscopy أو التقزح

يسمى الطيف الناجم عن الضوء الأبيض طيفاً **مستمراً** لتضمنه موجاته المختلفة الطول كافة ، وهو ناجم عادة عن توهج غاز أو سائل أو جسم صلب تحت ضغط عال كضوء المصابيح الكهربائية العادية البيضاء . أما الضوء الصادر عن توهج غاز تحت ضغط منخفض فيسمى طيفاً **إصدارياً** Emission Spectrum أو طيف الخط المتألق Bright- line Spectrum (الذي يتضمن مجموعة من خطوط الإضاءة لأمواج ذات طول خاص تتعلق بنوع الغاز الذي يصدرها) . أما عندما يعبر الضوء خلال غاز ما تحت ضغط ضعيف فإن الغاز يمتص من الطيف المستمر أمواجاً بطول معين . ويبدو الطيف مستمراً يتضمن سلسلة من الخطوط السوداء في موضع الخطوط التي يصدرها

الغـاز المتـألق ذاتـه وبطـول الموجـات ذاتـه . ويسـمى عنـد ئـذ " طيـف **امتصاصـي** " Absorption Spectrum أو طيف **الخط القاتم** .

إن معظم أطياف النجوم هي من النوع الأخير . وتكمن أهمية هذه الأطياف بما تمثله من عناصر غازية مختلطة موجودة عادة ضمن مواد النجم بأشكال غازية تعطي مجموعة متحدة من خطوط الطيف تمثل عند الفلكيين بصمات الأصابع عند الإنسان . فالطيف المستمر نجده في داخل الشمس حيث يتم التوهج تحت ظروف ضغوط عالية .

أما على الأرض فمن المسلم به أن نرى طيفاً امتصاصياً ذا خطوط قاتمة سواء بالنسبة للشمس أم بالنسبة للنجوم الأخرى بسبب مرورها باجوائها الغازية القليلة الكثافة المحيطة بها ، التي تقوم بدورها بامتصاص موجات مختارة تعطي على الأرض الخطوط القاتمة .. كما تعطي غازاتها المتوهجة أطيافاً متألقة .

إن ضوء الشمس الطبيعي يعطينا عادة طيفاً مستمراً ، ولكن إذا ماكثف الضوء بوساطة عدسة أو مرآة مقعرة ما ، ثم حُلّل بالموشور، لوجدنا أن طيف الشمس يتضمن آلافاً من الخطوط القاتمة ، التي تم بوساطة مطابقتها تحديد ٦٠ عنصراً منها لها ولما يماثلها على الأرض . وبقي عديد منها غير معروف . ويسمى جهاز التحليل الطيفي هذا " المطياف " Spectroscop . ويعطي المرقاب الطيفي في جبل ويلسون طيفاً ضخماً للموجات ما بين ٣٩٠٠ و ٦٩٠٠ أنغستروم على مرسم بطول ٤ أمتار بحيث يمكن التعرف على كل خط بمفرده ، ورسم خارطة دقيقة لخطوط الطيف . فالصوديوم في وسط الطيف الأصفر والهيدروجين في الأخضر وبداية البنفسجي . ونجد في الأجسام المشعة حقيقتين جديرتين بالاعتبار هما :

١ . يؤدي ارتفاع حرارة سطح الجسم المشع إلى رفع كمية الطاقة المصدرة تبعاً لقانون ستيفان / بولتزمان ، بحيث تزداد الكمية الكلية للطاقة المشعة ١٦ مرة إذا وصلت درجة حرارة النجم إلى ضعف ما كانت عليه ، أي (٢) ^{٤} .

٢ـ عند ارتفاع درجة الحرارة وتزايد الطاقة المصدرة يتناقص طول الموجات الضوئية . إذ يعطي التوهج الأحمر للحرارة القليلة موجات أطول من موجات التوهج الأبيض المائل للزرقة ذي الحرارة الأعلى .

رصد حركة النجوم بظاهرة انزياح دوبلر Doppler Effect بوساطة المطياف:

في عام ١٨٤٢ قدم الفيزيائي والرياضي النمساوي كريستيان دوبلر (الأستاذ في معاهد التقنيات في فيينا وبراغ) محاضرة قيمة في تطور علم الموجات الضوئية ، وركز انتباه العلماء على مشكلات طيف النجوم المزدوجة .

وأبرز أن طول الموجات يزداد نسبياً عندما يتحرك أحد أفراد النجوم المزدوجة مبتعداً عن الراصد (أو جهاز الرصد) . وعلى العكس من ذلك يتناقص طول موجة الضوء عند ما يتحرك النجم مقبلاً باتجاه مركز الرصد .

وترتبط سرعة التناقص والتزايد بسرعة حركة النجوم اقبالاً أو إدباراً / ثا . وكذلك بالنسبة لتواتر الموجات ، وبناءعليه وضع القانون التالي:

تواتر الموجات الحالي = تواتر الموجات السابق (١ ± تواترالموجات السابق)
السرعة

وتزداد هذه الظاهرة شدة ووضوحاً بالنسبة للراصد الثابت ومقارنة الضوء (النجم) المتحرك مع ضوء مجاور (نجم مرافق) ثابت . وبذلك تتحرك خطوط فراون هوفر في طيف النجم المقبل باتجاه موجات الضوء البنفسجية . بينما تتحرك هذه الخطوط باتجاه موجات الضوء الحمراء في طيف النجم المدبر

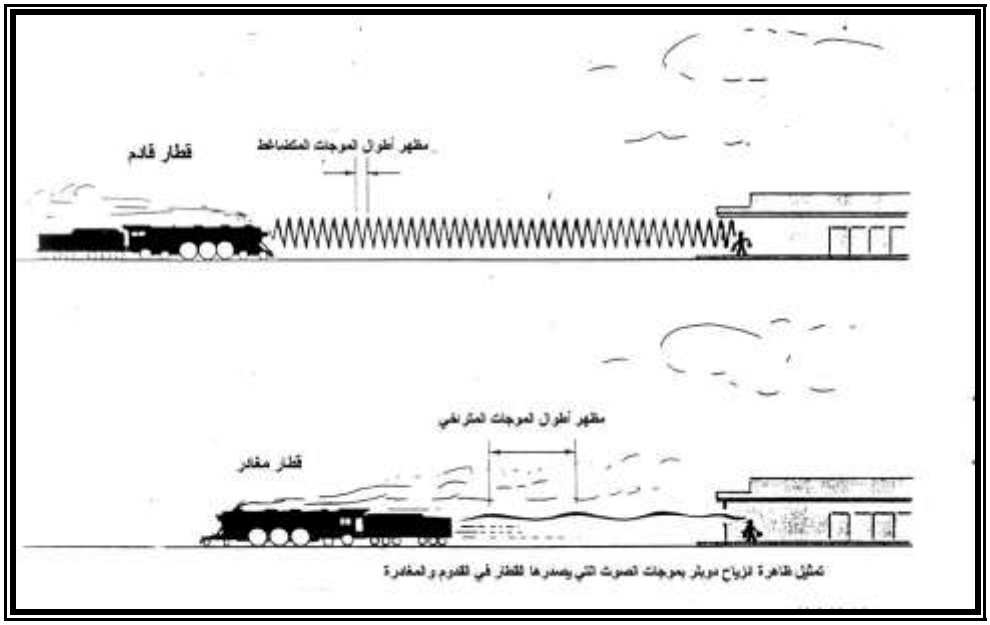
وأثبت ذلك بأمثلة من النجوم و من انزياح مجرة درب التبانه نحو الأحمر كدليل على ابتعاد منظومة مجرتنا . كما أكد على ذلك بأمثلة حية من واقع الناس كتغير شدة صوت وطول وتواتر موجات صفارات إنذار سيارات الإسعاف والإطفاء القادمة والمغادرة لمكان الحريق .

وقس على ذلك تغير طول موجات صوت صفير القطارات القادمة إلى المحطة والمغادرة لها.



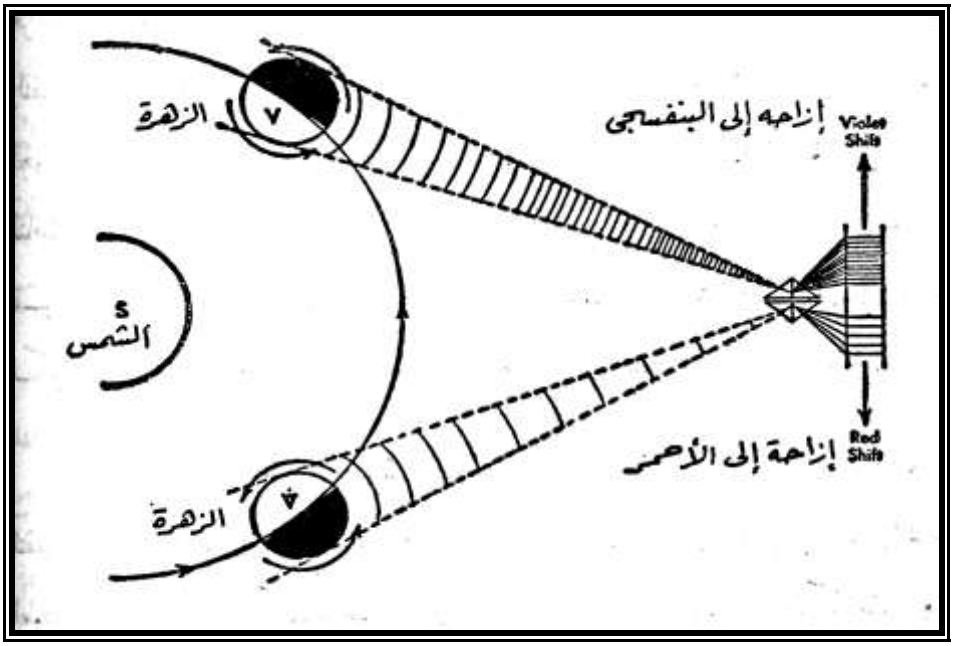
بدون إزاحة إزاحة حمراء إزاحة زرقاء

شكل(٣٧) اكتشاف الإزاحة الحمراء والإزاحة الزرقاء يميز الفلكي حركة النجم بمقارنة خطوط طيفه بمثيلاتها في المعامل. فإذا ما ظهرت الخطوط في نفس موقعها في كلا الطيفين كما النجم غير مبتعد وغير مقترب من الأرض (الشكل إلى اليمين). أما إذا بدت خطوط النجم منزاحة ناحية الأحمر من الطيف، فإن ذلك يدل على أن الجسم يبتعد عن الأرض (الشكل أ وسط) وإذا كانت الإزاحة ناحية اللون الزرقاء كان الجسم مقتربًا الشكل إلى اليسار



شكل(٣٨) تمثيل ظاهرة انزياح دوبلر بموجات الصوت التي يصدرها القطار في القدوم والمغادرة

ونظراً لأهمية هذا الاكتشاف آنذاك نسبت هذه الظاهرة إلى مكتشفها وسميت باسمه : إنزياح دوبلر Doppler Shifting ونظام دوبلر Doppler Princip . وقد لعب هذا الاكتشاف دورا كبيرا في كشف النجوم المزدوجة طيفياً التي لا تراها المراقب . كما كان له دوره في حساب سرعة المجرات والنجوم واتجاهها إضافة إلى دوره في تطوير نظريات تطور الكون .



شكل(٩ ٣) ظاهرةد وبلر كما تظهرم نظل وء المنعكسم ن الزهرة لو كانت د ورد ول نفسها بسرعة

. قياس تألق النجوم Astrophotometrie

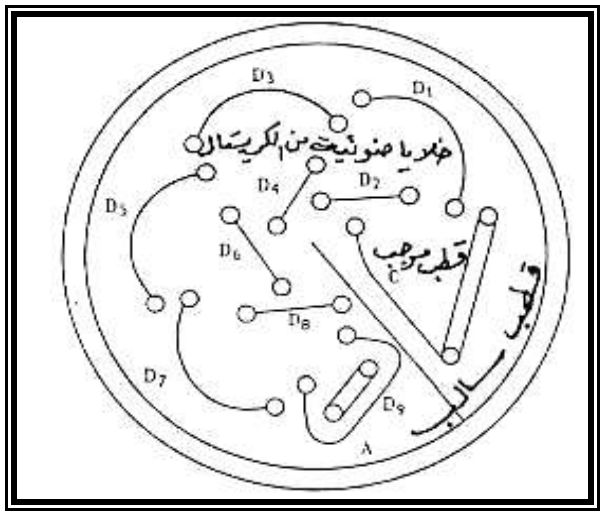
يستعمل لذلك الرصد المباشر الظاهري المرئي والتصويري والكهرضوئي . ففي **قياس التألق المرئي** .Visuell A يستخدم أسلوب أرجيلاندر Argelander لتقدير التدرج بناء على سلم تدرج دقيق صحيح لنجوم معروفه . والأسلوب الأكثردقة لقياس تناقص ضوء النجوم وتزايده هو **قياس التألق التصويري** .Photographical A ، إذ يصور حقل النجم على صفيحة سوداء ومن ثم يقرن للقياس بصفيحة قياس تدرج التألق . ولأخذ ظاهرة التلاشي بعين الأعتبار ، يتم تصوير محيط القطب السماوي على الصفيحة ذاتها . ومن ثم **يوازن بين التألق غير المعروف بتألق النجوم المقاسة** والمعروفة تماماً

لنجوم القطب . ويعد **قياس التألق كهرضوئياً** .Light electrical A. أكثر هذه الأساليب دقة . إذ يمرر ضوء النجم في تيار كهربائي لقياسه .

وقد أوجد هذه الوسيلة جوتنيك Guthenick لقياس تألق النجوم المتغيرة . كما يستعمل لقياس تألق النجوم الخافتة والعابرة بسرعة الكترونات ثانوية شديدة الحساسية و إذ ما أريد تقدير قيم الإضاءة بوساطة المجال الضوئي غير المحلل طيفياً بشكل دقيق نجد أنفسنا في مجال ما يسمى **قياس التألق التكاملي** .. Integral Photometrie

وهذا يختلف عن **قياس التألق طيفياً** ، الذي يعتمد على قياس طول الموجات الضوئية . ويقرن أحياناً للقياس بطيف لموجات ضوئية مقاسه مصدرها الأرض على صفحات مصورة بالألوان .

وبذا يمكن قياس التألق في أضيق مجالاته. وبخاصة بعد استعمال المرشحات اللونية في التصوير آخذين بعين الاعتبار الحساسية اللونية للجهاز اللاقط (حساسية الخلايا الضوئية وحساسية ورق التصوير) تصنف بعدها الإضاءة على أساس طول الموجات المتساوية التألق Isophot Wave Length في أطار لوحات خاصة توضح قرينة اللون وقرينة التألق . وللقياسات الأكثر دقة يتم التصوير كهرضوئياً في ثلاثة مجالات وفي القياسات المتناهية الدقة في ٦ مجالات بحيث قل أن يتجاوز الخطأ حدود جزء واحد بالألف(١ / ١٠٠٠) .



شكل(٤٠) مخططت ضيحي لقياس تألق ظلا وع إلكتو ونياً ضء ن منظار مقرب

. الرصد الفلكي الحديث من الفضاء وبعض منجزاته :

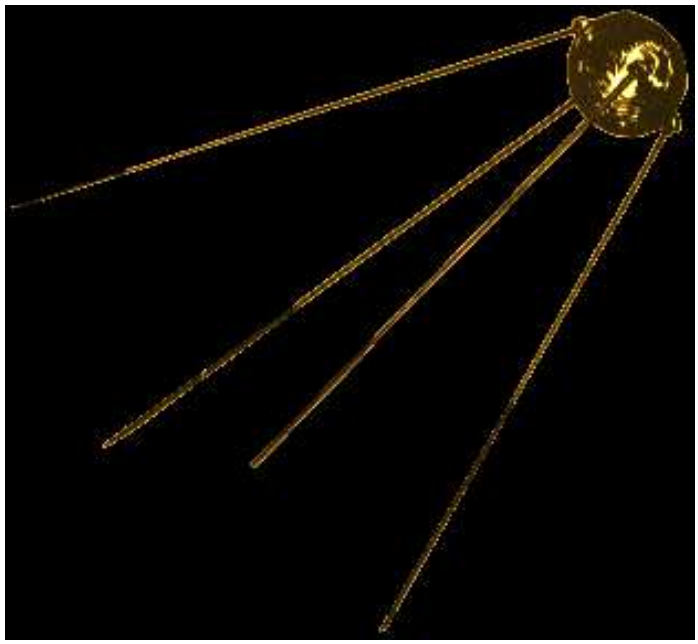
ليس من السهل الإحاطة بالمنجزات الهائلة التي حققتها الرحلات الفضائية والتوابع الصنعية والسفن الفضائية ... الخ منذ أواخر الخمسينات وحتى اليوم (العقد الأول من الألف الثالثة) ضمن صفحات هذا المؤلف المجدد .. لذلك سنكتفي بالإشارة إلى أهمها وهي :

أ . الجيل الأول من التوابع (الأقمار) الاصطناعية:

لقد كان للاتحاد السوفيتي فضل السبق برصد الكون من الفضاء ، ففي عام ١٩٥٧ أطلق لأول مرة في التاريخ تابعه الصنعي (سبوتنيك ١) وقد توافق ذلك مع إحياء الذكرى الأربعين للثورة الاشتراكية وقد جهز التابع بجهاز إرسال إذاعي ومقياس لدرجة الحرارة وآخر لتقدير نسبة النيازك وتحديد مفعول اصطدامها على ارتفاع ما بين ٩٤٦ كم من سطح الأرض (الأوج) و ٢٢٨ كم (الحضيض) واستعملت إشارات الراديو لقياس درجة التأين في الجو .كانت كتلته ٨٣،٥ كغ ، وسطحة شديد الصقل في خليطة المنيوم ، يعطي تألقاً يعادل تألق الزهرة ويمكن رصده بمنظار عادي . وبعد أقل من شهر من العام ذاته أطلق التابع الصنعي السوفيتي الثاني (سبوتنيك ٢) وقد أربت كتلته على نصف طن . وثبتت فيه الأجهزة المخصصة لدراسة إشعاعات الشمس السينية وأشعة غاما . وأجهزة لتسجيل الأحوال الفيزيولوجيه للكلبة لايكا (النبض والتنفس وضغط الدم ...) .

وفي نهاية كانون الثاني من عام ١٩٥٨ ارتفع التابع الصنعي الأمريكي (الكشاف ١ Explorer) وزنته ١٣ كغ بينها ٥ كغ أجهزة لقياس الأشعاع الكوني والحرارة الداخلية والخارجية وللإرسال الإذاعي . تلاه الكشاف ٢ و ٣ وكانا قليلا الأهمية في الرصد . وفي منتصف أيار عام ١٩٥٨استقر التابع (سبوتنيك ٣) في الفضاء وزنته تقارب الطن (٩٦٨ كغ) . وقام بأكثر من مائة ألف عملية قياس لاسلكية و ٣٥ ألف عملية رصد بصرية . وقد قاست الأقمار الجيوديزية البعيدة قطري الأرض ٤٢٧٥١ كم و ٤٢٩٥٢ كم يفارق ٢٠١ كم . وحددت بدقة مواضع الجَزر في المحيطات وسرعة الانفلات من الجاذبية الأرضية مابين ١٨ر١١ و ٢١ر١١ كم / ثا . وزيادة نتوء القطب

الشمالي بفارق ٣٢م فقط عن الجنوبي . وقد أيد السبر من الفضاء لحقول المغناطيسية الأرضية النظرية المدرسية القائلة بأن شدة الحقل المغناطيسي تتغير عكس القوة الثالثة ، أي(مكعب) البعد عن مركز الأرض .



شكل(١ ٤) سبوتنيك وأول قمر صناعي أطلقة الاتحاد للسوفييتي السابق عام١٩٥٧ وكان إطلاقه بداية عصر الفضاء



شكل(٢ ٤) إكسبلورر ١ أول قمر صناعي أمريكي دخل مدارًا عام١٩٥٨م). وهو الذي اكتشف إشعاع فان ألن المحيط بالأرض.

وفي دراسة الجسيمات الكونية المكهربه المشعة (الإشعاع الكوني) لوحظ تأثير المغناطيسية الأرضية وانحراف بعضها باتجاه القطبين عندما تقترب من الأرض رغم ضعف الحقل المغناطيسي الأرضي في أعالي الجو (نصف أورستيد) ، كما يتزايد الأشعاع الكوني كلما ابتعد عن جو الأرض وكأنها قادمة من جميع جهات الفضاء ، وقد قدر تدفق الجسيممات المكهربه على ارتفاع ٢٠٠٠ كم أكثر بألف مرة مما كانت تتوقعه النظرية الكلاسيكية .

كما يبلغ التدفق أقصاه على ارتفاع ٣٠٠٠ كم . ثم على ارتفاع مابين ١٥ و ٢٥ ألف كم ، علماً بأن مادة هذه الجسيمات ليست إلا بروتونات واالكترونات لمادة ناقصة التكوين تسمى البلازما .

وللاستفادة من هذه الأحزمة الإشعاعية في صد الصواريخ المعادية تم القيام بتفجيرات نووية على ارتفاع ٥٠٠ كم تقريباً ، ولوحظ تجمعها في نطاقي الأشعاع الكوني الكثيف (حزامى فان ألن) وارتداد بعضها نحو القطب ونحو موقع سفينة الإطلاق ومواضع أخرى ، حيث كونت ما يشبه الشفق القطبي . ولم تكن النتائج لتفي بعمليات صد الصواريخ . ولكنها أوضحت أن انفجار الجسيمات المكهربة في الجو يمكن أن يبطل دلالات الرادار ويولد الفوضى في محطات الكشف المعادية . كما كشف سبوتنيك ٣ على ارتفاع ١٦٠٠ كم نشاطاً اشعاعياً قدره (٥٠) رونتجن باليوم وهو يزيد مائة مرة عن الحد الحرج الخطر على الأنسان .

ولاحظت الأقمار أيضاً تغير التوازن الكهربي لأعالي الجو في حالات التفجيرات الذرية وزيادة النشاط الأشعاعي الشمسي . وقد رافق ذلك تغير في سرعة دوران الأرض حول ذاتها . كما لاحظت ندرة الشهب الخطيرة التي تزيد كتلتها على ٠,١ غ وكذلك ذات الكتل الهامة (١ غ) ، وتكون الأخيرة من ركام الغبار الشهبي غير المتراص والقليل الكثافة .

وفي بداية عام ١٩٥٩ قام القمر السوفيتي (لونيك ١) بقياس الضغط والحرارة وتركيب الجو ومادة مابين الكواكب والأشعة الكونية والشهباء والحقلين المغناطيسين للأرض والقمر .

وفي خريف العام ذاته قام لونيك ٢ بمهمام لونيك١ ذاتها وسقط على سطح القمر مشيراً إلى عدم وجود حقل مغناطيسي قمري ولا أحزمة إشعاعية حوله بل تأين شديد على بعد ١٠٠٠٠ كم منه .

أما لونيك ٣ الذي أطلق في ٤ / ١٠ / ١٩٥٩ فقد قام بتصوير الجانب المظلم من القمر وأرسل هذه الصور لاسلكياً . وفي الشهر ذاته قام القمر الأمريكي الرائد / ٥ / بتصوير القمر إضافة إلى القياسات الإشعاعية والمغناطيسية والبلاسما .... التي قامت بها الأقمار السوفيتية قبله .

ولم تنقض نهاية عام ١٩٥٩ إلا وبلغ عدد الأقمار الصناعية المرسلة إلى الفضاء ٣٣ قمراً صنعياً معظمها أمريكي لم يحقق أهدافها باستثناء ما سبق ذكر إنجازاته .

ب . التوابع (الأقمار) الاصطناعية والمحطات والمركبات الفضائية في الستينات وما بعدها :

تم في عام ١٩٦٠ إطلاق ٢٠ قمراً اصطناعياً معظمها تجريبي لبداية ارتياد الفضاء بمركبات مأهوله ولأغراض المواصلات اللاسلكية ودراسة المظاهر المناخية (السحب) في جو الأرض إضافة إلى رصدها الإشعاعات الحرارية التي تصدر عن الصواريخ المنطلقة من الأرض لتقوم بدور الإنذار المبكر في حالات الحروب الصاروخية .

وهذه الأخيرة أمريكية أخذت تسميتها الأحرف الأولى من (منظومة التحذير للدفاع الصاروخي) ميداس Missil Defense Alarm System بينما أخذت أقمار المراقبة التلفزيونية وتحت الحمراء أسم تيروس اختصاراً لعبارة Television And Infrared Observaion Satellite ، أما أقمار المواصلات اللاسلكية الأمريكية فقد أخذت إسم الصدى Echo والبريد Courier ونجحت بداياتها بشكل أولي .

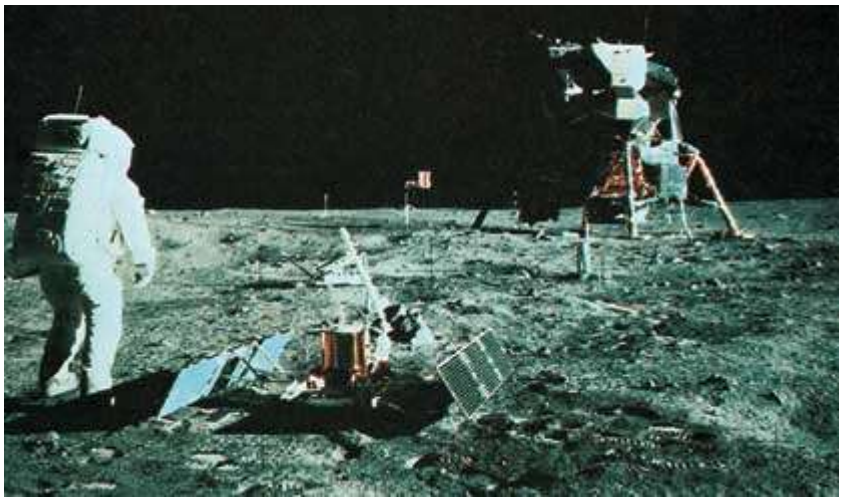
كما أرسل الأتحاد السوفيتي في التسعينات من القرن العشرين ثلاث سفن فضاء هي على التوالي: سبوتنيك٤ و ٥ و ٦ . نجحت الثانية منها في العودة إلى الأرض ومعها الكلبتين بيلكا (السنجاب) وستريلكا (السهيم). وكانت الغاية منها التأكيد على سلامة الأحياء وبخاصة الإنسان أثناء السفر في الفضاء .

وفي شهر آذار من عام ١٩٦١ أطلق الاتحاد السوفيتي سفينتي فضاء (سبونتينك ٧ و ٨) واستعادهما خلال وقت قصير ، وفي منتصف نيسان من العام ذاته انطلقت أول سفينة فضاء باسم فوستوك١ تحمل إنساناً هو المقدم الطيار يوري غاغارين . وبعد أقل من أربعة أشهر انطلقت سفينة الفضاء الروسية الثانية فوستوك ٢ تحمل المقدم غرمان تيتوف . وفي شهر مايس من العام ذاته رادت الفضاء أول مركبة فضاء أمريكية بالستيه تحمل الملاح الأمريكي ألان شيبر لمدة ١٥ دقيقة فقط .

وفي عام ١٩٦٢ أطلقت الولايات سفينتي فضاء احداهما مأهولة دارت حول الأرض باسم عطارد والثانية باسم مارينر (الملاح) وقد مرت بجوار كوكب الزهرة لقياس حرارة سطحه وجوه . وأرسل الاتحاد السوفيتي في العام ذاته المركبة الفضائية مارس لتمر بالقرب من كوكب المريخ .

تتالت بعد ذلك عمليات إطلاق المركبات الفضائية المأهولة وسنكتفي هنا بالمركبات التي أطلقت للدراسات الفلكية مثل مارينر ٤ التي اقتربت من المريخ وأخذت صور لسطحه وقياسات لجوه عام ١٩٦٤ وبعد عام من ذلك هبطت المركبة السوفيتية فينيرا ٣ على سطح الزهرة ثم هبطت في العام التالي المركة لونا ٩ على سطح القمر و صورت سطحه و تلتها لونا ١٠ ثم المساح (Survayer) وأوربيتر

وفي عام ١٩٦٧ وصلت فينيرا ٤ إلى جوار سطح الزهرة وأرسلت صوراً وقياسات عنه .وبعد عامين ١٩٦٩ هبط نيل آرمستر ونغ وزميله الدوين على سطح القمر وقاما بدراسته وجلب عينات من أرضه . تلى ذلك بعد عام هبوط المركبة لونا ١٦ على سطح لعمل عليه مدة / ١٢ / شهر وتآخذ عينات منه بشكل آلي . وفي عام ١٩٧٢ أنطلق المسبار الأمريكي بيونير ١٠ نحو المشتري ثم تلاه في عام ١٩٧٣ بيو نير ١١ نحو زحل وماريز نحو الزهرة وعطارد . كما قامت السفينة المأهولة سكايلاب بالدوران ٨٤ يوماً حول الأرض .



شكل(٣ ٤)أ ول الناس على القمر .كان رائدا الفضاء الأمريكيان، نيل أرمسترونج الذي التقط هذه الصورة، وإدوين ألدرين وجون الأعلى، في القمر، بالقرب من مقياس الزلازل، هما أول من نزل على سطح القمر. تظهر على خلفيةالصورة آلة تصوير تلفازية وعَلَم أمريكي، تقف المركبة القمرية إيجل إلى (اليمين)



شكل(٤ ٤) أحضر رائد الفضاء هاريسون شميت في أبولو ١٧، عينات قمرية قيِّمة من جلمود ضخم وأخذ هذهالصورة رائد الفضاءأ وجون سرتان أثناء قيام الرجلين بعملية الاستكشاف بالقرب من مكان هبوطهما في مرتفعات تور وس

وفي أواخر القرن العشرين اقتربت بيونير ١٠ من المشتري وتممت مسيرها باتجاه بلوتو. تتالت بعدها الأقمار والمراكب المتجهة إلى كواكب المنظومة الشمسية والقمر باستثناء التابع الصنعي هيليوس (الأمريكي . الألماني) الذي اقترب من الشمس في ربيع عام ١٩٧٥ لدراستها .

وفي العام التالي ١٩٧٦ هبطت مركبة فينرا ١٠ على سطح الزهرة . كما هبطت مركبتي فضاء أمريكتين فايكيغ ١ و ٢ على سطح المريخ ووصلت بيونير ١٠ إلى مدار المشتري .

وفي عام ١٩٧٧ انطلق التابع هايو الأمريكي لاستكشاف أسرار الفضاء وبخاصة الأشعة السينية ثم تلاه انطلاق المسبارين فوياجير ١ و ٢ نحو المشتري وزحل ثم نحو اورانوس ونبتون .

وفي عام ١٩٧٨ أطلقت الصين واليابان توابعها الصنعية وقام اكسوس الياباني بدراسة ظاهرة الشفق القطبي . وهبطت في السنة ذاتها أربعة مسابر على سطح الزهرة اثنان منها أمريكيان والآخران سوفيتيان . وفي عامي ١٩٧٩ / ١٩٨٠ أطلقت المركبتان فويجير ١ و ٢ ومرتا بالمشتري .

وفي عام ١٩٨٦ مرت فويجير ٢ بأورانوس . وفي هذا العام أطلق السابر الفضائي غاليليو ليعمل في مدار حول المشتري . ومع قدوم كانون الأول لعام ١٩٩٥ وصل السابر المشتري وأرسل صوراً ملونة واضحة للكواكب ، كما عمل على إطلاق أجهزة سابرة لدراسة جو المشتري ومجالاته المختلفة بعد رحلة دامت تسع سنوات .

وفي عام ١٩٨٩ وصلت فويجير ٢ إلى الكوكب نبتون وتابعت سيرها فيما بعد عبر الكون الواسع .

أما السفر إلى ما وراء المنظومة الشمسية وإلى ما وراء بحرة درب التبانه فما زالت في المنظور الحالي ضرباً من المستحيل بسبب عدد السنوات الضوئية التي تفصلها عن أرضنا ومع ذلك فإن دراستها قائمة .

ونكتفي للإشارة إلى ذلك إلى ما قامت به وكالة الفضاء الأمريكية في أوائل شهر آذار من عام ١٩٩٥ بعد سنوات من انهيار الاتحاد السوفيتي والذي يتلخص بإرسال

سفينتي فضاء مأهولتين خلال بضعة أيام فقط ، تحمل الأولى مجموعة مراقب (تلسكوبات) تعمل آلياً ويدوياً لدراسة الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن النجوم والمجرات ، ودراسة أوضاع المشتري والقمر عن كثب وغيرهما لمعرفة بعض أسرار هذا الكون واتجاهات تطوره . أما السفينة الفضائية الثانية فاتجهت نحو القمر لعمل خرائط خاصة بمظاهر الجاذبية والمغناطيسية والمياه .. ضمنه وعلى سطحه ...

وقد أخذت محطات التلفزيون العالمية بنقل بعض مشاهدات هذه التلسكوبات على المشاهدين في أنحاء العام كافة أثناء الرحلة التي استغرقت أسبوعين ونذكر منها على سبيل المثال مشاهدتها لأحد السدم في برج البجعة الناجم عن انفجار نجم متجدد أعظمي (سوبر نوفا) قبل ٥٠٠٠٠ سنة . وهو من أقرب السدم إلى الشمس . ويقدر بعده عنها بـ ٦٠ سنة ضوئية .

وفي منتصف شهر آذار من العام ذاته لحقت بها مركبة الفضاء السوفيتية المأهولة (سويوز) والتحمتا سوياً ليعمل علماء السفينتين وملاحوهما على إتمام برنامج علمي مشترك .