الآلات الفلكية في الحضارة الإسلامية

أسامة فتحي إمام(*)

١ - انتقال علم الفلك إلى العالم الإسلامي

لا شكّ أنّ العلوم جميعها تراكمية، وكل جهدٍ يُضاف هو عبارة عن لبنة في صرح العلم، وكما يقول نيوتن: "إذا كنتُ أعلم المزيد، فهذا لأنني أقف على أكتاف عمالقة"(١)، وهنا فإننا سنبحث علم الفلك والآلات الفلكية في سياق الفكر والثقافة السائدتين، وفي إطار معارفهم كما هي في وقتها.

كانت بداية دخول علم الفلك إلى الحضارة الإسلامية زمن العباسيين (٧٥٠-١٢٥٨م)، وكانت المرحلة الأولى لعلم الفلك مرحلةً فارسيةً ثقافيًا، نُقلت عن طريق الثقافة والاحتكاك، وهي تتأكد لنا مع ظهور أسماء، مثل : نوبخت الفارسي ، والفزاري، ويعقوب بن طارق ، وغيرهم، أي أنّ هؤلاء العلماء أنفسهم هم الذين تعلموا علوم الفلك والنجوم منفردين، ودون تشجيع أو رعاية من أحد، ولما ولِيَ المنصورُ الخلافةَ قَدِم إليه المنجمون، وبدأ يُعْلِي من شأنهم، وبعدها انتقل إلى المرحلة الثانية، وهي نقل كتبٍ أو إملاءاتٍ هندية لبعض الكتب.

كان الفزاري(٢) (ت بعد ١٥٦ هـ) هو "أول" مَن اخترع أو أدخل الأسطرلاب إلى العالم الإسلامي . والأسطرلاب هي آلة فلكية ، تم اختراعها من خلال إسقاط السماء على شكل قرص ثنائي الأبعاد فيما كان يُعرَف عند العرب بتسطيح الكرة ، أي إسقاط الكرة على سطح ، وهذا الأسطرلاب قد وُجدَت نظرية عمله عند اليونان ، بينما لا نجد في المصادر الهندية أو الفارسية أيَّ ذِكرٍ لهذا الأسطرلاب(٣)، ولا شكَّ أن الأسطرلاب في هذا الوقت كان له أهميةٌ قصوى ، حيث كان لا بد للمنجمين من استعماله ؛ لكي يؤخَذَ به الطالعُ، وتُعمَلَ عليه حساباتُ التنجيم.

(*) ماجستير فى تاريخ الفلك عند المسلمين.

(1) (K.Merton, 1965) On The Shoulders of Giants: A Shandean Postscript.

(٢) هو أبو إسحاق بن حبيب الفزاري من ولد سمرة بن جندب ، وهو أول من عمل أسطرلابًا في الإسلام، وعمل مسطحًا ومبطحًا. (الفهرست ، ص٢٣١، تاريخ الحكماء ، ص٢٧٣ -٢٧٤ .انظر أيضًا Thomas. Hockey, The Biographical Encyclopedia of Astronomers,P362)

(٣) يخرج من هذا أحد أنواع الأسطرلابات البابلية ، تلك التي تحدث عنها مؤلف كتاب History and Practice of ancient Astronomy، ونوعه يختلف تمامًا عن الأسطرلاب اليوناني .

١/١ - المرحلة الثانية: علم الهيئة

بعد ذلك توجهت الأنظار نحو التركيز على ترجمة الكتب اليونانية ، وأخذت الكتب المترجَمة وضعها، ولما كان الدافع وراء دخول علم الفلك هو الرغبة في علم أحكام النجوم؛ لذا نجد أنَّه من أوائل الكتب التي تُرجمت هو كتاب (**المقالات الأربعة**) **لبطلميوس** في التنجيم (الذي تُرجم حوالي ٨٠٠ م)، وبعدها تمت ترجمة كتاب **بطلميوس**، المسمى (**المجسطي**) .

وعلى إثر هذه الترجمات للكتب اليونانية استطاع العلماء العرب أن يدمجوا تراث الفلك في الحضارات القديمة ، كما رأينا مع الخوارزمي في كتابه (السند هند الصغير) كما أسلفنا، وكانت القفزة الثانية هي في الفصل بين علم الفلك و علم أحكام النجوم، وظهور فرع جديد ، وهو "علم الهيئة"، وهذه الكلمة - أي الهيئة- لم يكن لها مقابلٌ في اللغة اليونانية، وقام العديد من العلماء بإصلاحات أوليّة للقيَم والهيئات البطلمية، فنجد أن البتاني (ت٩٢٩ هـ) حاول تعديل هيئة بطلميوس الخاصة بالشمس، وعدَّل قيمة السنة الشمسية ، ويمكننا تسمية هذا ببناء الشخصية الجديدة لعلم الفلك العربي في المجالات النظرية.

ولا يمكننا أن ننسى إنجازات حبش الحاسب (ت بعد عام ٨٦٩هـ) في مجال التسطيح (الإسقاط الهندسي) فقام باختراع ما يعرف بالأسطرلاب المُبَطَّخ الذي يحافظ على الاتجاهات والمسافات بين النقاط على الكرة وبين نقطة معينة على سطح تلك الكرة، وفي حالتنا هذه كانت تلك النقطة هي مكة ، بالرغم من الانتقادات التي تم توجيهها لهذا النوع من التسطيح - أعني الأسطرلاب المُبَطَّخ - لاحقًا ، وبخاصة من الفلكي ابن الشاطر الدمشقي (ت٧٧٧ هـ) الذي انتقد بشدة هذا النوع قائلًا: " وذلك إما من جهة تعسّر تحقيق الوضع كالمبطحات "، إلا أنه يحتوي معارف رياضية وهندسية وفلكية تنقل لنا كيف اجتاز المسلمون المرحلة الأولى الخاصة بالترجمة ، والانتقال إلى المرحلة الثانية الخاصة بظهور علم الفلك العربي.

١/ ٢- علم الفلك والميقات في عصر المماليك

أما في عهد المماليك (٦٤٨ - ٩٢٣ هـ / ١٢٥٠ - ١٥١٧ م) فقد حدث التحوُّل الثالث في علم الفلك، فقد تحوَّل من دوره القديم المتمثِّل في الجانب النظري ، وأصبح له تطبيقات اجتماعية كبيرة، تأسست دولة المماليك في مصر بعد مقتل توران شاه سنة ٦٤٨هـ ، وبحلول سنة ٦٩٠هـ صارت الشام تحت سيطرة المماليك، وحصلت تحولات

سياسية واجتماعية كبيرة، فأصبحت القاهرة ودمشق هي العواصم السياسية؛ وبالتالي أصبحتا مركزًا للعلم والمعرفة، وتغيرت نُظُم التعليم ؛ فأفضت إلى الزيادة في عدد المتعلمين، وأصبح علم الفلك لا يتوقَّف فقط على الجانب العلمي ، بل امتد إلى الجانب التطبيقي، وتحوَّلت أغلب الدراسات في علم الفلك إلى تحديد المواقيت بواسطة الآلات الفلكية ، وتم وضعُها في إطار معرفي جديد ، وهو ما عُرِفَ بـ "علم الميقات"، والميقات : هو العلم الخاص بدارسة وتعيين الأوقات بالليل والنهار، وأوقات الصلوات .

وبحلول منتصف القرن السابع الهجري/ الثالث عشر الميلادي كان مصطلح الميقات قد تخطى حدودًا أبعد، وأصبح يحتوي على كلٍّ من الفلك الكروي، وحساب القبلة، والآلات الفلكية والتقاويم، وحساب الأهلة القمرية[١] ؛ وعليه فقد ظهر متخصصون في هذا الفرع من العلم أُطلق عليهم "المُوَقِّتين" وكانت مهنة " المُوَقِّت " مهنة رسمية بالأجر في المساجد والمدارس، وهو ما يوضِّح لنا سبب كثرة المؤلفات الخاصة بالآلات والجداول الفلكية في تلك الفترة ، وكان العديد من مشاهير العلماء يعملون في وظيفة المُوَقِّت في المساجد، ومنهم: المزي (ت ٧٥٠ هـ)، وابن الشاطر ، وغيرهما[٢] .

وتتنوع مصادر دراستنا للفلك في عصر المماليك من مصادر شتى : أولُها هو الكم الهائل من المخطوطات الفلكية المتبقية حتى الآن ، والتي ترجع إلى عهد المماليك، أو إلى نسخٍ كُتِبَت في عهد العثمانيين، وهي موزَّعة في العديد من المكتبات ، مثل: دار الكتب المصرية ، والمكتبة الظاهرية بدمشق ، ومكتبات إسطنبول ، والعديد من المكتبات الأخرى حول العالم ، وثانيها هو العدد الكبير المتبقي من الآلات الفلكية التي صُنِعَت في زمن المماليك، أو صُنعت في العصور العثمانية بناءً على تصميمات مملوكية ، مثل الآلة التي نقوم بدراستها ، وهي الربع التام ، والذي صنعه عرب زاده عارف بناءً على الربع ـ أعني الأساس النظري ـ الذي ابتكره ابن الشاطر.

وتوجد العديد من الرسائل حول الأقسام الرئيسة لعلم الفلك ، وهي[٣]:

- علم الهيئة أو علم الفلك النظري : وهو الذي يقوم بدارسة هيئات ـ النماذج الهندسية لدوران الكواكب ـ الشمس والقمر والكواكب الخمسة المعروفة وقتها : عطارد والزهرة والمريخ والمشترى وزحل.

(1) Charrete, Mathematical Instrumentation p6.

(2) David King, The Astronomy of The Mamluks

(3) David King, The Astronomy of The Mamluks

- علم الزيجات أو الفلك الرياضي : وهو المَعْنِيُّ بتحديد أماكِن الكواكب والشمس والقمر بناء على هيئات تلك الكواكب ، ومن أشهر الزيجات هو " زيج المصطلح " والذي كان يعتمد عليه أهل مصر ، ويقال إنهم لفَّقوه من عدة زيجات[١].

- علم الميقات وهو كما يعرفه ابن الأكفاني : "علم يُتعَرَّف منه أزمنةُ الأيام والليالي وأحوالُها، وكيفية التوصل إليها، ومنفعته : معرفة أوقات العبادات، والجهات والطوالع والمطالع من أجزاء البروج، ومن الكواكب الثابتة التي منها منازل القمر، ومقادير الأظلال، والارتفاعات، وانحراف البلدان بعضها عن بعض"[٢] .

- علم الآلات : وهو مَعْنِيٌ بآلات الرَّصد وآلات التسطيح ، مثل : الأسطرلاب وربع المقنطرات، وآلات حسابات المثلثات ، مثل: الأسطرلاب والربع المجيب، ويتميز عصر المماليك بتركيز الفلكيين على ابتكار الآلات الفلكية ، فلقد ذكر المراكشي أكثر من مائة آلة، وهناك الكثير من الآلات المبتكرة مثل الربع التام لابن الشاطر ، والآلات التي ابتكرها ابن السراج (كان حيًا عام ٧٢٩ هـ) مثل: الربع المجنح ، وغيرها[٣].

- علم أحكام النجوم : والذي كان مزدهرًا فيما قبل المماليك، بينما قَلَّتْ بشدة المؤلفات في هذا الفرع زمن المماليك.

١/٢/١- علم الميقات

لتسهيل مهنة المُوَقِّت قام العلماء بعمل جداول فلكية لحساب أوقات الصلاة ، والتي تبدأ من المغرب والعشاء والفجر والظهر والعصر، وكانوا يستطيعون إيجاد وقت الصلاة لأقرب دقيقة، وكانت أوقات الصلاة تتغير من يوم لآخر تبعًا لميل الشمس[٤]. وتعتمد حسابات مواقيت الصلاة في النهار على ظل الشمس، فالظهر يبدأ عندما يكون طولُ الظلِّ هو أقصر طول في النهار ، ويبدأ بعدها في الزيادة، ، ويبدأ العصرُ عندما يكون طولُ الظلِّ مثل طول الشخص ، مضافًا إليه الطول عند وقت الظهر؛ ونتيجة لهذا كانت توضع مواقيتُ الصلاة على المَزاوِل الشمسية ، ونجد من أشهر هذه المزاوِل هي المِزوَلَة التي عملها ابن الشاطر في مئذنة المسجد الأموي ، وما زالت بقايا هذه المِزوَلَة موجودة،

(١) إرشاد القاصد ، لابن الأكفاني ، ص ٢٠٥ .

(٢) المصدر السابق، ص ٢٠٦ .

(٣) المخطوطات الفلكية بدار الكتب المصرية ، لأسامة فتحي ، ص ١٠٩ - ١٥٢.

(4) D. A. King, "Ibn Yunus' Very Useful Tables for Reckoning Time by the Sun" Archivesfor the History of Exact Sciences 10 (1973):342-94,

وكانت تستخدم هذه المَزاوِل لتحديد ساعات النهار ، وتحديد ميقات صلاتي : الظهر ، والعصر[١] .

كان من العوامل الأخرى التي أدت إلى زيادة الطلب على المؤقتين هو انتشار ظاهرة الوقف، فبُنِيت المساجدُ والمدارسُ التي كان يُوقَف عليها، وظهرت أيضًا الحاجة إلى الأدوات المساعِدة لعلم الميقات، مثل: طرق الحساب، والجداول الفلكية والرسائل والآلات الفلكية، والمزاول، وجداول مواقيت الصلاة، وبالطبع كانت هناك منافسةٌ شديدة بين العلماء لجذب الطلاب ، عن طريق معرفة أفضل وسائل التعليم ، وعمل أفضل الآلات الفلكية، يوضح لنا ابن العطار (ت نحو عام ٨٨٠ هـ) أنه تتلمذ على يد ابن المجدي (ت ٨٥٠ هـ)، وتعلم منه مبادئ الفلك، وقرأ عليه صناعة الآلات كالمنحرفات والهيئة وعلوم الدين والفقه، ونحن نعلم الآن أن هذه النشاطات كانت تجرى في الجامع الأزهر.

٢. الآلات الفلكية في العالم الإسلامي

نجد أن الفلكيين الأوائل في الخلافة العباسية حاولوا إضافة أبعاد أكثر لعلم الفلك والتنجيم الناشئ ، وكان أحد هذه الأبعاد هو البعد التقني أو التطبيقي المتمثل في صناعة واستخدام الآلات الفلكية، واستمرَّت صناعة الآلات الفلكية ، منذ منتصف القرن الثامن الميلادي وحتى القرون المتأخرة، وجذبت هذه الآلات العديد من الأشخاص كالفنانين والصنَّاع ، بالإضافة إلى العلماء الكبار، مثل: البيروني (ت٤٤٠ هـ)، وابن سينا(ت ٤٢٧ هـ)، ونجدها عند المنجمين والطبيعيين، وفي منازل العلماء والفقهاء وقصور الخلفاء والأمراء، وفي حوائط المساجد، وفي أيدي الطلاب البسطاء في المدارس في العصر المملوكي.

في زمن المأمون ظهر أول لقب لعالم يسمى "الأسطرلابي" ، وكان لعلي بن عيسى الأسطرلابي[٢] (كان حيًا عام ٨٣٢ م) ، والذي شارك في بعثة المأمون التي قامت بقياس درجة واحدة من خط الطول، وكتب الأسطرلابي العديد من الرسائل عن الأسطرلاب، وبعض الآلات الفلكية الأخرى[٣].

---

(1) D. A. King, "Ibn Yunus' Very Useful Tables for Reckoning Time by the Sun" Archivesfor the History of Exact Sciences 10 (1973):342-94,

(٢) أحد فلكيي الخليفة المأمون، شارك في بعثة المأمون لقياس طول درجة واحدة من درجات خطوط الطول، قام بعمل أرصاده في بغداد ودمشق، له رؤسالة من أقدم الرسائل التي تتحدث عن الأسطرلاب Thomas Hockey, The Biographical Encyclopedia of Astronomers,P34.

(٣) تاريخ التراث، لسزكين ٦/ ١٤٤

تتلخص الصورة العامة للآلات الفلكية في الخلافة العباسية في نقطتين:

الأولى : الآلات الفلكية الرَّصدية ، والتي بُنيت لمهام محددة.

والثانية : الآلات الفلكية التي كانت ذات الهدف الرمزي ، مثل الأسطرلاب والكرة ، والتي كانت بحوزة المنجمين وغيرهم.

وكان هناك بُعدٌ آخر، وهو الانتفاع من الفلك في الشئون الدينية، كان العديد من الفلكيين الأوائل يحاولون تطبيق المعارف الفلكية على الأمور الدينية مثل: جداول الخوارزمي وعلي بن أماجور[١] (آخر القرن الثالث الهجري /التاسع الميلادي) لتحديد أوقات الصلاة، وجداول الخوارزمي ونظريات يعقوب بن طارق وثابت بن قرة(٨٣٠-٩٠١م)[٢] لمعرفة رؤية الهلال، ونجد أيضًا في مجموع للخوارزمي[٣] يتحدث فيه عن معرفة سَمْت واتجاه مكةَ بطرق عددية وهندسية ، وأيضًا عن كيفية حساب مواقيت الصلاة، وعَمَل الساعات المائية والمزاول الشمسية، وعَمَل ربع الساعات وآلة لمعرفة الخسوف القمري والربع المُجَيَّب، وهذه أقدم إشارة عن الربع المجيَّب ؛ لذا نرجِّح أن الخوارزمي هو أول من ابتكره.

وفي عهد البويهيين، استمر التقليد الخاص برعاية الخلفاء لعلماء الفلك، فظهر عبد الرحمن الصوفي وابن الأعلم[٤] (ت٣٧٥ هـ) ، فعُرِف عبد الرحمن الصوفي بصناعته للآلات، وعمل الكرة السماوية الشهيرة الخاصة به لعضد الدولة البويهي، وبنى شرف الدولة (حكم ٩٨٧-٩٩٠م) مرصدًا في حديقة قصره، وعمل فيه كلٌّ من أبي

---

(١) كانت عائلة أماجور تعمل في الفلك، فعبد الله بن أماجور التركي الهرويّ، وولده أبو الحسن، معروفان بأرصادهم الفلكية والعمل في الأزياج، أخذا أرصادهم بين عامي ٨٨٥م -٩٣٣ م في بغداد وشيراز، كما أنّ لهما جداول فلكية استغرق عملها من ٣٠-٥٠ سنة. Thomas Hockey, The Biographical Encyclopedia of Astronomers,P39

(٢) ولد بالقرب من حران ، وتوفي في بغداد عام ٩٠١ م، عمل مترجمًا عن اليونانية ، وقام بترجمة العديد من النصوص الفلكية اليونانية، وبخاصة كتاب المجسطي، وقام بإصلاح نسخة حنين بن إسحاق عن المجسطي. Thomas Hockey, The Biographical Encyclopedia of Astronomers,P357.

(٣) مخطوط أيا صوفيا ٤٨٣٠/١٣

(٤) الشريف أبو القاسم علي بن الحسين بن الأعلم، رياضي فلكي ومنجم عاش في بغداد، توفى سنة ٣٧٥ هجرية. حظي بمكانة طيبة عند عضُد الدولة.كان ابن الأعلم راصدًا وصانعًا للآلات الفلكية.اشتهر ابن الأعلم بزيجه الشهير. Hockey, The Biographical Encyclopedia of Astronomers,P549.

الوفاء البوزجاني (٣٢٨-٣٨٨هـ)[١]، والصاغاني (ت٩٩٠م)[٢] وأبي سهل القوهي (ت٤٠٥هـ)[٣].

من أفضل ما كُتب عن الآلات الفلكية هو كتاب البيروني "استيعاب الوجوه الممكنة في صنعة الأسطرلاب"، والذي اعتمد فيه كثيرًا على أعمال سابقيه، وكان معاصره الأصغر ابن سينا قد كتب رسالة في عمل آلة رصدية بها نظام مبتكر لدقة الرصد[٤]، وقد بنى ابن سينا وتلميذه الجوزجاني (ت نحو عام ٤٢٨هـ) هذه الآلة لاحقًا في همدان في عام ١٠٢٠ م تحت رعاية علاء الدولة (حكم ١٠٠٨-١٠٤٢ م) .

أما في المراحل المتأخرة استمرت الرعاية المقدمة لعلماء الفلك، وتمثَّلت في مرصد مراغة ، والذي كان به العديد من الآلات الفلكية العملاقة ، وكتب مؤيد الدين العرضي (١٢٠٠-١٢٦٦م)[٥] رسالة في آلات الرصد المستخدمة في المرصد[٦]، أعاد ألغ بيك (ت١٤٤٩م) في القرن الخامس عشر الميلادي هذه التجربة ، وقام ببناء مرصد سمرقند الذي احتوى على آلات فلكية عملاقة.

---

(١) هو محمد بن محمد بن يحيى بن إسماعيل بن العباس البوزجاني، ولد في بوزجان، وهي بلدة صغيرة بين هراة ونيسابور، نشأ في عائلة علمية، فكان عمه رياضيًا يدعى المغازلي، وكذلك خاله ، درس أعمال البتانيّ، انتقل إلى بغداد وبقي فيها حتى وفاته، وفي بغداد أصبح واحدًا من أشهر العلماء في الفلك والرياضيات، واشتغل بالرصد في المرصد الذي أنشأه شرف الدولة سنة ٩٨٨ م، وكان أبو الوفاء يُلقب بالحسّاب والمهندس، تم إطلاق اسمه على أحد الفوهات على القمر-Thomas Hockey, The Bio graphical Encyclopedia of Astronomers,P188

(٢) أبو حامد أحمد بن محمد، كان فاصلا في الهندسة والهيئة، إلا أنه تفرغ للهيئة، وكان يُحكم صناعة الأسطرلاب، وله زيادة في الآلات القديمة وعليه اعتمد عضد الدولة في المرصد ببغداد ، ذكره القفطي، وقال : توفي في ذي الحجة سنة ٣٧٩ ببغداد .Thomas Hockey, The Biographical Encyclopedia of Astronomers,P1004

(٣) هو أبو سهل ويجن بن رستم القوهي ، من العلماء المسلمين الذين اشتهروا في الفلك والرياضيات في القرن الرابع الهجري/ العاشر الميلادي وهو من قوه في جبال طبرستان، لكنه عاش في بغداد. ولما تولى شرف الدولة البويهي الحكم، قرَّبه منه وعينه سنة ٣٧٨هـ / ٩٨٨م رئيسًا للمرصد الذي أسسه في بغداد، وطلب منه أن يقدم له دراسة عن رصده للكواكب السبعة من حيث مساراتها وتنقلها في بروجها .Hockey, The Biographical Encyclopedia of Astronomers,P659

(٤) موسوعة تاريخ العلوم العربية ج ١ ص ٣٨ .

(٥) هو مؤيد بن بريك المهندس العرضي العامري . ولد في سوريا ، خلف لنا رسالة في وصف آلات الرصد التي أقامها في مرصد مراغة ، يذكر في رسالة آلات الرصد أنه كان قد صنع آلة وهو في دمشق. له كتاب الهيئة.Thomas Hockey, The Biographical Encyclopedia of Astronomers,P1161

(٦) موسوعة تاريخ العلوم العربية ج ١، ص ٤١.

في زمن المماليك كان تدريس الآلات الفلكية يتم في المساجد والمدارس ، مثل مدرسة جاني بك، وأدى الطلب المتزايد على الآلات الفلكية إلى تطويرها واستخدام بديل متوفر من الخامات اللازمة لصناعتها، فقد كانت صناعة الأسطرلاب تعتمد على النحاس الأصفر الذي يحتاج لطرق وحفر وثقب على المعدن ، والذي يكلِّف الكثير من المال والجهد، وليس في متناول الطلبة، نجد أن الآلات تحولت إلى الأرباع ، والتي من الممكن أن تُصنَع من الخشب . أكثر صانعي الآلات يشيرون إلى استخدام خشب الجوز[١] . ويُرسَم أو يُلصق عليها ورقة بها رسوم الآلة.

٢. أنواع الآلات الفلكية

وتوجد لدينا العديد من الآلات الفلكية المتبقية حوالي ١٥٠ أسطرلابًا، الكثير من الأرباع ، ٢٠ مزولة، وحوالي ٥٠٠ رسالة بالعربية والتركية والفارسية في عمل واستخدام الآلات الفلكية ، تتنوع تصنيفات الآلات الفلكية، فمن الممكن تصنيفها تبعًا للنوع ، أو الغرض، أو العدد، أو تاريخ ابتكارها وصنعها، وسنقوم بالتركيز على التصنيف بالنوع والغرض .

وبالنسبة لأنواع الآلات الفلكية فيمكننا تصنيفها إلى أصناف رئيسة تبعًا لنوعها، وهي[٢]:

أ - الآلات الكروية .

ب - آلات التسطيح وهي تشمل الأسطرلاب ، والأرباع الناتجة عن الأسطرلاب مثل ربع المقنطرات .

ت - أرباع حساب المثلثات .

ث - الآلات الشاملة لجميع العروض .

ج - آلات الرصد .

ح - آلات القبلة .

خ - المزاول .

---

(١) كشف القناع، لابن العطار ، مخطوط دار الكتب المصرية ١٢٤ ميقات.

(٢) الصفحات التالية هي مختصر من أسامة فتحي، المخطوطات الفلكية في دار الكتب.

٢/ ١ـ الآلات الكروية

٢/ ١/١ـ الأسطرلاب الكروي

وهو عبارة عن كرة ثابتة عليها رسوم خاصة بما يسمى بالسمت والارتفاع، وعليها جزءٌ متحرك خاص بدائرة البروج، وهو تمثيل للسماء بنجومها مع الأرض، وهذا الأسطرلاب لا يعتمد على أي من أنواع التسطيح أو الإسقاط المستخدم في الأسطرلاب المسطح[١]، وأحيانًا كثيرة يتم الخلط بين الأسطرلاب الكروي والكرة . انظر ٢/١/٢ . في القديم والحديث[٢] . ويوجد نموذج وحيد لهذا الأسطرلاب في متحف تاريخ العلوم بأكسفورد ، عليه اسم صانعه، وهو " موسى" بتاريخ ٨٨٥ هـ[٣]. انظر شكل ١٥ في الملحق.

٢/١/٢ ـ الكرة

وهي كرة تمثل السماء وعليها صور النجوم، وأشكال و أسماء المجموعات النجمية، وحولها يوجد حلقتان : إحداهما تمثل دائرة الأفق ، والأخرى تمثل دائرة الزوال، وتُقسَّم ٣٦٠ قسمًا متساويًا، ويتم ربط الحلقة الأولى الخاصة بالأفق بأربعة – أو ثلاثة – قوائم؛ لكي تقف عليها هذه الكرة ؛ ولذا تسمى أيضًا بـ "ذات الكرسي" وتُرسم عليها ـ أي الكرة ـ دائرة البروج وقطبا البروج ، وأيضًا يُرسم قطبا معدل النهار، ونجد أنّ من أشهر الكرات هي الكرة التي صنعها الفلكي عبد الرحمن الصوفي لعضد الدولة البويهي ، وكانت من الفضة ، وبيعت في مصر بثلاثة آلاف دينار[٤] ، واستخدامات هذه الآلة تتعدَّد من معرفة شروق وغروب النجوم (الكواكب الثابتة) والدورة السنوية للشمس، وهي مناسبة للاستخدامات التعليمية أكثر من الاستخدامات الرصدية العلمية .انظر شكل ٩ في الملحق.

---

(١) المراكشي، جامع المبادئ ، ص ٦٨١ .

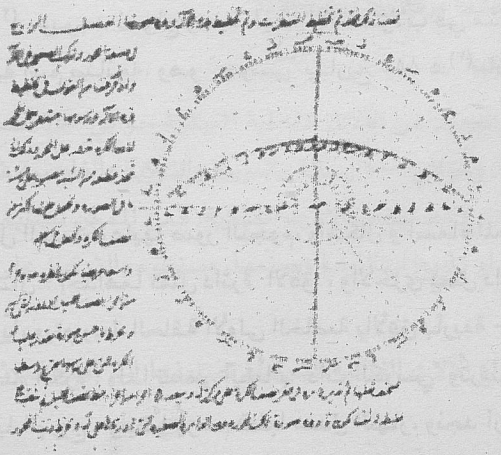
(2) Charrete, Mathematical Instrumentation p61.

(3) Maddison, A fifteenth-century .

(٤) العزاوي، تاريخ علم الفلك ، ص ٨٩ .

٣/١/٢ ـ الشاملة

الآلة الشاملة هي آلة ابتكرها الخجندي (ت ٣٩٠ هـ)[١]، وهي عبارة عن نصف كرة مجوَّفة وعليها رسوم في سطحها الداخلي تمثل الإحداثيات الأفقية، وهي المقنطرات (دوائر الارتفاع) والسموت، ويكون قطرها الأعظم هو دائرة الأفق وبالنسبة للمقنطرات، يكون مركزها هو نقطة سمت الرأس، وسنجد أن ابن الشاطر قد انتقد بشدة هذه الآلة نظرًا لشكلها المستقبح[٢] ولصعوبة حملها وصناعتها .(شكل ١).



شكل ١ رسم يبين الآلة الشاملة التي ابتكرها الخجندي (مخطوط دار الكتب برقم ٩٧٠ ميقات)

٢ / ١/ ٤ ـ ذات الحلَق

من الآلات القديمة التي يعود تاريخها إلى اليونان، وأقدم تاريخ مسجل لاستخدامها يعود إلى القرن الأول قبل الميلاد[٣]، وقد أشار إليها بطلميوس في كتابه المجسطي (المقالة الخامسة الفصل الأول)، وذكرها أيضًا نصير الدين الطوسي (ت٦٧٢هـ) في

---

(١) حامد بن الخضر أبو محمود الخجندي. عالم رياضي وفلكي ، اشتهر في القرن الرابع الهجري . ولد في مدينة الري (جنوب شرقي طهران) حيث تلقى فيها معارفه الأولى، وبها تتلمذ على كبار أساتذة عصره . اهتم الخجندي بالعلوم الرياضية والفلكية ولمع اسمه في سن صغيرة، وفي مرصد الري عمل الخجندي تحت رعاية فخر الدولة البويهي الذي أعانه ماليًا . ولقد تمكن الخجندي من صنع بعض الآلات مثل آلة السدس. Hockey, The Biographical Encyclopedia of Astronomers,P630

(٢) مخطوط دار الكتب المصرية ١٣٨ ميقات.

(3) Evans, The History and practice p78.

كتابه "تحرير المجسطي": " في صنعة آلة تقاس بها الكواكب وهي ذات الحلق"[١] وهي الآلة الرئيسة التي اعتمد عليها بطلميوس في أخذ أرصاده[٢]، وسمَّاها في كتابه بالأسطرلاب ، وهي غير الأسطرلاب المسطَّح المعروف، وكانت تُسمى أيضًا بالأسطرلاب الرصدي[٣]، وتعتمد هذه الآلة على عدد من الحلَق الدائرية ، وهي تمثل الدوائر الرئيسة في السماء ، وهذه الدوائر هي : دائرة المعدل، ودائرة فلك البروج، ودائرة الزوال، ودائرة الأفق.

٢/٢ـ آلات التسطيح

٢ / ٢/ ١ـ الأسطرلاب المسطح (الشمالي)

والأسطرلاب آلة مسطحة يتحرك بعضها ويثبت البعض الآخر، فتحكي أشكاله أشكال الفلك كما في الواقع، وهو عبارة عن تحويل الكرة السماوية ثلاثية الأبعاد إلى ثنائية الأبعاد (سطح)؛ ولذا يُطلق على هذه الطريقة اسم "تسطيح الكرة": وفي الاصطلاح الحديث يُسَمَّى "الإسقاط التصويري المجسم "Stereographic Projection، ويختلف نوع الأسطرلاب حسب نوع التسطيح (الإسقاط): فالأسطرلاب الشمالي نقطةُ تسطيحه القطبُ الجنوبي، والأسطرلاب الجنوبي (ويُعْمَل به لنصف الكرة الأرضية الجنوبي) نقطة تسطيحه القطبُ الشمالي، وعندما يتداخل الإسقاط الجنوبي مع الإسقاط الشمالي يمكن عمل أشكال أخرى من الأسطرلاب، مثل: الأسطرلاب الآسِي، والطبلي، والسرطاني، والسلحفي، والجاموسي، وغيرها[٤].

ينقسم الأسطرلاب المسطح إلى جزأين رئيسين : الأول يمثل السماء ، وهو جزء متحرك؛ وهو عبارة عن مدار البروج - ويسمى العنكبوت - وهو مسار الشمس في دائرة البروج وأماكن لألمع نجوم في السماء، والجزء الثاني هو جزء ثابت يمثل الأرض الثابتة ؛ وهو عبارة عن دوائر الارتفاع (المقنطرات) وخطوط السمت، وهي خاصة بعرض معين وتعرف بالصفيحة، وكانت تتعدد الصفائح لعروض بلدان مختلفة ، وكانت تحتوي الأسطرلابات - على ظهرها - رسومات خاصة لتحديد وحل بعض مسائل حساب المثلثات أو تحديد سمت القبلة وغيرها (انظر شكل ٢).

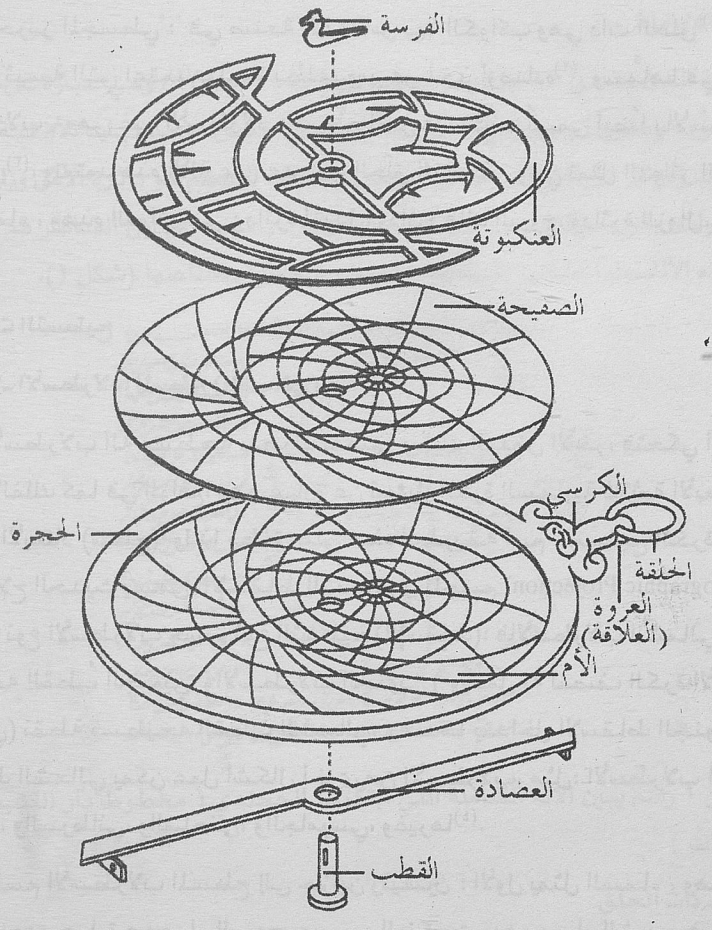
---

(١) تحرير المجسطي، للطوسي ، مخطوط بلدية الإسكندرية برقم ١٢٥٩١/ د فلك، ص ٦٣ ظ.

(٢) جامع المبادئ، للمراكشي ، ص ٨٤٢ .

(3) Charrete, Mathematical Instrumentation. ، القسم العربي ، ص ٤٢

(٤) جامع المبادئ، ص ٧٢٦ .



شكل ٢ يبين أجزاء الأسطرلاب الرئيسة نقلا من كتاب (Morrison,The Astrolabe)

٢/٢/٢ - ربع المُقَنْطَرَات

ربع المقنطرات هو عبارة عن ربع أسطرلاب مسَطَّح،وربما يرجع اختراعه لفلكي مصري في القرن السادس أو السابع الهجري (الحادي عشر أو الثاني عشر الميلادي) وهو قائم ببساطة على التماثل الموجود بين مقنطرات الأسطرلاب من ناحية المشرق والمغرب بالنسبة للخط الذي يقسم الأسطرلاب نصفين رأسيًا - خط الزوال - وكان يصنع لخط عرض واحد فقط ومن الخشب، بعكس الأسطرلاب المسطح الذي كان يعمل لعدد من العروض وبعدة صفائح ومن النحاس، و يقوم ربع المقنطرات بالحسابات

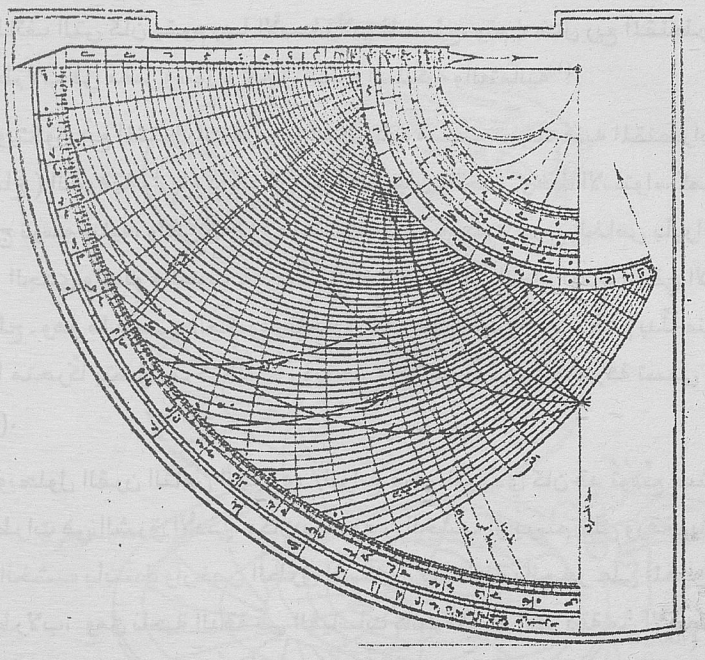
والوظائف التي كان يقوم بها الأسطرلاب المسطح، وتم إدخال ربع المقنطرات بديلا للأسطرلاب في مصر وسوريا خلال الفترة المملوكية والعثمانية[١].

ويتكون ربع المقنطرات من ربع أسطرلاب مسطح توجد عليه المقنطرات (دوائر الارتفاع) الشرقية وأرباع دوائر كلٍّ من السرطان والجدي وخط الاستواء، كما أن دائرة البروج تُرسَم عليه، ولكن كأرباع منفصلة، فيُرسَم عليه الربع الخاص بأبراج الشتاء؛ وهي: الجدي والدلو والحوت على الاستقامة، وبدلًا من الجزء المتحرك في الأسطرلاب المسطح - وهو ما يسمى بالعنكبوت المحتوي على دائرة البروج - نستخدم بدلًا منه حبلا أو خيطًا متحركًا يتصل بمركز الربع ، ويوجد فوق الحبل قطعة متحركة تسمى المووري (أو المُري).

وبحلول القرن الثامن الهجري /الرابع عشر الميلادي كان قد تُوُسِّع استخدام ربع المقنطرات في الشرق الأدنى، وكان يصنع من الخشب أو يُرسَم على ورقة ويتم لصقها على الخشب بأبسط وأرخص الطرق الممكنة ، بالمقارنة بالحفر على المعدن في حالة الأسطرلاب، ومن ناحية الدقة في القياسات كانت الأرباع أكثر دقة من الأسطرلاب عند استخدام نفس المقاس ، نظرًا لأن ربع المقنطرات هو ربع أسطرلاب؛ وبالتالي فإن الرسوم ستكون أكبر من نظيرتها على الأسطرلاب عندما يكون المقاس ثابتًا (انظر شكل ٣). وكان يُرسم الربع المجيب على ظهر ربع المقنطرات من أجل أهداف تعليمية في المساجد والمدارس[٢]، وهو ما سنتكلَّم عنه لاحقًا.

(1) King, The Astronomy of the Mamluks

(2) Charrete, Mathematical Instrumentation p84



شكل ٣ رسم يمثل ربع المقنطرات (نقلا من كتاب أحمد باشا مختار" رياض المختار مرآة الميقات والأدوار")

٢/ ٣ ـ آلات حساب المثلثات

٢ / ٣/ ١ـ الربع المُجيَّب

وهو من أكثر الآلات الفلكية استخدامًا، وظل مستخدمًا خلال الفترة المملوكية والعثمانية، نجم الدين المصري (النصف الثاني من القرن السابع الهجري): " الربع المجيَّب وهو أشرف الآلات الآفاقية وأحسنها وأقربها إلى الهيئة"[١]، ويعود اختراع هذه الآلة إلى القرن التاسع في بغداد ـ من المرجح أن يكون الخوارزمي[٢] هو من قام باختراع تلك الآلة ـ وبحلول القرن العاشر كانت استخدامات الربع المجيَّب قد تعددت ودخلت في حل أغلب مسائل علم الفلك، ورسومها تشبه ورقة الرسم البياني الحديثة، ولكن عليها ربع دائرة يحيط بها وخيط متصل بمركز هذا الربع[٣] (انظر شكل ٤) . وكان يوضع هذا الربع في بادئ الأمر على ظهر الأسطرلاب المسطح وعلى أحد أرباعه العليا . ويعتبر

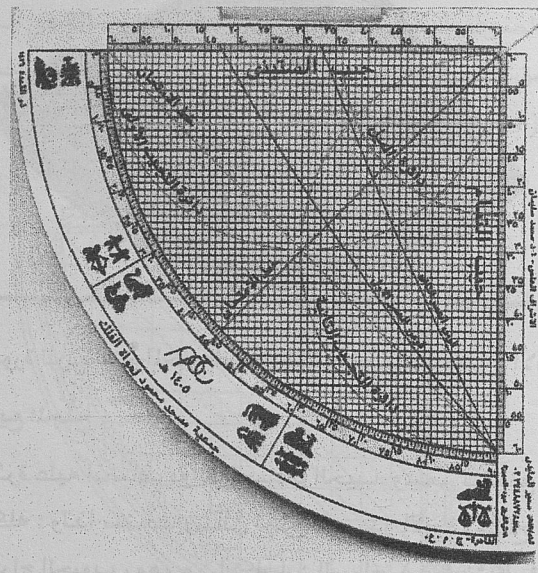
---

(1) Charrete, Mathematical Instrumentation. القسم العربي ص ٦٦ ،

(٢) جامع المبادئ.

(3) KING, In Synchrony with the Heavens.

الربع المجيَّب هو الشكل القياسي، ولكن تفرَّع عن الربع المجيَّب العديدُ من الآلات الخاصة بحساب المثلثات، وأبدع العلماءُ فيها، مثل: ابن الشاطر، وابن السراج (كان حيًا عام ٧١٤ هـ)[١] والذين كان بينهما مراسلات وتعاون مشترك في ابتكار الآلات الجديدة، فنجد أن هناك آلة كان قد ابتدأ ابن السراج في ابتكارها، ولكنه أرسلها إلى ابن الشاطر لكي يكملها، وبعدها أعادها له ابن الشاطر بعد أن أنهاها[٢].



شكل ٤ الربع المُجيَّب (إعادة تصميم بناء على "كتاب رياض المختار مرآة الميقات والأدوار"، صنعه سمير العايدي)

وكما يندرج تحت ربع المقنطرات العديد من الآلات الفلكية التي استُنبطت عنه، وهي عبارة عن تعديلات أو إضافات له، كذلك هناك العديد من الآلات التي تفرَّعت أيضًا عن الربع المجيب مثل:

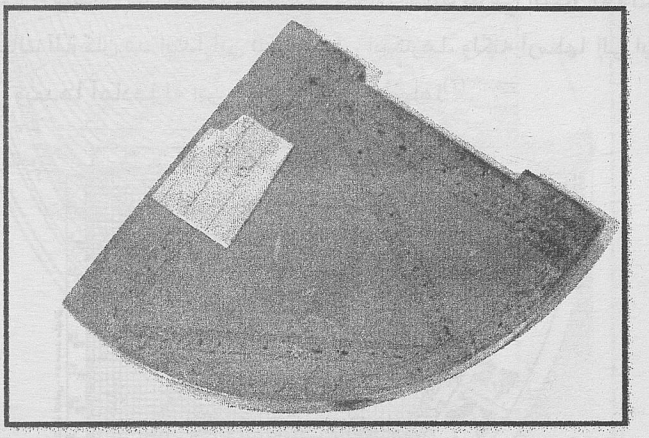
٢/ ٣/ ١/ ١- الربع التام

هي آلة ابتكرها ابن الشاطر الدمشقي للاستغناء عن كل الآلات الفلكية الأخرى ويشير العديد من المؤرخين إلى أن ابن الشاطر اخترعها بين عامي ٧٣٣-٧٣٩ هـ، وإن كنَّا

(١) هو شهاب الدين أحمد بن أبي بكر، المعروف بابن السراج، كان صانعًا للآلات الفلكية بحلب، ومن المحتمل أنه زار القاهرة، ولم يُعرف عنه أنه اشتغل مؤقتًا في أي مسجد. KING, In Synchrony with the Heavens ص٦٧١ .

(2) Charrete, Mathematical Instrumentation p15.

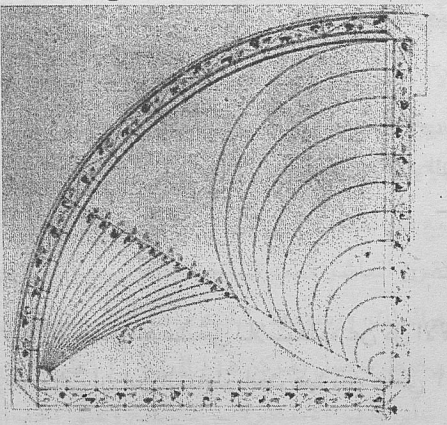
نرجح أنه اخترعها في عام ٧٣٧ هـ، وهي أيضًا عليها رسومات خاصة بحسابات المثلثات وتُستخرج منها كافة الأعمال الفلكية. انظر شكل ٦، وشكل ٧.



شكل ٥ صورة للربع التام المحفوظ بدار الكتب المصرية برقم ١٤ آلات فلكية

٢/ ٣/ ١/ ٢- الربع المجَنَّح

هو ربع دائرة عليه أنصاف دوائر لحساب الجيب، وسمي بالمجنح لأنه يشبه جناح الطائر في شكله ؛ ولذا سنجد رسائل تعرفه "بصدر الأوزة وجناح الغراب"[١]، وهو يُستخدم لاستخراج الجيوب ، وهو من ابتكار ابن السراج. (انظر شكل ٨) .

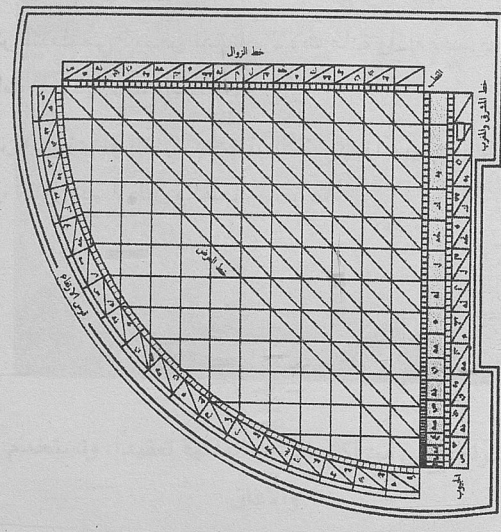


شكل ٦ ربع مجنح (مخطوط دار الكتب المصرية رقم ٢/ ٤٠ مصطفى فاضل رياضة)

(١) كشف القناع في رسم الأرباع ، ص ١٢ ظ.

٢/ ٣/ ١/ ٣ ـ الربع العلائي

آلة ابتكرها ابن الشاطر الدمشقي، وهي قريبة الشبه بالربع التام، وسماها على اسمه "العلائي" – اسم ابن الشاطر هو علاء الدين – وتُعرف أيضًا بربع الأوتار أو جيب الأوتار، وتبعًا لابن العطار فإن مخترع هذه الآلة هو ابن السراج وليس ابن الشاطر[١]، ومن المحتمَل أن تكون هذه الآلة تعاون فيها كلٌّ من ابن الشاطر وابن السراج ، فطبقًا لابن أبي الفتح الصوفي أنّ ابن السراج أرسل من القاهرة رسالة في آلة ابتكرها لابن الشاطر في دمشق، الذي أكملها بدوره وكتب فيها رسالة وأرسلها مرة أخرى إلى القاهرة لابن السراج[٢]. (انظر شكل ٩).



شكل ٧ الربع العلائي (إعادة رسم للباحث)

٣ ـ أغراض الآلات الفلكية

كانت الآلات الفلكية في العالم الإسلامي لها أغراض متعددة، فلم يتوقف استخدامها فقط على الجوانب التطبيقية، ويمكننا تقسيم الآلات تبعًا للغرض إلى عدة أنواع[٣] :

---

(١) كشف القناع.

(٢) مخطوط برلين ١١٣٩، ص ٣٧ ظ.

(3) Francois Charrete , the Locals of Islamic instrumentation

١. الغرض التجريبي : حيث يمكن استخدامها كأدوات للرصد لقياس الزوايا، مثل زوايا الارتفاع وغيرها.

٢. الغرض التشغيلي : حيث إن العديد من الآلات كانت قادرة على إيجاد حلول هندسية لمسائل عددية، هدف هذه الآلات هنا البرهنة أو التأكد من صحة البيانات العددية. مثل الربع التام والذي صُمِّمَ خصيصًا لوضع حل هندسي للمسائل العددية للفلك الكروي والميقات .

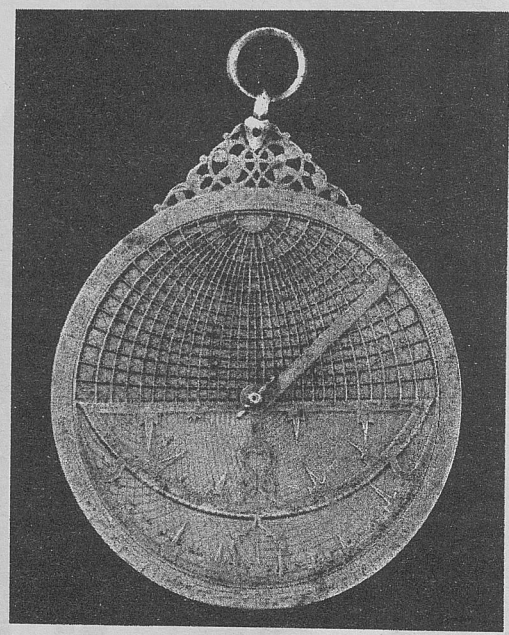
٣. الغرض التمثيلي : يمكن اعتبار الآلات نماذج لتوضيح بعض العلاقات في العالم السماوي، ووضع السماء بين يدي الباحث، مثل الأسطرلاب والكرة.

٤. الغرض التعليمي : يمكن اعتبار الآلات مادة وأداة بصرية تُستخدم في التعليم، ولصقل المهارات المعرفية عند الطلاب.

٥. الغرض الرمزي أو الفني، باعتبار الآلات رمزًا من رموز العلم، وشكلاً من أشكال الهيبة والوقار، حاول السلاطين والعلماء اقتناءها.

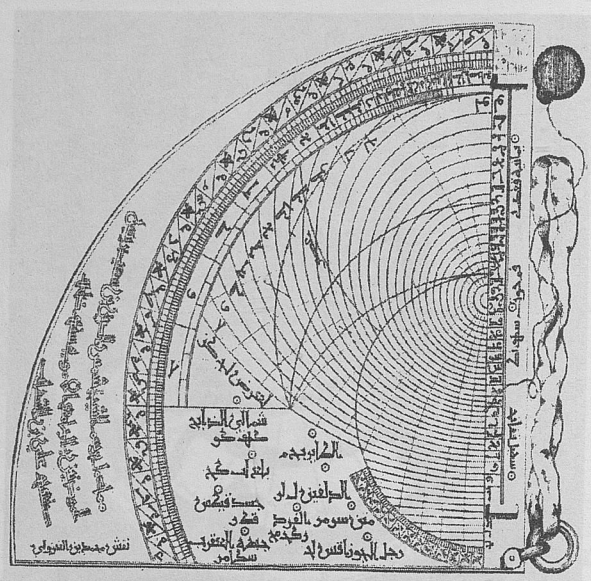
-١

ملحق١(صور لآلات فلكية)

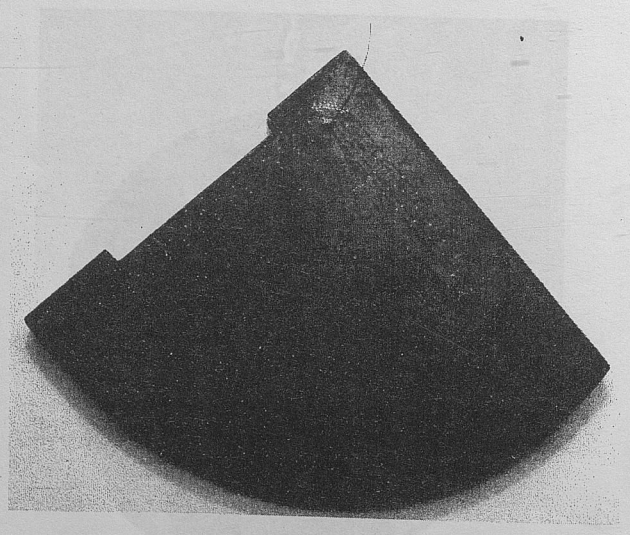


شكل ٨ آلة ابن السراج، وهي من أكثر الآلات الفلكية تعقيداً، وتستخدم لجميع العروض والآفاق

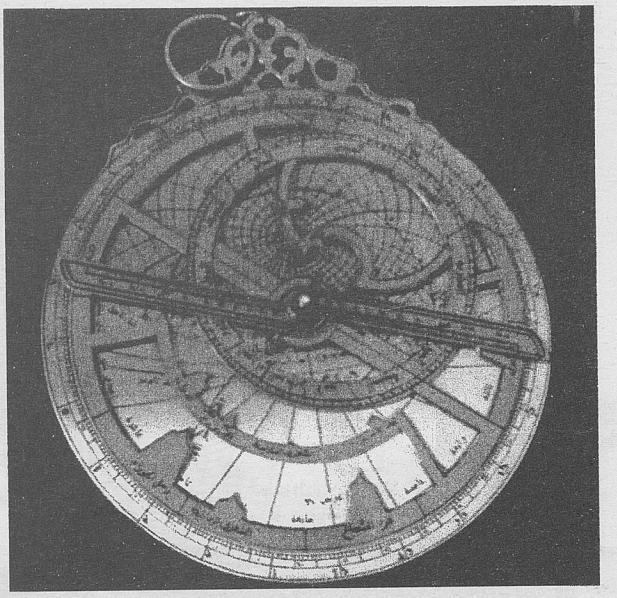
شكل ٩ كرة سماوية (إعادة تصميم بناءً على كتاب "الكواكب الثابتة" ، لعبد الرحمن الصوفي ، مركز توثيق التراث الحضاري والطبيعي)



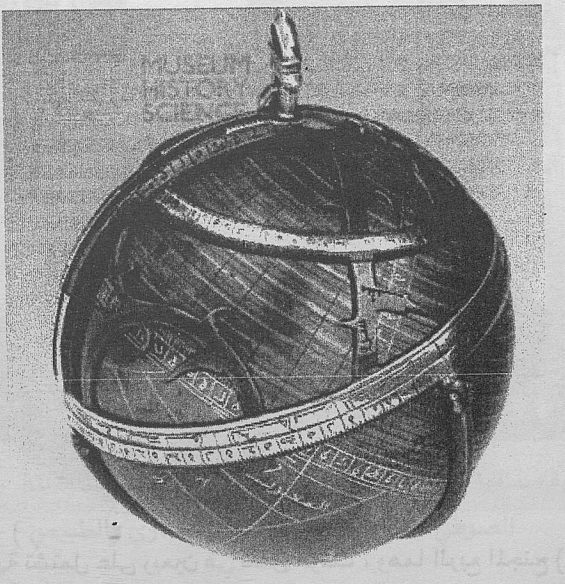
شكل ١٠ ربع مقنطرات (الربع الكامل) مرسوم عليه مقنطرات شمالية وجنوبية ، وعليه مواقع وأسماء للنجوم ، ويعود لعام ٧٣٥ هـ ، صنعه علي بن الشهاب (الصورة من مقالة Morely, Description of an arabic quadrant)



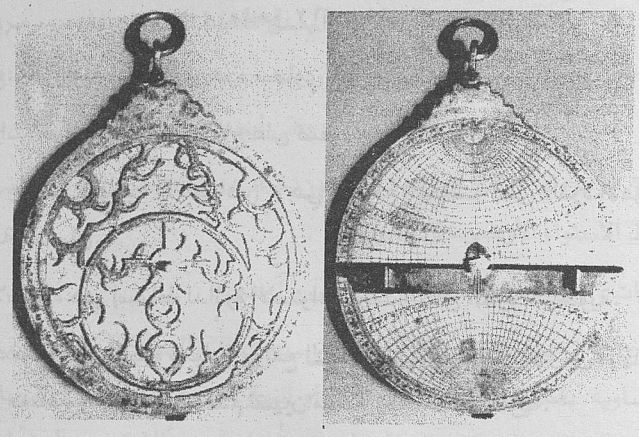
شكل ١١ آلة فلكية تشتمل على ربعين في نفس الوقت ، وهما الربع المجنح (الأقرب إلى المركز) وربع هلالي (الأبعد عن المركز) صنعه عرب زاده عام ١١١٧هـ (محفوظ بدار الكتب المصرية برقم ١٤ آلات فلكية)



شكل ١٢ صورة من أسطرلاب مسطح حديث الصنع (صنعه أسامة فتحي وسمير العايدي ٢٠٠٩)



شكل١٣ صورة للأسطرلاب الكروي الوحيد المتبقي في العالم،يعود تاريخه للقرن الخامس عشرالميلادي،متحف تاريخ العلوم،أوكسفورد



شكل ١٤ صورة لوجه وظهر الأسطرلاب الذي صنعه المزي المحفوظ بمتحف الفن الإسلامي (نقلاً من كتاب (KING, 2004) ص ٧٠٦)

ملحق ٢ (تعريفات)

١. الارتفاع: هوزاوية ارتفاع أي جرم سماوي فوق الأفق.

٢. المقنطرات: دوائر تساوي الارتفاع على صفيحة الأسطرلاب.

٣. السمت وتسمى(زاوية الانحراف) : هي الزاوية االمقاسة على دائرة الأفق بداية من نقطة الشمال.

٤. دائرة الاستواء:هي إسقاط لدائرة الاستواء الأرضية على الكرة السماوية.

٥. الكرة السماوية: هي كرة تخيلية ، وتقع الأرض في مركزها ، ونفترض فيها أن النجوم على مسافة واحدة، وتستخدم لتعيين مواقع الأجرام السماوية.

٦. الإحداثيات الأفقية: هي عبارة عن نظام يتخد لتحديد المواقع في السماء ، ويستخدم دوائر الارتفاع والسموت (زوايا الانحراف)

٧. الإحداثيات الاستوائية : عبارة عن نظام يستخدم لتحديد المواقع في السماء، ويستخدم الميل والمطلع المستقيم

٨. الميل: هو ارتفاع الجرم السماوي عن دائرة الاستواء.

٩. دائرة البروج: مستوى دوران الأرض حول الشمس.

١٠. الأفق: هو المستوى العمودي على الخط الواصل بين الراصد ونقطة السمت، ومماس لسطح الأرض .

١١. سمت الرأس : هي النقطة التي تقع عموديًا فوق الراصد ، وهي أعلى نقطة في السماء ارتفاعًا.

١٢. الصفيحة: جزء من الأسطرلاب، وتحتوي خطًا لأفق والمقنطرات وخط الشفق وخطوط السمت والساعات الزمانية أو المعوجة.

١٣. العنكبوت : هي جزء من الأسطرلاب، وتحتوي على دائرة البروج ومواقع لألمع النجوم في السماء.

١٤. خط الزوال : وهو خط نصف النهار، وهو يمر من الشمال إلى الجنوب مرورًا بنقطة سمت الرأس .

١٥. خط العلاقة : هو خط الزوال المرسوم فى الأسطرلاب .

١٦. خط المشرق والمغرب : هو الخط الذى يصل نقطة الشرق بالغرب ، مرورًا بنقطة سمت الرأس .

١٧. دائرة معدل النهار : هى دائرة الاستواء، وهى أيضًا دائرة الحَمَل والميزان .

١٨. بلد لا عرض له : وهي البلاد التى يكون خط عرضها صفر ، وهى التى تقع على خط الاستواء الأرضى مثل إندونيسيا .

١٩. المدارات : هى مدارات الحمل والسرطان والجدى .

٢٠. الساعات الزمانية : هى عبارة عن تقسيم الليل والنهار إلى اثنتي عشرة ساعة متساوية، بغض النظر عن طول الليل أو النهار، والذى يعتمد على الفصل أو الموسم حيث فى الصيف يكون النهار طويلا والليل قصيرًا (وتسمى أيضًا بالساعات المعوجة ؛ أنها غير متساوية).

٢٢. الساعات المستوية : عبارة عن تقسيم اليوم كله إلى ٢٤ ساعة متساوية ، كما هو معمول به حتى الآن .

٢٣. غاية الارتفاع : هو أقصى ارتفاع تصل إليه الشمس في اليوم ، وهو يكون وقت الظهر مباشرة ، حيث تعبر الشمس خط الزوال .

٢٤. قوس النهار: هو مدة النهار بداية من الشروق وحتى الغروب .