منهجية استنباط الحقائق الفلكية في مرصد المراغة

د. أحمد عزب أحمد(*)

يعد مرصد المراغة الفلكى أحد أضخم المراصد الفلكية وأهمها فى العصور الوسطى قاطبة، وذلك لأن مرصد المراغة كان مؤسسة علمية متكاملة، لها ضوابطها وقواعدها المنظمة لها، أو بتعبير آخر كان هذا المرصد عبارة عن أكاديمية علمية فلكية تضم بين جنباتها كل ما من شأنه إنجاز الهدف، من خلال المساعدة فى الوصول إلى أرصاد فلكية صحيحة ودقيقة، ومن ثم استنباط علل هذه الأرصاد بوصفها ظواهر علمية فلكية، وعلى هذا الأساس تم التعامل مع هذه الأرصاد من خلال قواعد المنطق العلمى الاستقرائى الذى يهدف فى جوهره إلى إجراء ملاحظات دقيقة لكافة الظواهر الفلكية، وهذه الملاحظات تأتى متسلحة بالأدوات الفلكية الدقيقة؛ تمهيدًا لتقديم تفسيرات وتعليلات لهذه الملاحظات، ومن ثم استنباط فروض علمية فلكية صحيحة وتدوينها فى جداول (أزياج) فلكية.

هناك مجموعة من الثوابت التى ينبغى الاتفاق عليها وهى التى شيدت عليها الأبحاث الفلكية عند العرب والمسلمين، وهى:

أولا: مصدرا علم الفلك عند العرب والمسلمين:

المصدر الأول: الهيلينى السكندرى، ورائده بطليموس (١٥٠م تقريبا) مؤلف موسوعة المجسطي(١) فى الرياضيات والفلك، وكانت هذه الموسوعة الضخمة عونا

(*) مدرس المنطق وفلسفة العلوم - بكلية الآداب - جامعة حلوان.

(١) المجسطى: اسم ابتكره علماء العرب لكتاب بطليموس الرئيس فى الفلك، وقد ذهب حاجى خليفة فى كشف الظنون إلى أن المجسطى كلمة معناها (الترتيب)، أصلها ماجستوس، لفظ يونانى مذكر، ومؤنثه ماجستى ثم قال: «وأما المجسطى فمعناه (الأعظم) فى لغتهم، **انظر حاجى خليفة. كشف الظنون عن أسامى الكتب والفنون. طبعة ليدن. ١٨٥٨م. ص ١٢٣**، أما البيرونى فيشير إليه باسم سينطاسيس، ويفسر هذا بأنه (الفكر فى ترتيب المقدمات)، والبيرونى هنا أدق؛ لأن اسم الكتاب الأصلى ميجالى سونتاكسيس ماثيماتيكى (الجامع الرياضى الكبير)، ولم يرد الكتاب فى أى نسخة من نسخه اليونانية باسم مجستى، **انظر البيرونى. القانون المسعودى فى الهيئة والنجوم. حيدرآباد. الدكن. الهند ١٩٥٤م**، ص ٢٥. وذهب كارلو نيلينو إلى أن العرب نحتوا اسم المجسطى من الاسم الأصلى للكتاب. **انظر نيلينو. تاريخ علم الفلك عند العرب فى القرون الوسطى. روما ١٩١١م** - ص ٢٢٢ - ٢٢٣، والمهم لدينا أن ذلك الاسم الذى ابتكره العرب لازم الكتاب عندما تُرجم إلى اللاتينية ثم إلى اللغات الأوربية فعرف باسم Almageste ، وهذا الكتاب يتألف من ثلاث عشرة مقالة معظم موضوعاتها داخل فى نطاق المفهوم الإغريقى للفلك، وهذه المقالات هى: **المقالتان الأولى والثانية**: تمهيديتان تحتويان على شرح الفروض الفلكية والطرق الرياضية، فيبرهن بطليموس على كروية الأرض، ويصادر على كروية السماء ودورانها حول الأرض الساكنة فى الوسط، **المقالة الثالثة**: تنظر فى طول السنة وحركة الشمس، ويستخدم بطليموس أفلاك =

كبيرا لأبحاث حركات الأجرام السماوية عند العرب والمسلمين، وقد ترجمت تلك الموسوعة إلى العربية.

٢ - **والمصدر الثانى:** المصدر الهندى، وخاصة بعد تأليف كتاب السند هند الكبير(*) وتولى ذلك محمد بن إبراهيم الفزارى (توفى ٤٨٠هـ/ ١٠٨٧م)[١].

ثانيا: أن علم الفلك هو أحد أقسام الرياضيات الأربعة وهى:

١ - علم الجومطريا (الهندسة).
٢ - علم الأسطرنوميا (الهيئة أو الفلك).
٣ - علم الأرثماطيقى (العدد والحساب).
٤ - علم الموسيقى (النغم واللحون)[٢].

ونجد أن «الهندسة آلة (طريقة) لعلم الهيئة (الفلك)»[٣] أى أن الفلك هو أحد

= التوير والأفلاك الخارجة عن المراكز ، **المقالة الرابعة:** تنظر فى طول الشهر والنظرية الخاصة بالقمر، **المقالة الخامسة:** تتناول طريقة صنع الأسطرلاب، ثم تتابع تناول نظرية القمر، وقياس قطرى الشمس والقمر، وظل الأرض، وقياس المسافة بين الشمس والأرض، ومقادير الشمس والأرض والقمر، **المقالة السادسة:** تتناول كسوف الشمس، وخسوف القمر. **المقالتان السابعة والثامنة:** تتناولان الاعتدالين، وفيهما جدول بالنجوم ووصف للمجرة وصنع الكرة التى تمثل الفلك. **المقالات التاسعة والعاشرة والحادية عشرة والثانية عشرة والثالثة عشرة:** تتناول حركات الكواكب السيارة، وهى أكثر أجزاء كتاب المجسطى أصالة، **وموضوع التاسعة** الأمور المهمة مثل ترتيب الكواكب السيارة من جهة بعدها عن الأرض وأزمنة دورانها، ثم تنظر فى كوكب عطارد، **وموضوع العاشرة** هو كوكب الزهرة، **وموضوع الحادية عشرة** هو كوكبا المشترى وزحل، وتنظر **الثانية عشرة** فى البعد الأعظم لكل من المشترى والزهرة، **والمقالة الثالثة عشرة** تنظر فى مدارات الكواكب السيارة عرضا وميولها ومقاديرها، انظر جورج سارتون - العلم القديم والمدنية الحديثة - ترجمة د. عبد الحميد صبرة - مؤسسة فرانكلين للطباعة والنشر - القاهرة ١٩٥٩م - ص ٩٩ إلى ص ١٠٣.

(*) وصلت آراء الهنود الفلكية إلى العرب والمسلمين عن طريق كتاب (السدهانتا) الهندى، الذى ألفه براهماجولتا الهندى حوالى سنة ١٥٤هـ/ ٧٧١م تقريبا، وأسماه العرب (بالسند هند الكبير) وقام بترجمته ونقله إلى العربية محمد بن إبراهيم الفزارى، ويعقوب بن طارق وغيرهما، وأخذ العرب عن الهنود الرأى القائل بالخط الذى يقسم القبة السماوية ويمر بموقع العرين، وكذلك قسموا دائرة القبة بعد ذلك إلى ٣٦٠ قسما سُمى كل قسم منها درجة، ويمر بكل منها خط من خطوط الطول، وظل معمولا به زمنا طويلا، **انظر القفطى. إخبار العلماء بأخبار الحكماء. القاهرة ١٣٢٦م. ص ١٧٧.**

(١) د. صبرى الدمرداش - قطوف من سير العلماء - تقديم د. عبدالرازق حلمى - الجزء الثانى - مؤسسة الكويت للتقدم العلمى - الكويت ١٩٩٧م - ص ١٣٥٩، ١٣٦٠.

(٢) الخوارزمى (أبو عبد الله محمد بن أحمد بن يوسف الكاتب) - رسالة الحدود الفلسفية (ضمن كتاب عبدالحميد الأمير الأعسم)، رسائل منطقية فى الحدود والرسوم للفلاسفة العرب - دار المناهل - ط ١ - بيروت ١٩٩٣م - ص ٨٦.

(٣) الخوارزمى - مفاتيح العلوم - تحقيق فان فلوتن - تقديم د. محمد حسن عبدالعزيز - الهيئة العامة لقصور الثقافة - سلسلة الذخائر - القاهرة ٢٠٠٤ - ص ٢١٥.

أقسام العلوم الرياضية الأربعة، ووسيلة تحصيله وإدراكه تتم من خلال الهندسة وعلم الفلك هو فى جوهره عبارة عن "معرفة تركيب الأفلاك وهيئتها وهيئة الأرض"[١]، ويستفيض ابن الأكفانى (ت ٧٤٩هـ/ ١٣٤٨م) فى تعريف علم الفلك (الهيئة) فيقول: "علم الهيئة" وهو علم يُعلم منه أحوال الأجرام البسيطة العلوية والسفلية وأشكالها وأوضاعها ومقاديرها، وأبعاد ما بينها وحركات الأفلاك والكواكب ومقاديرها، وموضوعه الأجسام من حيث كمياتها وأوضاعها وحركاتها اللازمة لها"[٢].

ثالثا: أقسام علم الهيئة (الفلك) أربعة أقسام هى:

الأول: وفيه يُبحث عن جملة الأفلاك ووضع بعضها إلى بعض، ونسبة بعضها إلى بعض.

الثانى: وفيه يُبحث عن حركات الأجرام السماوية، وأنها كلها كروية، وعددها وكيفياتها، وجهاتها، والسبيل إلى معرفة مكان كل واحد من الكواكب من أجزاء البروج فى كل وقت، ولواحق الحركات السماوية، مثل الخسوف والكسوف وغيرها،

الثالث: وفيه يُبحث عن الأرض من حيث ما كان مغمورا منها أو معمورًا، والحركة اليومية، وشروق الشمس وغروبها ـ المطالع والمغارب ـ ومقادير الليالى والأيام، نظرا لاختلاف طول اليوم والليل من فصل إلى فصل ومن يوم إلى يوم.

الرابع: وفيه يُبحث عن مقادير أجرام الكواكب وأبعادها والمسافة بين الأفلاك[٣].

والعلوم المتفرعة من الفلك عند العرب والمسلمين هى[٤]:

١ - **علم الأزياج والتقاويم:** وفيه يبحث عن مقادير حركات الكواكب السيارة، وتحديد موقع كل واحد منها بالنسبة إلى فلكه، وإلى فلك البروج، وانتقالاتها وروجوعها واستقاماتها وشروقها وغروبها فى كل زمان ومكان، وما يلزم ذلك من اتصال بعضها ببعض، وكسوف الشمس وخسوف القمر، وما يجرى هذا المجرى.

٢ - **علم المواقيت:** علم نعرف منه طول الأيام والليالى وأحوالها وكيفية التوصل

(١) ابن الأكفانى ـ إرشاد القاصد إلى أسنى المقاصد ـ تحقيق وتقديم عبداللطيف العبد ـ مكتبة الأنجلو ـ القاهرة ١٩٧٨م ـ ص ٥٤.

(٢) المصدر السابق ـ ص ١٤١، ١٤٢.

(٣) المصدر السابق ـ ص ١٤٢.

(٤) أحمد فؤاد باشا (إشراف وتقديم) ـ إسهامات الحضارة العربية والإسلامية فى علوم الفلك ـ مركز توثيق التراث الحضارى والطبيعى ـ مكتبة الإسكندرية بالتعاون مع الأزهر واليونسكو ـ باللغة العربية والإنجليزية والفرنسية ـ ص ٨، ٩.

إليها، وانحراف البلدان بعضها عن بعض ، وأهمية هذا العلم بكونه يؤدى إلى معرفة الوقت بصورة عامة وأوقات العبادات بصورة خاصة باستعمال المزاول الشمسية والمائية وغيرها.

٣ - **علم الأرصاد (الرصد الفلكى)**: وهو علم نعرف من خلاله كيفية تحصيل مقادير الحركات الفلكية، والتوصل إليها بالآلات الرصدية، وهو الهدف الذى نبحث عنه فى علم الفلك.

٤ - **علم تسطيح الكرة**: وهو علم نعرف من خلاله صناعة الآلات الفلكية "والارتياض بعلم هذه الآلات - الفلكية - وعملها وكيفية انتزاعها من أمور ذهنية مطابقة للأوضاع الخارجية"[١].

٥ - **علم الآلات الظلية**: وهوخاص بمعرفة أوقات النهار من خلال آلات معينة[٢].

ثالثا: يأتى علم حساب المثلثات على رأس العلوم الرياضية والهندسية ارتباطا بعلم الفلك، وليس أدل على ذلك من اكتشاف ابن يونس (٥٥١هـ/ ١١٥٦ - ٦٣٩هـ/ ١٢٤٢م) لقانون اللوغاريتمات الذى أسهم فى تطوير الأبحاث الفلكية، وقال المستشرق العلامة سوتر: "وكان لهذا القانون منزلة كبرى قبل كشف اللوغاريتمات الستينية فى حساب المثلثات إلى عمليات جمع"[٣]، وهذا قد ساعد فى تسهيل تعقيدات علم الفلك المتوارثة من اليونانيين، فلقد "سيطر علم الفلك على حساب المثلثات، ولم يظهر باعتباره علما مستقلا بذاته تماما عن علم الفلك إلا فى عام ٨٥٤هـ/ ١٤٥٠م"[٤].

رابعا: هناك فرق بين الفلك (الهيئة) والتنجيم، فالتنجيم أو علم أحكام النجوم يدخل فى باب الشعبذة والخرافة؛ لأنه يهدف إلى "الاعتماد على الطرق الميتافيزيقية الغيبية للتنبؤ بالغيب لتفسير التغيرات فى الهيئة السماوية وعلاقتها بالحياة اليومية[٥]،

---

(١) ابن الأكفانى - إرشاد القاصد إلى أسنى المقاصد - ص ١٤٥، ١٤٦، ١٤٧.

(٢) ابن الأكفانى - إرشاد القاصد إلى أسنى المقاصد - ص ١٤٤ إلى ١٤٨، وانظر فى هذا الموضوع جيمس جيسبرسن - مفهوم الوقت من المزولة إلى الساعة الذرية - ترجمة د. محمد محمود عمار - أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا - سلسلة نحن والعلم - رقم ١ - ص ٢٧، ٢٨.

(٣) قدرى حافظ طوقان - تراث العرب العلمى فى الرياضيات والفلك - المنظمة العالمية للتربية والثقافة والعلوم - القاهرة - بدون تاريخ - ص ١٣٢.

(٤) على عبدالله الدفاع - إسهامات علماء المسلمين والعرب فى الرياضيات - دار نهضة مصر - القاهرة - بدون تاريخ - ص ١٦٥، وانظر كذلك أحمد فؤاد باشا (إشراف وتقديم) - إسهامات الحضارة العربية والإسلامية فى علوم الفلك - ص ١١.

(٥) هوارد تيرنر - العلوم عند المسلمين - ترجمة فتح الله الشيخ - مراجعة أحمد عبدالله السماحى - المجلس الأعلى للثقافة - المشروع القومى للترجمة - العدد ٦٤٤ - القاهرة ٢٠٠٤م - ض ١٤١٠.

وبما أن هذا الموضوع ليس له أى سند استقرائى فلن يدخل ضمن إطار هذا البحث.

التعريف بمرصد المراغة:

وصف الأصطخرى (ت ٣٥٠ هـ تقريبا) فى كتابه (المسالك والممالك) مدينة المراغة التابعة لأذربيجان، وذهب إلى أنها "كانت فى قديم الأيام المعسكر ودار الإمارة، والمراغة نزهة خصبة ، كثيرة البساتين والزروع، وكان عليها سور"(١)، ونجد المقدسى (توفى عام ٣٨٠هـ تقريبا) الجغرافى فى كتابه (أحسن التقاسيم فى معرفة الأقاليم) يصنف المراغة ضمن إقليم أرمينية(٢)، ولكن أغلب آراء الجغرافيين القدامى تصنفها ضمن إقليم أذربيجان.

ويقع مرصد المراغة على تل فى ضاحية من ضواحيها، ويمتد هذا التل لمسافة ٤٠٠ متر، وعرضها نحو ١٥٠مترا، ويتم رفع الماء إلى هذه القمة باستخدام آلات معينة، وهناك إيضًا إشارة إلى وجود برج شاهق تم بناؤه للمرصد، وكذلك بناء آخر له قبة(٣)، "ويُعد مرصد المراغة من أشهر المراصد وأكبرها، وقد اشتهر بآلاته الدقيقة وتفوق المشتغلين فيه.. واشتهرت أرصاده بالدقة، واعتمد عليها علماء أوروبا فى عصر النهضة وما بعده فى بحوثهم الفلكية"(٤).

وكان أحد مبانى هذا المرصد ذا قبة مرتفعة بها فتحة فى أعلاها تنفذ منها أشعة الشمس، والظل الحادث من ذلك يُعين على قياس حركة الشمس البطيئة بالدرجات والدقائق أى بالمقاييس الفلكية(٥).

ولقد بُنى مرصد المراغة بعد منتصف القرن الثالث عشر الميلادى بقليل فى مدينة المراغة جنوبى مدينة تبريز خارج المدينة، ولا تزال آثاره موجودة حتى يومنا هذا(٦)، وتذهب بعض المصادر إلى أن الطوسى هو الذى أقنع هـ لاكو المغولى

(١) كارلو نيلينو ـ علم الفلك وتاريخه عند العرب فى القرون الوسطى ـ روما ١٩١١م ـ ص ٢٣٠، ٢٣١.
(٢) نقلا عن قدرى حافظ طوقان ـ تراث العرب العلمى فى الرياضيات والفلك ـ المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ـ القاهرة ـ بدون تاريخ ـ ص ١٠٧.
(٣) الأصطخرى ـ المسالك والممالك ـ تحقيق محمد جابر عبد العال الحينى ـ مراجعة محمد شفيق غربال ـ تقديم عبد العال عبد المنعم الشامى ـ سلسلة الذخائر رقم ١٩ ـ الهيئة العامة لقصور الثقافة ـ القاهرة ٢٠٠٤م ـ ص ١٠٨.
(٤) آيدين صابيلى ـ المراصد الفلكية فى العالم الإسلامى ـ أول رسالة دكتوراه فى تاريخ العلوم العربية والإسلامية ـ إشراف جورج سارتون ـ ترجمة عبدالله العمر ـ مراجعة عبد الحميد صبرة ـ مؤسسة الكويت للتقدم العلمى ـ سلسلة الكتب المترجمة ـ الكويت ١٩٩٥م ـ ص ٢٨٥.
(٥) المرجع السابق ـ ص ٢٨٤.
(٦) آيدين صابيلى – المراصد الفلكية فى العالم الإسلامى ـ ص ٢٧٩.

ببنائه(*) واستنادًا إلى الصفدى (توفى ٨٤٣هـ/ ١٤٣٩م) فى الوافى بالوفيات فإن نصيرالدين الطوسى بدأ فى بناء مرصد المراغة فى شهر جمادى الأولى من عام ٦٥٧هـ/ أبريل ومايو ١٢٥٩م(١).

ولقد شارك فى أعمال هذا المرصد فريق من علماء الفلك رفيعى المستوى شكلوا قاعدة علمية للمرصد، ولعل من أهمهم:

نصير الدين الطوسى (٥٩٧هـ/ ١٢٠١م - ٦٧٢هـ - ١٢٧٤م)، ومن آثاره:

- كتاب ظاهرات الفلك(**).

- التذكرة فى علم الهيئة، وله شروح كثيرة جدا، وقد انتقد نصير الدين الطوسى فى هذا الكتاب فلك بطليموس(٢)، هذا الانتقاد دال على عبقريته وطول باعه فى علم الهيئة، ولعله كان إرهاصا للإصلاحات التى جاء بها كوبر نيكوس (١٤٧٣ - ١٥٤٣م).

- كتاب تحرير المجسطى لبطليموس.

- رسالة فى ثلاثين فصلا فى معرفة التقاويم.

- الزيج الإيلخانى، وفيه تم تدوين أرصاد مرصد المراغة فى جداول (أزياج) فلكية.

محيى الدين المغربى (ت ٦٨٠هـ - ١٢٨٠م)، ومن كتبه:

- كتاب الجامع الصغير على أحكام النجوم.

- كتاب تسطيح الأسطُرلاب.

- كتاب النجوم(٣).

(*) يُقال إن نصير الدين الطوسى لجأ إلى حيلة لإقناع هولاكو بأهمية بناء ذلك المرصد الفلكى بأن أخبره بأنه سوف يلقى من فوق قمة جبل قريب من المدينة مجموعة ضخمة من الأوانى النحاسية لترتطم بالصخوم والأحجار، وعند ذلك يحدث هلع ورعب عند الناس جميعهم ما عدا هولاكو بالطبع، وأخبره الطوسى بأن الفرق بينه وبين الناس هو إنه كان عالما بما سوف يحدث على عكس باقى الناس، ومن هنا تأتى أهمية المرصد الفلكى من حيث إنه يساعد فى إمكان توقع الظواهر الفلكية، وعلى هذا الأساس أصر هولاكو على بناء المرصد، انظر زيغريد هونكه - شمس العرب تسطع على الغرب (أثر الحضارة العربية فى أوروبا) - ترجمة فاروق بيضون، كمال دسوقى - منشورات المكتب التجارى - ط ١ - بيروت ١٩٦٤م - ص ١٣٤.

(١) المرجع السابق - ص ٢٨٠.

(**) هذه الرسالة محققة ضمن رسائل الطوسى - دائرة المعارف العثمانية - الهند - حيدر آباد ١٣٥٨هـ.

(٢) قدرى حافظ طوقان - تراث العرب العلمى فى الرياضيات والفلك - ص ٤١٣.

(٣) المرجع السابق - ص ٤٢٤.

قطب الدين الشيرازى (٦٣٤هـ- ١٢٣٦م / ٧١٠هـ- ١٣١٢م)، وله:

- نهاية الإدراك فى دراية الأفلاك[١].

غياث الدين جمشيد الكاشى (ت ٨١١هـ/ ١٤٣٦م)، ومن مؤلفاته:

- الزيج الخاقانى فى تكميل الإيلخانى، وهذا الزيج الهدف منه إكمال شرح وإضافة أرصاد جديدة للزيج الإيلخانى للطوسى، وفى الزيج الخاقانى دقق الكاشى في جداول النجوم التى وضعها الراصدون فى المراغة تحت عمل وإشراف نصير الدين الطوسى[٢].

وكذلك هناك علماء غير السابقين اشتغلوا بمرصد المراغة ومنهم مؤيد الدين العرضى (توفى ١٢٦٦م)، وركن الدين الآملى ونجم الدين القزوينى، وأثير الدين الأبهرى، وفخر الدين المراغى، وهم جميعا من علماء القرن الثالث عشر الميلادى.

ولقد كانت هناك مكتبة ضخمة ملحقة بمرصد المراغة بها ما يربو على ٤٠٠,٠٠٠ مجلد، تضم كافة المعارف الفلكية والرياضية الموجودة فى ذلك الزمان، والتى تم جلبها من كل مكان[٣]، وكان عبدالرازق بن الفوطى (عاش فى القرن الثالث عشر الميلادى) قائم على مكتبة المرصد، وتم ترتيب المؤلفات داخلها حسب موضوع كل كتاب، ويُقال إن هذه الكتب قد تم جمعها من بغداد وسوريا والجزيرة، وهذه أول مرة يتم الإشارة لإلحاق مكتبة ضخمة بمرصد فلكى[٤]، ومما لا شك فيه أن هذه المكتبة قد مثلت زادا للعلماء فى المرصد وساعدت على ازدياد إنتاجهم الفلكى من خلال تكوين ما نسميه اليوم بوجود قاعدة بيانات فلكية انطلقت منها جهود علماء الفلك فى هذا المرصد[٥].

ومن هنا فإن مرصد المراغة بما فيه من هيئة علمية كبيرة ومكتبة عظيمة لم يكن مجرد مؤسسة للبحث فى علم الفلك فحسب، وإنما كانت له أيضًا سمات الأكاديمية العلمية التى توفر فرصا ممتازة للتواصل العلمى وتبادل الأفكار، وفضلا عن الفلكيين الذين سبق ذكرهم فإن هيئة المرصد العاملة قد ضمت - بلا شك - فنيين وموظفين أسندت إليهم المهام الإدارية[٦].

(١) قدرى حافظ طوقان - تراث العرب العلمى فى الرياضيات والفلك - ص ٤٢٥.

(٢) المرجع السابق - ص ٤٥١.

(٣) المرجع السابق - ص ٢٨٤.

(٤) المرجع السابق - ص ٢٩٦.

(٥) دونالد هيل - العلوم والهندسة فى الحضارة الإسلامية - ترجمة أحمد فؤاد باشا ، سلسلة عالم المعرفة رقم ٣٠٥، الكويت ٢٠٠٤م، ص ٨٣، ٨٤.

(٦) آيدين صابيلى، المراصد الفلكية فى العالم الإسلامى ، ترجمة عبدالله العمر، ص ٢٩٩.

"ولقد عُنيت الدولة بهذا المرصد عناية فائقة، إذ خصصت له عشر أموالها من عائدات الوقف"[١]، وهذا الاهتمام كفل للمرصد الاستقرار والاستمرار، "وثمة آراء ذهبت إلى أن عطاء المرصد استمر لأكثر من ستين عاما، أى إلى عام ١٣١٦م تقريبًا"[٢].

الرصد الفلكى فى مرصد المراغة

ونجد أن "الرصد من حيث المصطلح هو النظر فى أحوال الأجرام العلوية بآلات مخصوصة وضعها الحكماء لهذا الغرض»[٣]، ومن خلال هذا التعريف يتضح ضرورة إجراء ما يسمى بالملاحظة العلمية المعتمدة على الآلات الفلكية الضرورية (الملاحظة المتسلحة بالآلات العلمية المناسبة)، وعلى هذا الأساس كانت الملاحظة العلمية هى نقطة البدء الأساسية فى عملية الرصد الفلكى فى مرصد المراغة.

وتجدر الإشارة إلى أن «ما دعا العرب إلى الاهتمام بأمور الفلك اهتماما كبيرًا ارتباط بعض أحكام الدين الإسلامى بالظواهر الفلكية، وقد اقتضى ذلك معرفة المواقع الجغرافية للبلدان، وحركة الشمس فى البروج وأحوال الشفق الأساسية، وذلك لاختلاف أوقات الصلاة من بلد إلى آخر ومن يوم إلى يوم قد استلزم اتجاه المسلمين إلى الكعبة معرفة سمت القبلة، كما استدعت ضرورة معرفة الكسوف والخسوف ضرورة استعمال الأزياج المتقنة، بالإضافة إلى استناد الصوم والفطر إلى رؤية الهلال؛ وهو ما حدا بالفلكيين إلى وضع حسابات وطرق جديدة"[٤].

والسؤال الذي يطرح نفسه: ما طبيعة الملاحظة العلمية؟ وسنجد أنها عبارة عن "مشاهدة دقيقة لظاهرة ما، مع الاستعانة بأساليب البحث والدراسة التى تتلاءم مع هذه الظاهرة.. فيقال مثلا ملاحظات فلكية"[٥]، والملاحظة هى جزء جوهرى من المنهج التجريبى، لأن الباحث فيها يوجه حواسه وعقله إلى طائفة خاصة من الظواهر، لا لمجرد مشاهدتها فقط بل لمعرفة صفاتها وخواصها[٦].

---

(١) آيدين صابيلى - المراصد الفلكية فى العالم الإسلامى - ترجمة عبدالله العمر - ص ٣٠١.
(٢) المرجع السابق - ص ٣٠١.
(٣) البرجندى - رسالة فى آلات الرصد - ضمن كتاب - المراصد الفلكية فى العالم الإسلامى - ترجمة عبدالله العمر - مراجعة عبد الحميد صبرة - سلسلة الكتب المترجمة - الكويت ١٩٩٥ - ص ٥٤٨.
(٤) حصة الصباح - العلوم عند المسلمين - مؤسسة الكويت للتقدم العلمى - الكويت ١٩٩٠م - ص ١٢.
(٥) محمود قاسم - المنطق الحديث ومناهج البحث - دار المعارف - ط ٦ - القاهرة ١٩٧٠م - ص ١١٠.
(٦) المرجع السابق - ص ١١٠، ١١١.

وهناك شروط ضرورية للقيام بعملية الرصد تم تطبيقها فى مرصد المراغة، وهذه الشروط تتحدد فيما يأتى:

أولا: بناء بيت للرصد يراعى فيه توافر ثلاثة شروط هى : أن تكون ممرات الكواكب عبر خط منتصف النهار، ونقطة تقاطع مساراتها بدائرة منتصف النهار يمكن مشاهدتها فى بيت الرصد، ووجه اختيار منتصف النهار بدرجتى طلوع الشمس أو غروبها هو أن رؤية دائرة منتصف النهار تكون يقينية، بينما لا يكون الأفق الحقيقى مرئيا، فالذى نشاهده هو أفق واحد من بين عدة آفاق يتم مشاهدتها، وبنفس الطريقة فإن يوما بليلته عند الفلكيين (الراصدين) هو من منتصف النهار إلى منتصف النهار، وليس من طلوع (شروق) إلى طلوع، أو غروب إلى غروب[١].

ثانيا: وهذه الصفة خاصة ببيت الرصد وضرورة إمكانية مشاهدة جميع الكواكب بما فيها غير المرئى منها.

ثالثا: أن تكون ممرات الكواكب مرئية فى بيت الرصد خلال النهار مثلما تُرى وتُشَاهد فى الليل، وذلك لأن بعض الكواكب تصل خط منتصف النهار فى الليل بينما تصله أخرى فى النهار[٢].

أما بخصوص طريقة بناء بيت الرصد فذلك عن طريق تحديد ربوة شديدة الارتفاع خارج البلدة ويتم تسوية سطحها، ثم يبنى جداران متقابلان، أحدهما فى مواجهة المشرق والآخر فى مواجهة المغرب وتكون المسافة بين هذين الجدارين أربع أذرع أو ربما أقل. وطول كل جدار ٤٠٠ متر تقريبا، وارتفاع كل واحد من هذين البناءين ١٠٠ متر تقريبا، وربما أكثر مع اشتراط توازيهما، وأن تكون المسافة التى بين الجدارين موازية من حيث الطول لخط نصف النهار ومسامتة له[٣].

ويجب أن يكون هذان الجداران المتقابلان اللذان يشكلان بناء ذا سقف واحد لا يضمان غرفة واحدة، فما الأجزاء التى يشتمل عليها مبنى ارتفاعه مائة متر؟ ربما تحتاج المساحة ذات السقف الواحد إلى تسعين بناء، فهذا البناء الذى له سقف واحد سوف يشتمل على حجرات كثيرة وعلى مساحات كثيرة ذات أحجام متعددة[٤].

---

(١) البرجندى - رسالة فى آلات الرصد - ص ٥٤٩.

(٢) المصدر السابق - ص ٥٥٠.

(٣) المصدر السابق - ص ٥٥١.

(٤) المصدر السابق - ص ٥٥١ ، ٥٥٢.

وعندما يتم العثور على سطح الربوة على ارتفاع معين أعلى من سطح المنطقة المحيطة فإن رؤية كوكب قد يكون فى أقصى الشمال أو فى أقصى الجنوب تصبح ممكنة من خلالها أيضًا[١].

وكذلك ينبغى أن يكون الحائطان فى حكم الأفق المحسوس بالنسبة للناس فى داخل البناء. وسيكون هناك ليل داخل الفضاء إلى أن تصبح الشمس قريبة من دائرة نصف النهار؛ وستتعاقب رؤية كل الكواكب فيها خلال النهار باستثناء بعض الكواكب التى يكون وقت ممراتها بدائرة نصف النهار قريبة من وقت مرور الشمس من الدائرة نفسها[٢].

وهناك ركن مهم خاص بصناعة آلة الأسطرلاب وتثبت هذه الآلة فى المرصد، وسوف نتناول هذا الموضوع بالتفصيل لاحقا، وكذلك ينبغى معرفة الوقت والساعة، ومن الفضاء الذى بين الجدارين يظهر قوس المسار لكل كوكب بمقدار ثلاث أو أربع درجات أو أكثر أو أقل، وعلى ذلك ففى كل مرة يرتفع فيها كوكب عن حافة الجدار، يصبح ضروريا وضع طرق المؤشر الخاص بالأسطرلاب لقياس الدرجات الفلكية، ويتم بعد ذلك رصد الكوكب إلى أن يبلغ النقطة الثانية، وبهذه الطريقة فإن مقدار الزمن الذى يقطعه كوكب لاجتياز القوس المقصود يصبح معلوما أو يصبح محسوسا، ومع كل واحد من هذه العمليات فإن مقدار حركة كوكب مفروض (فرضية) سيصبح معلوما. ويجب إثبات هذا المقدار فى جدول هذا الكوكب، ومن هذا يتم عمل الأرصاد والجداول والأزياج الفلكية[٣].

ولعله قد اتضح من الوصف التفصيلى السابق لما يسمى ببيت الرصد أو المرصد الفلكى - بالمفهوم الحديث - أن علماء الفلك العرب والمسلمين قد تعاملوا مع المرصد على أنه مختبر ضخم يجب الوفاء باحتياجاته والتزاماته حتى يمكن الحصول على أرصاد صحيحة.

وهدف علم الفلك الأكبر هو إعداد أزياج (جداول) فلكية، ولعلم الفلك قوانين فى معرفة الشهور والأيام والتواريخ الماضية، وأصول متقررة فى معرفة الأوج، والحضيض، والميول، وأصناف الحركات واستخراج بعضها من بعض، يضعونها فى جداول مرتبة

---

(١) البرجندى - رسالة فى آلات الرصد - ص ٥٥٢.

(٢) المصدر السابق - ص ٥٥٠.

(٣) دونالد هيل - العلوم والهندسة فى الحضارة الإسلامية - ترجمة أحمد فؤاد باشا - ص ٨٣.

تسمى الأزياج، ومن أشهر الأزياج، زيج إبراهيم الفزارى، وزيج البتانى (٢٤٠ هـ/ ٨٥٤ - ٣١٧/ ٩٢٩م).

وزيج ابن الشـــاطر (٧٠٤هـ/ ١٣٠٤م - ٧٧٧هـ/ ١٣٧٥م)، والزيج الإيلخـــانى للطوسى.. وغيرهم كثيرون جدا"[١].

ويتضح من خلال عمليات الرصد فى مرصد المراغة أنهم قد استطاعوا قياس ارتفاع القطب وإدراك أن هذا الارتفاع يساوى عرض المكان، وتعيين ذلك الارتفاع على وجه التحقيق يتطلب استنباط طرق دقيقة للرصد والحساب خالية تماما من الخطأ، ولقد تمكن علماء المرصد من تدوين ذلك بكل دقة[٢].

أما من الناحية المنهجية فيتضح تكامل الناحية الحسية الاستقرائية مع الناحية العقلية الاستنباطية فى الحصول على النتائج الصحيحة، وفى ذلك يقول الدكتور مصطفى مشرفة "من الأوهام الشائعة عند الغربيين، أن دراسة العلوم دراسة منظمة إنما يرجع فيها الفضل إلى أهل أوروبا... ولكن يتضح أن العرب قد ميزوا بين منطقين: المنطق الاستقرائى الذى يسلك سبيل الحس والمشاهدة، ويعنى بالحقيقة الخارجية أو الحقيقة الموضوعية؛ وهذا هو منطق العلم، والمنطق الاستنتاجى وأساسه التسليم بالمقدمات ثم الوصول منها إلى نتائجها عن طريق القياس وهذا هو منطق الاستنباط العقلى الرياضى"[٣].

ومن هنا يتضح أن كلا من العقل والحس هما جناحا عملية المعرفة الصحيحة والتي تتصف بأنها معرفة متكاملة، وهذا هو ما أكد عليه مبدأ وحدة المعرفة بخصوص أن المعرفة لا يمكن أن نصل إليها من خلال العقل وحده أو الحس وحده، فنحن فى حاجة إلى كليهما للوصول إلى إدراك الحقيقة واليقين، ومن هنا فإن مقدرة العرب الفائقة تتجلى فى "جعلهم علم الفلك استقرائيا وفى عدم وقوفهم فيه عند حد النظريات العقلية"[٤].

---

(١) ابن خلدون - المقدمة (كتاب العبر وديوان المبتدأ والخبر فى أيام العرب والعجم والبربر ومن عاصرهم من ذوى السلطان الأكبر) - تحقيق على عبدالواحد وافى - الجزء الثالث - دار نهضة مصر للطبع والنشر - القاهرة - بدون تاريخ - ص ٦٨.

(٢) فايز فوق العادة - علم الفلك وفلسفة النسق الكونى - مؤسسة الكويت للتقدم العلمى - سلسلة الكتب المتخصصة - الكويت ١٩٩٢م، ص ٩٢.

(٣) على مصطفى مشرفة - العلم والحياة - مختارات من مؤلفات - على مصطفى مشرفة - دار الكتب والوثائق القومية - ١٩٩٨م، ص ٥٩، ٦٠.

(٤) انظر دونالد هيل - العلوم والهندسة فى الحضارة الإسلامية - الترجمة العربية - ص ٧٢، وكذلك قدرى حافظ طوقان - العلوم عند العرب - سلسلة الألف كتاب - القاهرة ١٩٥٦م، ص ٦٦.

الآلات الفلكية فى مرصد المراغة

"لقد أنجز علم الفلك المنظور عند المسلمين تنقيح طرق تعيين أطوال الفصول، ومعرفة تفاصيل أكثر عن حركة الشمس والكواكب، وزيادة دقة المواقع الأرضية للمدن المهمة، وأمور أخرى أكثر من ذلك، ولايرجع الفضل فى ذلك لخبرة الدارسين فقط واجتهادهم بل أيضًا إلى زيادة عدد وجودة أدوات الرصد الفلكية عند العرب والمسلمين"(١)، وبالإضافة إلى قيام مرصد المراغة وتشييده على أسس وقواعد علمية فلقد تمكن علماء المرصد من اختراع وتصميم العديد من الأجهزة والآلات الفلكية(٢).

واهتم العرب اهتماما بالغا بالآلات الفلكية، أما ما ورثوه عن اليونان فكان بدائيا وعاجزا عن أن يساندهم فى سباقهم نحو الأمجاد التى رسموها لأنفسهم، فكان أن طوروها، وزادوا عليها أشياء عديدة وقدموا اختراعات أخرى تشبه المعجزات، مبتكرين بذلك آلات مختلفة للمراقبة والقياسات، أخذها الغرب عنهم فيما بعد، وبقى على استعمالها أمدا طويلا(٣).

ولقد زار أحد الفلكيين نصير الدين الطوسى فى مرصده فى المراغة (يقال إنه كان فلكى صينى أو هندى)، فلما رأى الآلات الفلكية المتنوعة ذُهل، وزادت دهشته حينما رأى آلة المُحَلَّقَة، وهى ذات خمس دوائر من النحاس، وهى إحدى أدوات الرصد وهذه الدوائر الخمس هى:

- الدائرة الأولى: تمثل القطب الجنوبى.
- الدائرة الثانية: تمثل خط الاستواء.
- الدائرة الثالثة: تمثل الخط الإهليلجى (خط منحنٍ غير مستوٍ).
- الدائرة الرابعة: دائرة خط العرض.
- الدائرة الخامسة: دائرة الانقلاب الصيفى والشتوى(٤).

ولا بد من الإقرار بحقيقة مهمة وهى أن علماء مرصد المراغة لم يطوروا الآلات الفلكية فقط، ولكنهم زادوا عليها أيضًا - كما سنشرح - فى الآلة الخاصة بالأسطُرلاب،

---

(١) هوارد تيرنر - العلوم عند المسلمين - ص ٩٨.

(٢) أحمد فؤاد باشا - التراث العلمى للحضارة الإسلامية ومكانته فى تاريخ العلم والحضارة - القاهرة ١٩٨٣م - ص ١٠٠.

(٣) زيغريد هونكه - شمس العرب تسطع على الغرب - (أثر الحضارة العربية فى أوروبا)، ص ١٣٤.

(٤) المرجع السابق - ١٣٥.

وابتكر العرب آلات جديدة كل الجدة صمموها علي أسس جديدة؛ لزيادة دقة القياسات وللقيام بتطبيق طرق جديدة فى الرصد والمراقبة والبحث[١].

وهناك آلات فلكية كانت تُوصف بأنها ميكانيكية، وذلك لأنها كانت تتيح تحديد مواقع الكواكب والنجوم بواسطة آلات ميكانيكية ذات تروس ، وفى واقع الأمر إن هذه الآلات فى بادئ الأمر كانت عبارة عن أسطُرلابات معدلة، وكان ذلك هو بداية الطريق الطويل الذى أوصلنا فى نهاية المطاف إلى اكتشاف آلات الرصد المدارية فى العصور الوسطى فى الغرب الأوربى التى كانت بدورها نقطة البدء لاختراع الساعة الآلية[٢].

ويلاحظ أن مؤيد الدين العرضى قد طور كثيرا من الآلات الفلكية؛ فهو لم يكن وحده الذى قام بصناعة آلات فلكية فى المرصد، وطور بعض الموجود، ولا يخفى أن بالمرصد آلات فلكية أخرى صغيرة يمكن حملها بخلاف الآلات الضخمة بالطبع التى لا بد من تثبيتها فى المرصد، وعلى هذا فإن مرصد المراغة قد حوى آلات فلكية ضخمة وكبيرة الحجم وآلات فلكية صغيرة، ولكل نوع من هذه الآلات استخداماته بالطبع[٣].

ولقد كانت بعض آلات المرصد مثبتة فى الخلاء، وبعضها الآخر فوق برج المرصد المرتفع، واعتمد القائمون على تشييد المرصد على تثبيت الآلات الفلكية على قواعد (حوامل) من الخشب، ويلاحظ أن قاعدة الخشب بها من القوة ما يجعلها متينة لتحمل ثقل أى آلة فلكية مهما كان وزنها وثقلها[٤]، وكذلك يلاحظ أن آلات الرصد قد أتت على عدة أنواع وأشكال مختلفة بحسب الغرض من كل آلة، ولقد وضع الخازن (٤٩٤هـ- ١١٠٠م / ٥٥٠هـ- ١١٥٥م) كتابا أسماه (كتاب الآلات العجيبة) اشتمل على كثير من آلات الرصد، وكذلك فعل الكاشى، وتقى الدين الراصد (٩٣٢هـ - ١٥٢٦م / ٩٩٣هـ - ١٥٨٥هـ)[٥] هذه البنية المتكاملة لمرصدنا بوأته مكانة عالية؛ نظرا لأن أرصاده وأزياجه اتسمت بالدقة الفائقة والتقنية العالية، وهكذا كانت مدعاة لعلماء عصر النهضة الأوروبية للاعتماد عليها فى بحوثهم الفلكية، ولقد اعترف المنصفون من علماء الغرب بذلك وسطروه فى كتبهم.

(١) زيغريد هونكه . شمس العرب تسطع على الغرب (أثر الحضارة العربية فى أوربا) . ص ١٣٦.
(٢) جوزيف شاخت، كليفورد بوزورث . تراث الإسلام . الجزء الثانى . ترجمة حسين مؤنس، إحسان صدقى العمد . مراجعة فؤاد زكريا . سلسلة عالم المعرفة . ط ٣، الكويت ١٩٩٨م. ص ٢٠٧.
(٣) آيدين صابيلي . المراصد الفلكية فى العالم الإسلامى . ص ٢٩٢.
(٤) المرجع السابق . ص ٢٩٢، ٢٩٣.
(٥) قدرى حافظ طوقان، تراث العرب العلمى فى الرياضيات والفلك . ص ١٣٣.

واشتهرت أرصاد مرصد المراغة بالدقة الفائقة واعتمد عليها علماء أوربا فى فترة عصر النهضة فى بحوثهم الفلكية[١]، واعترف الغربيون بأن العرب قد اخترعوا هذه الآلات.

١ - آلة الأسطُرلاب(*)

أسطُرلاب: كلمة يونانية الأصل، ومعناه قياس النجوم، وهو باليونانية أسطرلابون، واسطر تعنى (النجم)، و(لابون) تعنى المرآة، وعلى هذا قيل لعلم الفلك أسطرنوميا، ويُعزى صنع الأسطرلاب إلى أرستراخوس (٣٢٠ - ٢٦٠ ق.م)، وقد اهتم العرب بهذه الآلة الفلكية خاصة، ولم يتطور علم هذه الآلة الفلكية إلا على أيدى العرب ووصلوا بهذه الآلة إلى درجة عالية جدًا من الدقة والتعقيد فى الاستعمال، بعد أن كانت بسيطة بدائية، وأول من عرف الأسطُرلاب عند العرب هو الفزارى"[٢].

أنواع الأسطُرلابات هى:

١ - **النوع الأول**: يمثل مسقط الكرة السماوية على سطح مستو.

٢ - **النوع الثانى**: يمثل مسقط هذا المسقط على خط مستقيم.

٣ - **النوع الثالث**: يمثل الكرة بذاتها دون أى مساقط.

وعلى هذا فإن هذه الأنواع الثلاثة للأسطرلابات تأتى بهذه المواصفات فى الصناعة:

---

(١) قدرى حافظ طوقان - تراث العرب العلمى فى الرياضيات والفلك - ص ١٣٢.

(*) للتعرف على مزيد من المعلومات الخاصة بالأسطرلابات وصناعتها فى الحضارة العربية الإسلامية على وجه الخصوص واليونانية على وجه العموم انظر:

1. R. T. Gunter: Astrolabes of the World, Oxford, 1992.
2. H. M. Holloway: "Check - List of the Samuel Verplanck, Hoffman Collestion Astrolabes", New York, 1946.
3. H. Michel: "Traite de L'Asteolabe", Paris, 1947.
4. L. A. Mayer: "Islamic Astrolabes and Their Works", Geneva, 1957.
5. J. D. North: "The Astrolabe", Scientife American, Jab, 1974, Vol. 230, No, 1, p. 98.
6. S. L. Gibbs and G. Saliba: "Planispheric Astrolabes form the National Museum of American Hisotry, Washington, D. C. 1984.
7. Owen Gingerich: "Islamic Astronomy:, Scientific American, April, 1986, Vol. 254, No. 4, pp. 74 - 83.

- انظر جلال شوقى - العلوم والمعارف الهندسية فى الحضارة الإسلامية - مؤسسة الكويت للتقدم العلمى - إدارة التأليف والترجمة والنشر، - سلسلة التراث العلمى العربى - ط ١ - الكويت ١٩٩٥م، ص ٣٩٥.

(٢) حصة الصباح - العلوم عند المسلمين - ص ١٤.

١ - **الأسطرلاب المسطح أو السطحى:** ويعرف بذات الصفائح، ويتركب من الأم والأقراص المستديرة والعنكبوت أو الشبكة والعضادة أو المسطرة.

٢ - **الأسطرلاب الخطى:** ويسمى عصا الطوسى.

٣ - **الأسطرلاب الكروى:** ويمثل الحركة اليومية للكرة بالنسبة لأفق مكان معلوم دون استخدام لأية مساقط، ويتركب هذا النوع من كرة معدنية، والعنكبوت أو الشبكة التى تتخذ هيئة نصف كرة معدنية ملامسة تمام الملامسة للكرة، وصفيحة معدنية ضيقة، وعقرب متعامد على هذه الصفيحة ، وأخيرًا محور يخترق كلا من الكرة والشبكة والصفيحة المعدنية الضيقة، وذلك فى اتجاه القطبين.

وتسمى آلة الأسطُرلاب فى التراث العلمى العربى بالآتى: التام، والمسطح، والطومار، والهلالى، والذورقى، والعقربى، والأس، والقوسى والجنوبى والشمالى، والكبرى، والمسطح، والمسرطن، والقمرى، وعصا الطوسى، والجامع، وكذلك هناك الأسطُرلاب ذو الأرباع، ومنه: التام، والمجيب، والمقنطرات، ودائرة المعدل، وذات الكرسى، والزرقالة، والربع التام(*).

(*) انظر: فايز فوق العادة - علم الفلك وفلسفة النسق الكونى - ص ١٠٦، وكذلك جلال شوقى قد ذكر أسماء عديدة للأسطرلابات عند العرب والمسلمين: الأسطوانى، الشمالى، المسطح الآسى، الهلالى، الثورى، الصليبي، الجنوبى، الطبلى، الرصدى، الطوماري، الزورقى، العقربى، السرطانى، القوسى، المبطح، الشقائقى، المسرطن، وكذلك ذكر الأسطرلابات من حيث استعمالاتها وأنواعها:

الأسطرلاب التام: الأسطرلاب المعمول لدرجة درجة، أى بتدريج درجة درجة (الخوارزمى).

الأسطرلاب التسعى: الأسطرلاب المعمول لتسع درجات تسع درجات (وحدة التدريج = ٩ درجات).

الأسطرلاب الثلث أو الثلاثى: الأسطرلاب المعمول لثلاث درجات ثلاث درجات (وحدة التدريج = ٣ درجات).

الأسطرلاب الجنوبى: أسطرلاب سطحى يكون فيه مستوى المسقط مماسا للقطب الجنوبى.

الأسطرلاب الخطى: ": عصا الطوسى".

الأسطرلاب الخمس أو الخمسى: الأسطرلاب المعمول لخمس درجات خمس درجات (وحدة التدريج = ٥ درجات).

الأسطرلاب الزرقالة: الأسطرلاب ، اخترعه الزرقالى (المتوفى سنة ٤٩٣هـ = ١١٠٠م).

الأسطرلاب السدس أو السداسى: الأسطرلاب المعمول لست درجات ست درجات (وحدة التدريج = ٦درجات).

الأسطرلاب السطحى : وهو "ذو الصفائح".

الأسطرلاب الشمالى: أسطرلاب سطحى يكون فيه مستوى المسقط مماسا للقطب الشمالى.

الأسطرلاب العشر أو العشرى: الأسطرلاب المعمول لعشر درجات عشر درجات (وحدة التدريج = ١٠ درجات)

الأسطرلاب الكرى: الأسطرلاب يمثل الحركة اليومية للكرة بالنسبة لأفق مكان معلوم دون الالتجاء إلى المسقط ، فهو بذلك يختص بتعيين ارتفاعات الكواكب عن خط الأفق، ويتألف هذا الأسطرلاب من كرة معدنية، وعنكبوت أو شبكة، وصفيحة معدنية ضيقة منطبقة تماما على سطح الشبكة، وعقرب ، ومحور يخترق كلا من الكرة المعدنية والشبكة أو العنكبوت.

الأسطرلاب النصفى: الأسطرلاب لدرجتين درجتين (وحدة التدريج = درجتان).

الأسطرلاب الهلالى: أسطرلاب يتخذ شكل الهلال.

طريقة عمل الأسطرلاب

هو عبارة عن "إسقاط كرة من إحدى نقاطها على المستوى المماس لها فى النقطة المقابلة لها فى النقطة المقابلة قطريا للنقطة الأولى"[١]، ولإيضاح فكرة الإسقاط التصويرى المجسم نفترض أن النقطة (ط) على الكرة ذات المركز (م)، ولتكن النقطة (ى) هى الطرف الآخر لقطر الكرة المار من النقطة (ط)، وننشئ من (ى) مساويا (ل) مماسا للكرة، فإذا كانت النقطة (ف) واقعة على الكرة فإننا نحصل على مسقطها بوصلها إلى النقطة (ط)، وبتمديد المستقيم (ط ف)، حتى يقطع المستوى (ل) فى النقطة (ر)، فإن النقطة (ر) بالتعريف هى المسقط التصويرى المجسم للنقطة (ف) على المستوى (ل)، لنلاحظ أننا بهذه الطريقة نستطيع إسقاط كل نقاط الكرة على المستوى باستثناء النقطة (ط) ذاتها، التى نفترض أن مسقطها نقطة تقع فى اللانهاية[٢]، وعن طريق الإسقاط التصويرى المجسم تنتج الخصائص الآتية:

١ - أن مسقط كل دائرة مرسومة على سطح الكرة هى دائرة فى المستوى، إلا إذا كانت الدائرة المرسومة على سطح الكرة مارة بالنقطة (ط)، فيكون مسقطها خطا مستقيما.

٢ - إذا تخيلنا دائرتين مشتركتين فى نقطة على سطح الكرة، ورسمنا مماسين لهاتين الدائرتين من النقطة المشتركة بين المسقطين مماسين لهما ينطبق المماس على المستقيم إذا كان المسقط مستقيما، فإن الزاوية بين المماسين الأولين ستكون مساوية للزاوية بين المماسين الآخرين،

٣ - إن تدوير الكرة بزاوية معدنية حول القطر المار من النقطة (ط) يؤدى إلى تدوير مستوى الإسقاط بالزاوية نفسها[٣].

والأسطرلاب كان يجرى تعليقه من حلقة، حيث كان يستخدم وجهه الخلفى أو لا لتحديد ارتفاع الجسم السماوى عن أفق الراصد، وذلك بتوجيه مؤشر خاصة على الوجه الخلفى نحو الجسم، وقراءة الارتفاع على الدائرة المدرجة فى ذلك الوجه[٤]، ويتكون الوجه الثانى للأسطرلاب من قرصين متمحورين، أحدهما ثابت، والآخر

(١) المرجع السابق - ص ١١٠.
(٢) فايز فوق العادة - علم الفلك وفلسفة النسق الكونى - ص ١١٠.
(٣) المرجع السابق - ص ١١١، وفيه الرسوم التوضيحية ص ١١٠، ١١٢، ١١٦، ١٢١، ١٢٢، ١٢٣، ١٢٤.
(٤) المرجع السابق - ص ١٢١.

متحرك، يمكنه الدوران حول المحور المشترك للقرصين، ويحتوى القرص الثابت على المساقط التصريوية المجسمة لكل دوائر القبة السماوية التى لا تتغير بحركتها اليومية، ومن هذه الدوايرر: خط الاستواء السماوى، مدارى الجدى والسرطان، ودائرة البروج، أما عند دائرة البروج فيتضح أنه لو راقبنا الأوضاع النسبية للشمس والنجوم عند الفجر، أو الغسق، للاحظنا أن الشمس تنحرف بمقدار درجة تقريبا إلى جهة الشرق فى كل يوم، بالنسبة إلى النجوم(١).

"والقطب الجنوبى السماوى يمكن اتخاذ نقطة للإسقاط التصويرى المجسم. وتمثل مساقط كل الدوائر على الكرة السماوية بدوائر أو بخطوط مستقيمة، وذلك وفق الخاصية الأولى من خواص الإسقاط التصورى المجسم، وعلى ذلك ستكون مساقط خط الاستواء السماوى ومدارى الجدى والسرطان دوائر ذات مركز مشترك، وعن طريق اقتطاع القرص الثابت من الأسطرلاب عادة على طول محيط الدائرة الممثلة لمسقط مدار الجدى، لأنها تحيط بالمساقط الأخرى فى هذه الحالة"(٢).

ويمكن للأسطرلاب من تحديد زاوية السمت للأجسام السماوية الموقعة على قرص من الأسطرلاب المتحرك، بما فى ذلك الشمس طبعا، ولهدف توضيح كيفية عمل الأسطرلاب على تسمية الدوائر العمودية على دائرة الأفق، والمارة من السمت والنظير بخطوط الطول، بينما نصطلح وبشكل مؤقت أيضًا تسمية مساقط الدوائر المرسومة على الكرة السماوية الموازية لدائرة الأفق بخطوط العرض(٣).

ويدار القرص المتحرك للأسطرلاب بحيث يظهر الجسم السماوى المعنى على أحد خطوط العرض، عند الارتفاع نفسه، وتعتمد هذه الحركة على الخاصية الثانية.

ومن ضمن خواص الأسطرلاب: خاصية الإسقاط التصويرى المجسم، التى تؤكد وجود تقابل بين دوران الكرة السماوية، ودوران مسقطها التصويرى المجسم. الناجم عن تدوير القرص المتحرك للحصول على الوضع الدقيق لمسقط الكرة السماوية عند لحظة معينة تساوى زاوية السمت للجسم السماوى المعنِى من خلال هذا الوضع، وهو

(1) King, David - Al- Khwarizmi and New Trends in Mathematical Astronomy in the Ninth Century, New York: Hagop Kevokian Center for Near Eastern Sudies New York, University, 1983, p. 16.

(2) King, David, - Al - Khwarizmi and New Trends in Mathematical Astronomy in the Ninth Century, Ibid, p. 17.

(3) Ibid, p. 18.

الزاوية المحصورة بين خط الطول الذى يقع عليه مسقط الجسم السماوى، وخط طول مرجعى آخر معتمد منذ البداية، ولا بد من إدراك أن الإسقاط التصويرى المجسم يستعمل لإسقاط الكرة الأرضية على سطح مستو تماما، كاستخدامه فى إسقاط الكرة السماوية الذى تم معرفته من ذى قبل[١].

وباختصار فرن تركيب الأسطرلاب - أهم الآلات الفلكية قاطبة فى مرصد المراغة وفى العصور الوسطى على الإطلاق - عبارة عن أداة من المعدن مصنوعة على صورة قرص، وله عروة (فتحة) اسمها (الحِبس) متصلة بحلقة أو حامل (عَلاقَة) تصلح لتعليق الأداة بحيث تكون رأسية الوضع، ويتكون الأسطرلاب من عدة أجزاء أهمها:

أ - **الأم**: وهى الصفيحة السفلى التى تحتوى الصفائح الأخرى[٢].

ب - **الصفائح**: وهى عبارة عن مجموعة من الأقراص المستديرة يختلف عددها حسب نوع الأسطرلاب[٣].

جـ - **العنكبوت (الشبكة)**: صفيحة واحدة موضوعة فوق أخواتها تتألف من شرائط معدنية مثقّبة بشكل يبقى معه ظاهرا فلك البروج ومواقع النجوم الرئيسة وأسماؤها، وهذه الشبكة تتألف من شرائط معدنية قطعت على شكل فنى تنتهى بأطراف عديدة تشير إلى مواقع النجوم، وتسمى طرف الصفيحة بالشظية أو (الشطبة)[٤].

د - **المسطرة (العضادة)**: تدور حول مركز الظهر، ولها ذراعان ينتهى كل منهما بشظية، يؤخذ منها ارتفاع الشمس ، ورسمت إلى جانب الصفائح خطوط الساعات وخط الاستواء، والخطوط الفلكية الأخرى[٥].

وهدف الأسطرلاب الأكبر هو "آلة يقيس بها الفلكيون ارتفاع الكواكب"[٦]، وكان الأسطرلاب يمثل حالة خاصة جدًا فكان - بلا منازع - أهم جهاز للرصد فى العصور الوسطى وعصر النهضة المبكر، ومن المحتمل أن يكون الأسطرلاب اختراعا إغريقيا،

---

(١) فايز فوق العادة - علم الفلك وفلسفة النسق الكونى - ص ١٢٧.
(٢) المرجع السابق - ص ١٢٧، ١٢٨.
(٣) المرجع السابق - ص ١٢٨.
(٤) المرجع السابق - ص ١٢٨.
(٥) المرجع السابق - ص ١٢٩.
(٦) زيغريد هونكه - شمس العرب تسطع على الغرب (أثر الحضارة العربية فى أوربا) - الترجمة العربية - ص ١٩٥.

و"لكن العلماء العرب - وخاصة فى مرصد المراغة - أدخلوا عليه تعديلات جوهرية بحيث يمكننا القول: إنه أصبح مكتملا بواسطة المسلمين"[١].

وهذه الآلة الفلكية المهمة تعمل كأشبه ما يكون بالمسطرة الحاسبة عند المهندسين المعاصرين، أو حتى بطريقة الكمبيوتر الذى يعمل بطريقة المحاكاة فى حل العديد من المسائل الفلكية ومسائل حفظ الوقت، وبالإضافة إلى تحديد أوقات الصلاة والأمور الدينية الأخرى إلا أنه كان الأسطُرلاب - كما حدث فى مرصد المراغة - المزود بأقراص يمكن استبدالها كان معدا ليستخدم فى أماكن جغرافية مختلفة ويمكن تقويمه ليزودنا ببيانات عن السماوات وقياسات أرضية ومعلومات فلكية طوال العام، وأصبح الأسطرلاب موضوع كتابات عديدة بعد أن دخل إلى أوروبا فى أواخر العصور الوسطى، ولقد كان صانعو الأسطرلاب من العرب والمسلمين يفتخرون بتطويرهم للأسطرلابات من البرونز والنحاس الأصفر، وغالبا ما كانت أفخم هذه الإبداعات تحمل اسم صانعها[٢].

واستعمالات الأسطرلاب تفوق مائة استعمال تقريبا، فمن هذه الاستعمالات ما يتعلق بأوقات الصلاة وتعيين اتجاه القبلة، وقد استعمل فى شئون مساحة الأرض، وتعيين المواقع، واستخراج الارتفاعات، وعمق الآبار، بالإضافة إلى الهدف الأساسى وهو قياس ارتفاع الكواكب، وفى إيجاد محيط الكرة الأرضية ومعرفة درجات الطول والعرض وحتى حساب الشهور والتواريخ، وإجمالا فإن الأسطرلاب يقوم بمساهمات فلكية عديدة[٣].

وخلاصة القول إن الأسطرلاب كان هو الآلة الرئيسة التى استخدمت فى الرصد فى مرصد المراغة، ولما كانت دوائر الميل الزاوى وإحداثيات السمت، وهى المقنطرة والرأسية ترسم على صفحة الأسطرلاب بينما تظهر النجوم الصغيرة على الشبكة أو العنكبوت، فإن المرء فى هذه الحالة يحتاج - كما هو واضح - إلى صفائح يصل عددها إلى عدد خطوط العرض التى يراد استخدام الأسطرلاب من أجلها؛ مما يجعل الأسطرلاب ثقيلا جدا برغم صغر حجمه. ومن أجل هذه المشكلة ابتكر علماء مرصد المراغة الصفيحة الشاملة وهى المسقط المجسم للكرة على مسطح متعامد على دائرة

---

(١) الخوارزمى - مفاتيح العلوم - ص ٢٣٤.

(٢) هوارد تيرنر - العلوم عند المسلمين - الجزء الثانى - الترجمة العربية - ص ٩٩ ، ١٠٠ وانظر كذلك:
T. Heat - Greak Astronomy - London, 1932. p. 66.

(٣) حصة الصباح - العلوم عند المسلمين - ص ١٤.

البروج والذى يقطعها وفقا لخط الانقلاب الشمسى الصيفى أو الشتوى الخاصة فى مدار السرطان أو مدار الجدى[١].

ولقد أدخل علماء المرصد تعديلا آخر على هذا الأسطرلاب وأمكن بواسطة الأسطرلاب المعدل رسم المسقطين المجسمين لدائرة خط الاستواء ودائرة البروج على نفس السطح، وبعد ذلك عُرف الأسطرلاب الخطى المسمى بعصا الطوسى نسبة إلى نصير الدين الطوسى، فيعتبر أكثر الأسطرلابات بساطة ودقة[٢].

آلة الربعية أو ذات الربع

والربعية عبارة عن آلة فلكية قطرها حوالى ٤٣٠ سنتيمترا، وهى مدرجة لكى تقيس الدقائق الفلكية، ولعلها كانت أول آلة صنعت فى مرصد المراغة، ذلك أنه قد جرى عن طريقها تحديد خط عرض مدينة المراغة بكل عناية بالإضافة إلى تحديد ميل فلك البروج[٣].

وهى مخططة بمقياس للدرجات رُسم على طرف قوسها، حيث حفرت عليها أرقام تمكننا من معرفة الوقت فى أثناء الليل والنهار، وعن طريق ملء الجزء الأوسط فيها بخطوط تعطى فكرة صحيحة عن حركة الشمس والقمر، ويتدلى منها ثقل رصاصى عُلق فى نهاية خيط.

والربعية هى نموذج مبسط من الأسطرلاب، وهى آلة بسيطة جدا فى تركيبها، وهى على شكل قوس من دائرة مقسم إلى ٩٠°، ويمكن استخدامه فى حل كل المسائل القياسية فى علم الفلك الكروى - وهو الخاص بالمسائل المتعلقة برسم خرائط الأشياء فى القبة السماوية عند أى خط عرض معين - ، وحلت هذه الآلة محل آلة الأسطرلاب فى القرن السادس عشر[٤].

وقد استخدمت الربعية أيضًا فى عمليات حساب المثلثات، وكذلك فى المسح الهندسى[٥]، وكذلك استخدمت لتسهيل العمليات الحسابية فى استعمال الأسطرلاب.

---

(١) جوزيف شاخت وآخرون - تراث الإسلام - الجزء الثانى - ص ٢٠٦، وانظر كذلك:

T. Heat - Greak Astronomy, p. 68.

(2) Ibid. p. 69.

(٣) آيدين صابيلى - المراصد الفلكية فى العالم الإسلامى - ص ٢٩٠.

(٤) هوارد تيرنر - العلوم عند المسلمين - ص ٩٩.

(٥) حصة الصباح - العلوم فى الحضارة الإسلامية - ص ٢٠.

آلة ذات الحلق:

وهى آلة فلكية بها خمس حلقات وعضادة، ويبلغ القطر الخارجى لأبعد حلقة، - وهى حلقة نصف النهار - أقل من ١٦٠ سم بشىء يسير، ويقول مؤيد الدين العرضى إنه قد صنع هذه الآلة، وعلى أية حال فإن وجود هذه الآلة أمر مؤكد، وذلك يتبين مما أورده أحد الذين زاروا المرصد فى زمن لاحق حيث شاهد ذات الحلق فى مرصد المراغة[١].

وذات الحلق هى آلة فلكية كبيرة من حيث الهيئة والمدلول، وهى مكونة من عدة دوائر من النحاس، وهى: دائرة نصف النهار وهى مركزة على الأرض، ودائرة معدل النهار، ودائرة منطقة البروج، ودائرة العرض، ودائرة الميل، والدائرة الشمسية التى يُعرف من خلالها سمت الكواكب[٢].

آلة قياس الانقلاب الشمسى:

وهذه الآلة تتكون من حلقة قطرها ٢٥٠سم منصوبة فى دائرة نصف النهار.

آلة لقياس الاعتدالين:

وهى عبارة عن حلقة لخط نصف النهار، وأخرى عمودية عليها تمثل دائرة الاستواء، والحلقة يتم وضعها فى سطح المعدل؛ لنعرف بها التحويل الاعتدالى[٣].

آلة ذات الثقبين:

وهى عبارة عن آلة بها ثقبان اثنان فقط؛ لقياس القطرين المرئيين للشمس والقمر ولرصد الكسوف والخسوف[٤].

آلة الحلقة الشمسية:

وهذه الآلة مزودة بربعيتين وبعضادات لقياس زوايا ارتفاع الشمس، ويرى مؤيد الدين العرضى: "إن هذه الآلة يجب أن تكون كبيرة كلما أمكن، وهذه الآلة من الآلات التى تم استخدامها فى مرصد المراغة، واشتهرت هذه الآلة بدقة عملها وبالتالى الثقة فى نتائجها"[٥].

---

(١) آيدين صابيلى - المراصد الفلكية فى العالم الإسلامى - ص ٢٩٠.
(٢) فايز فوق العادة - علم الفلك وفلسفة النسق الكونى - ص ١٠٥.
(٣) المرجع السابق - ١٠٥ ، ١٠٦.
(٤) آيدين صابيلى - المراصد الفلكية فى العالم الإسلامى - ص ٢٩٠.
(٥) زيغريد هونكه - شمس العرب تسطع على الغرب (أثر الحضارة العربية فى أوروبا) - الترجمة العربية - ص ١٤٥.

آلة ذات الشعبتين:

وهذه الآلة تهدف إلى قياس اختلاف الكواكب فى مرصد المراغة، وتعادل القياسات التى تتم بها قياسات تُجرى بواسطة نصف قطرها ٢٥٠ سنتيمترا، وبها أيضًا ثلاث مساطر فلكية، يُعلم بها الارتفاع(١).

آلة السمت الشمسية:

وهذه الآلة تهدف إلى تحديد السمت وجيب الزاوية المتممة للارتفاع، والسمت هو نقطة ينتهى إليها الخط الخارج من مركز الكرة الأرضية على استقامة قامة الشخص العادى(٢).

آلة لقياس الجيب وجيب التمام:

ويلاحظ أن هاتين الزاويتين من مصميم دراسة حساب المثلثات، وهى أداة تستخدم لقياس السمت وجيب زاوية الارتفاع ، وهى عبارة عن مسطرتين منتظمتين مثل انتظام آلة ذات الشعبتين(٣).

الآلة الكاملة:

وهى آلة مشابهة لآلة ذات الشعبتين، ولكنها غير مثبتة فى دائرة نصف النهار ويمكن أن تدور حول محور عمودى(٤).

آلة ذات الأوتار:

وهذه الآلة عبارة عن أربع أسطوانات وتغنى عن الحلقة الاعتدالية ، ونعرف بها تحول الليل، وهى من مخترعات تقى الدين الراصد(٥).

آلة المشبهة بالمناطق:

وهى كثيرة الفوائد فى معرفة ما بين نجمين من بُعد ، وهى مكونة من ثلاث مساطر، اثنتين منتظمتين انتظام ذات الشعبتين، وهى أيضًا من مخترعات تقى الدين

---

(١) آيدين صاييلى . المراصد الفلكية فى العالم الإسلامى . ص ٢٩١ .

(٢) زيغريد هونكه . شمس العرب تسطع على أوربا (أثر الحضارة العربية فى أوروبا) . ص ١٣٦، وكذلك آيدين صاييلى . المراصد الفلكية فى العالم الإسلامى . ص ١٠٤ .

(٣) المرجع السابق . ص ١٣٦، ١٣٧ .

(٤) المرجع السابق . ص ١٣٦ .

(٥) فايز فوق العادة . علم الفلك وفلسفة النسق الكونى . ص ١٠٥ .

الراصد أحد علماء مرصد المراغة الأفذاذ(١).

وكذلك هناك آلات فلكية أخرى اختلفت المصادر فى تحديد أسمائها ووصفها، ومن ضمن هذه الآلات: آلة الربع المسطرى، وذات النقبتين، والبنكام[*] الرصدى(٢).

أثر مرصد المراغة فى علم الفلك

ذكرنا من قبل أن مرصد المراغة عبارة عن مؤسسة علمية متكاملة، وهو أشبه ما يكون اليوم بالأكاديميات العلمية الحديثة، وهذه النقطة بالذات إحدى أهم سمات المرصد "فليس هناك شك فى أن المراصد الفلكية التى سبقته كانت قد أعانت على نقل المعرفة الفلكية وعلوم الأوائل بصورة عامة"(٣)، ولكن بالرغم من ذلك فإن نقل المعارف الفلكية من الأساتذة والعلماء الكبار إلى تلاميذهم لم يحدث بالصورة الكافية "فإننا لا نملك دليلا واضحًا على أن أيا من المراصد الفلكية المبكرة - قبل مرصد المراغة - كان يضم طلبة صغارا كانوا يتدربون ضمن الهيئة العاملة"(٤).

ولما كانت المراصد الفلكية تحتاج إلى تخصصات علمية متنوعة فلا غرو إذن أن نجد بها مجموعة من العلماء فى أكثر من مجال وحقل علمى واحد "وبالنسبة لمرصد المراغة فإنه كان يضم- فيما يبدو- مدرسة فى علم الفلك وعلوم الأوائل عموما"(٥) ولقد كان التدريس - إلقاء المحاضرات - فى هذا المرصد يظهر دلائل على أنه قد اتخذ الشكل والصفة الرسمية، فقد أفادت بعض المصادر بأن نصير الدين الطوسى قد أنفق على مائة تلميذ كانوا يتدربون داخل المراصد، وكذلك فإن الدروس التى كانت تُدرس لهؤلاء الطلبة لم تنقطع بوفاة نصير الدين الطوسى(٦).

---

(١) نفس المرجع - ص ١٠٦ ، وانظر كذلك:

- Tekeli, Senim: Nasir-al-ddin, Takiy-al-ddin, Tycho Brahe, Rasat Aletlernin Mukaesesi, Ankara Universitesi, Dil ve Tarih - Cgrafya Fakultesi Dergisi' (1958), vol. 16, No. 3-4, p. 301-93. (Turkish and English) Ankara, Turkey - 1924.

[*] البنكام – عبارة عن آلة لقياس الوقت والزمن، وهى الساعة المائية، وهناك رسائل ومؤلفات عديدة مذكورة فى التراث العلمى العربى خاصة بطريقة عمل البنكامات.

(٢) فايز فوق العادة - علم الفلك وفلسفة النسق الكونى - ص ١٠٦.

(٣) آيدين صابيلى - المراصد الفلكية فى العالم الإسلامى - ص ١٣١، ٣١٢.

(٤) المرجع السابق - ص ٣١٢.

(٥) آيدين صابيلى - المراصد الفلكية فى العالم الإسلامى - ص ٣١٢.

(٦) آيدين صابيلى - المراصد الفلكية فى العالم الإسلامى - ص ٣١٣.

وثابت أيضًا من المصادر العربية أن أبا الفرج بن العبرى (ت ١٢٧٠م) كان يُدَرِّس الهندسة والفلك للمبتدئين فى تعلم الرصد الفلكى، فكان يتم تدريس الهندسة وكتاب الأصول والفلك وكتاب المجسطى لبطليموس[١]، ولقد وُجدت مجموعة من الرسائل فى الفلك والرياضيات قام ابن العبرى بالتوقيع عليها، وكانت تُشكل مجموعة مفيدة جدا من مقررات الهندسة والفلك على طلبة مرصد المراغة[٢].

ولقد كانت اللغة العربية هى السائدة، وعلى هذا فإن الدروس التى تم إلقاؤها على طلبة المرصد كانت على أرجح الأقوال بالعربية، ووفقا لما ذهب إليه حاجى خليفة فى كتابه (كشف الظنون عن أسامى الكتب والفنون) يتضح أن محيى الدين المغربى قد ألف كتابه "خلاصة كتاب المجسطى" استجابة لتوصية من ابن العبرى[٣].

وكان الهدف الأهم فى مرصد المراغة هو وضع الجداول الفلكية لتسجيل نتائج الأرصاد، وفاق هذا المرصد كافة المراصد الفلكية الإسلامية السابقة عليه سواء من حيث الإدارة المالية الممتازة للمرصد، أو من حيث توفر مكتبة ضخمة له. وهذا ما يفسر لنا بقاء المرصد مدة طويلة من الزمن[٤] وعلى هذا الأساس كان المرصد مثالا يُحتذى به فى المراصد الفلكية الأخرى التى تلته فى العالم الإسلامى مثل مرصد سمرقند وغيره.

ويلاحظ أيضا أن مرصد المراغة قد ربط بين علم الفلك النظرى المتمثل فى الدراسات والأبحاث الفلكية ذات الطابع الرياضى النظرى القائم على البراهين الهندسية للموضوعات الفلكية، لأن علم الهندسة، والرياضيات ككل هى الأداة الرئيسة فى دراسة الفلك النظرى. وبعد أن عرفنا أن علماء المرصد قد استخدموا الآلات الفلكية الدقيقة للقيام بالرصد الفعلى - أى قيامهم بالتجربة العلمية المقترنة باستخدام الآلات المناسبة لإنجاز البحث - يكون الفلكيون فى مرصد المراغة قد جمعوا بين الفلك النظرى والفلك التطبيقى فى بحوثهم وأرصادهم[٥] وهذا هو الذى يفسر لنا مراجعة علماء مرصد المراغة لنتائج الأرصاد الفلكية السابقة عليهم، أضف إلى ذلك قيامهم برصد شىء واحد بأكثر من طريقة للتأكد من الحقيقة.

---

(١) المرجع السابق - ص ٣١٣.
(٢) المرجع السابق - ص ٣١٥.
(٣) المرجع السابق - ص ٣١٦.
(٤) المرجع السابق - ص ٣١٧.
(٥) دونالد هيل - العلوم والهندسة فى الحضارة الإسلامية - ترجمة أحمد فؤاد باشا - ص ٧١، ٧٢.

وهكذا نجد أن الرصد الفلكى فى المراغة قد تطور على أيدى العلماء العرب والمسلمين باستخدام المنهج التجريبى الذى يستند على الأرصاد والحساب الرياضى فى تفسير الظواهر الفلكية وتعليل حركات النجوم والأجرام، وكان لدقة هذه الأبحاث الفلكية أكبر الأثر فى إثراء النتائج التى جمعها تيكوبراهى (١٥٤٦ - ١٦٠١م) واستخدامها كبلر (١٥٧١ - ١٦٣٠م) من بعده فى صياغة قوانينه المعروفة عن حركة الكواكب[١].

وخلاصة القول: "كان علم الفلك استقرائيا عند العرب والمسلمين وليس نظريا كما هو عند اليونان"[٢]، وهذا هو الذى يكشف لنا لماذا كانت الأبحاث الفلكية عند العرب نقطة الانطلاق للنظريات الفلكية الحديثة؟ وذلك لكونها أبحاث تجريبية استقرائية.

وكان لعدم اكتفاء الفلكيين العرب والمسلمين -ومنهم نصير الدين الطوسى- بالفلك البطليموسى وشكل الكون عنده وهيئته أثرٌ هائلٌ فى ظهور نظرية كوبرنيكوس الفلكية والتى استبعدت تماما نظرية بطليموس، "ونموذج الطوسى الشهير باسم ازدواج الطوسى وهو عبارة عن نموذج افتراضى لحركة أفلاك الدوران التى تتضمن منظومة للحركات كل منها منتظم بالنسبة لمركزها الخاص، وقد تم تطبيق هذا النموذج على حركة كل الأجرام السماوية فى القرن الرابع عشر بواسطة الفلكى ابن الشاطر، ويرجع الفضل له فى التجديدات والتنقيحات التى احتوتها صياغته فى تقريب التكامل بين ما هو مُشاهد والنظرية فى الفلك أكثر من أى نموذج آخر لحركة الكواكب فى ذلك الوقت"[٣].

ولذلك حاول الطوسى تعديل قوانين علم الفلك عند بطليموس التى استقرت فى الأذهان فترة طويلة جدا من الزمن، والبحث عن نظام فلكى بديل يقدم لنا صورة حقيقية وصادقة ووصفا لما يحدث فى الفضاء الذى يحيط بالأرض "ويعتقد بعض مؤرخى العلوم أن يكون كوبرنيكوس الذى كان يزور مكتبة الفاتيكان بروما قد وقع على مخطوطة ابن الشاطر من القرن الرابع عشر والتى تصور مفهومه عن حركة الكواكب.. وعلى كل الأحوال فإن الشكل الوارد عند كوبرنيكوس يحمل تشابها مدهشا مع مخطوط

---

(١) أحمد فؤاد باشا: التراث العلمى للحضارة الإسلامية ومكانته فى تاريخ العلم والحضارة. ص ١٠٦، ١٠٧.
وكذلك:
- Grazyna Rosinska Nasir al-Din - al - Tusi and Ibn - al - Shatir in Cracow? - Reprinted from Tsis, 65 New York, 1974 - pp. 238 - 243.

(٢) قدرى حافظ طوقان. تراث العرب العلمي فى الرياضيات والفلك. ص ١٣٨.

(٣) هوارد تيرنر. العلوم عند المسلمين. ١٠١، ١٠٢.

ابن الشاطر، ومن الممكن أن يكون ذلك أكثر التأثيرات ذات الأهمية المحورية التى حدثت فى علم الفلك[١].

ويذهب أكثر مؤرخى العلم إلى أنه "ليست مفاجأة أن يكون الطوسى عالم الفلك والرياضيات والذى ابتكر الازدواج الشهير هو أول من تعامل مع حساب المثلثات كمنهج مستقل منفصل عن علم الفلك الكروى، وقد مكن ذلك الفلكيين من حساب مسافات واتجاهات النقاط على القبة السماوية بطريقة أكثر كفاءة ودقة من كل ما سبق من محاولات"[٢].

ويتضح من كل ما سبق أن انتقادات علماء مرصد المراغة -وعلى رأسهم نصير الدين الطوسى- لفلك بطليموس قد انتقلت من غرب العالم الإسلامى فى مرصد المراغة، إلى مشرقه فى مرصد الحاكم بأمر الله، والذى أداره الفلكى البارع ابن الشاطر بعد أن كانت قد تطورت، وانتقلت هذه المفاهيم إلى الغرب الأوربى عند كوبر نيكوس وصاغها فى صورتها النهائية.

وباختصار إن انتقادات فلك بطليموس فى انتقالها إلى أوربا أخذت هذا التسلسل تقريبا: نصير الدين الطوسى ← ابن الشاطر ← كوبر نيكوس[٣].

ومن الأشياء التى يجب ذكرها هو أن الآلات الفلكية وخاصة الأسطرلاب والذى كان متطورا تطورا هائلا عند العرب والمسلمين كان له أشد الأثر فى رحلة فاسكو دى جاما البحرية، وعلى كل الأحوال لقد كان علم الفلك له أكبر الأثر فى الملاحطة البحرية عند العرب والمسلمين[٤] "فمن المعلوم أن الملاحة البحرية نشأت فى الأصل على أساس فلكى"[٥].

وخلاصة القول: إن الفلكيين فى مرصد المراغة وعلماءه وعلى رأسهم نصير الدين الطوسى قد استطاعوا من خلال منهجية علمية فائقة من تنظيم العمل داخل مرصد المراغة من حيث النواحى الإدارية والمالية، وتوفير مكتبة ضخمة جدا لعلمائه، وإلقاء

---

(١) انظر أحمد فؤاد باشا . تراثنا العلمى ورحلته إلى الغرب . مجلة تراثيات . العدد الأول . دارالكتب والوثائق القومية . مركز تحقيق التراث . القاهرة ٢٠٠٤م.

(٢) المرجع السابق . ص ١٠٢.

(3) Grazyna Rosinska - Nasir al-Din al - Tusi and Ibn al - Shatir in Cracow? - Reprinted from Tisi, 65 New York 1974 - pp. 238 - 243.

(٤) انظر حسن شهاب صالح . الملاحة الفلكية عند العرب . مركز البحوث والدراسات الكويتية . الكويت ٢٠٠١م . ص ١٢.

(٥) المرجع السابق . ص ١١.

المحاضرات على طلبة العلم، هذا كله قد جعل المرصد مؤسسة علمية متكاملة، وكان من نتيجة ذلك الوصول إلى أرصاد فلكية دقيقة تم تدوينها فى جداول - أزياج - فلكية، وكان أشهرها الزيج الإيلخانى الذى أثر فى علوم الفلك بأسرها، وانتقل هذا الأثر إلى الغرب الأوروبى عبر ابن الشاطر.

وبذلك نرى أن مرصدنا كان نقطة فاصلة فى تاريخ علم الفلك فى العصور الوسطى والعصور التى تلته؛ إذ كان مؤسسا لعلم فلك قائم على أساس غير بطلمى، وهذا الأساس يستند إلى الدراسة الاستقرائية التجريبية المدعمة بالآلات الفلكية المبتكرة القائمة على الحسابات الرياضية الدقيقة.