إسهامات العلماء العرب فى علم الفلك

أ.د / رفعت حسن هلال(*)

علم الفلك

إن علم الفلك الإسلامى من حيث بداياته وتطوره قد واكب إلى حد بعيد نشأة علوم إسلامية أخرى، فى تمثله للمعارف الأجنبية والامتزاج التدريجى مع الأصول المتباينة لهذه المعارف؛ لاستحداث علم إسلامى الجوهر والأساس. وقبل الإسلامى كان الفلك «الشعبى» العربى يعتمد على الخبرة. فكان هناك نظام أولى لتقدير الوقت (الزمن) يستند إلى مصدرين مميزين؛ الأول: ظاهرة الغروب الأفولى لسلسلة من النجوم أو الكويكبات النجمية، لتحديد بداية فترة زمنية تسمى زالنوءس. وفترة دوام النوء الحقيقية تتراوح ما بين يوم وسبعة أيام. أما المصدر الثانى: فهو ظاهرة الشروق الاحتراقى لسلسلة من النجوم نفسها، على فترات قدرها ستة أشهر لتحديد السنة الشمسية، ويبدو أن هذا كان أساس التقويم. كما ميَّز العرب منازل القمر، كما قاموا بتقسيم دائرة البروج الشمسية. وقد دونت هذه المأثورات فى كتب الأنواء التى تعدت العشرين، ومن أفضلها ما سجله العالم الموسوعى المسلم ابن قتيبة (ت ببغداد ٨٨٩م) فى القرن التاسع الميلادى. واحتوى على مجموعة المعارف المتعلقة بالظواهر والأرصاد السماوية والجوية، مع إضافة نكهة إسلامية مميزة بمحاولة ربط أوقات الصلوات فلكيا بهذه المعارف.

وكبقية العلوم بدأت حركة ترجمة واسعة للمعارف الفلكية الإغريقية والهندية والمصرية. كما تم فى وقت مبكر من القرن الثامن الميلادى تصنيف عدد من «الأزياج» العربية فى الهند وأفغانستان. والأزياج: كتب فلكية مختصرة بها نص الموضوع والجداول الخاصة به، ويعتبر زيج «السندهند» للخوارزمى أهم نموذج للمؤلفات الهندية، وتوجد ترجمة لاتينية لهذا الزيج راجعها المجريطى فى قرطبة (حوالى ١٠٠٠م). وترجمت النصوص الإغريقية الفلكية، وكان أهمها كتاب «المجسطى» لبطليموس.

ومر علم الفلك العربى بثلاث فترات مميزة: أولا: فترة الاستيعاب الكامل والتوفيق بين المفاهيم الفلكية السائدة فى الفكر الإغريقى والفكر الهندى القديم وبين الفلك العربى الشعبى(٧٠٠– ٨٢٥م). ثانيا: فترة البحث النشط التى شهدت شكوكًا على بعض

(*) أستاذ الكيمياء الفيزيائية، مدير مركز دراسات التراث العلمى ـ جامعة القاهرة: رئيس الإدارة المركزية للمراكز العلمية ـ دار الكتب والوثائق القومية.

النظريات الإغريقية السائدة، وظهرت فيها إسهامات قيمة (٨٢٥-١٠٢٥م تقريبا). ثالثا: فترة انتعاش وإبداع، ظهر فيها علم الفلك الإسلامى بشكل مميز، وظهرت فيها النظريات الأساسية فى علم الفلك والتى تعتبر - وبدون أدنى شك - نقطة الانطلاق إلى النظريّات المعاصرة (١٠٢٥ - ١٤٥٠م). وما تبقى من هذا التراث العلمى العظيم يزيد حاليا على ١٠ آلاف مخطوط، لم يدرس أو يفهرس أغلبها. وفيما يلى سوف نقدم نبذة عن الإنجازات الفلكية العربية فى مجال النظرية والتطبيق، وفى مجال علم المواقيت والاتجاه:

علم الفلك النظرى:

كانت النظرية السائدة عن حركة الكواكب - بما فى ذلك حركة الشمس والقمر إبان العصور القديمة والوسطى - تقضى بأن الأرض مركز الكون، وأن الحركة الكوكبية دائريةُ منتظمة. وفى القرن الثانى قبل الميلاد وضع نموذجان لتفسير هذه الحركة؛ الأول: هو نموذج حركة فلك التدوير، والآخر: نموذج حركة الفلك الخارج المركز، ويعتمد الخيار بين النموذجين فى أى حالة خاصة على أيهما يكون أيسر فى التطبيق والحل رياضيًا.

وفى القرن الثانى بعد الميلاد أدخل بطليموس عدة تعديلات مهمة؛ فى محاولة للتخلص من أوجه القصور فى النظم الموجودة، كما حاول تقديم تفسير مرض لحقيقة أن الكواكب تبدو أحيانًا ثابتة بالنسبة إلى خلفية النجوم الثابتة، وأحيانًا تبدو فى حركة تراجعية من الشرق إلى الغرب.

كان لنظريات بطليموس الخاصة بحركة الكواكب - كما تضمنها كتابه «المجسطى» تأثير هائل فى العالم الإسلامى الذى ترجم كتاب «المجسطى» عدة ترجمات وتناوله بالدراسة والشرح علماء عرب عديدون، وأصبح واضحًا مع نهاية القرن العاشر الميلادى وبداية القرن الحادى عشر أن علماء الفلك العرب بدأوا فى نقض نظريات بطليموس. وظهر كتاب ابن الهيثم بعنوان «الشكوك على بطليموس» حيث أوضح ابن الهيثم أن بطليموس قد لجأ مضطرًا إلى أنواع من الحركة المناقضة لمبدأى الانتظام والدائرية، وحدد ابن الهيثم ست عشرة معضلة فى النظرية البطلمية، هى حالات عدم الانتظام فى الحركة الخطية والحركة الكوكبية.

وظهرت عبقرية العلماء المسلمين فى أفضل صورها. وفى عام ١٢٤٠م عندما وضع نصير الدين الطوسى رسالة - رغم قصرها - إلا أنها كانت غاية فى الأهمية، وتمثل

البداية لدراسة جادة وعميقة؛ حيث حلل فيها المعضلات الست الأولى التى أحصاها ابن الهيثم، وكانت جميعها متعلقة بالحركات غير المنتظمة للأفلاك الحاملة للقمر والكواكب. ثم ما لبث أن نشر نصير الدين الطوسى (١٢٠١ - ١٢٧٤م) كتابه بعنوان «التذكرة فى علم الهيئة» عام ١٢٦١م، وهو من أشهر أعماله التى بدأت بها المسيرة نحو فهم أوسع لبنية الكون، وقد أنهى تأليفه «بمراغة» أثناء عمله كمدير للمرصد. وقد حظى هذا الكتاب باهتمام كبير، وكان موضوعًا لما يزيد عن خمسة عشر شرحًا وتفسيرًا. والنظام الكامل للطوسى بالغ الطول والتعقيد، إلا أن من أهم سماته: هذا النموذج الذى يغير بعد المركز الخارج عن نقطة معينة وجعله يتأرجح فى خط مستقيم، وهذه الآلية هى المعروفة حتى الآن فى علم الفلك المعاصر باسم «مزدوجة الطوسى».

بالإضافة إلى الطوسى اقترح فلكيون آخرون من مدرسة «مراغة» تعديلات على نماذج بطليموس لحركة الكواكب. وتعتبر تلك التعديلات وذلك أساسًا لتفسير التناقضات الواضحة بين تراكيب بطليموس والظواهر المرصودة عمليًا. وكانت الأبرز هى أعمال مؤيد الدين العرضى (ت ١٢٦٦م) وابن الشاطر (ت ١٣٧٥م) . ويمكن الجزم بأنه فى تاريخ علم الفلك توجد نظريتان فى غاية الأهمية: الأولى: هى نظرية مزدوجة الطوسى، والثانية: هى نظرية العرضى التى تسمح بتحويل النماذج الخارجة المركز إلى نماذج تدويرية. وتعزى الأهمية البالغة لهذه النظرية إلى ارتباطها الوثيق بالنظرية السائدة فى علم الفلك المعاصر، والتى تنسب إلى كوبرنيكس، والخاصة بمركزية الشمس، ويجب أن نذكر هنا أن علم الفلك النظرى قد كاد يتكامل فى القرن الثالث عشر والرابع عشر الميلادى بأعمال «الطوسى» و«العرضى» و«ابن الشاطر». والإضافة الأساسية التى تمت فى عصر النهضة الأوربية هى أعمال كوبرنيكس عن مركزية الشمس، وهذه النظرية تتبنى نماذج الطوسى والعرضى كما هى تماما، وتعكس المتجه الذى يصل الشمس بالأرض، بينما تترك جميع النماذج الأخرى كما هى بدون تغير .

إن ما يدين به كوبرنيكس لفلكيى «مراغة» لا يتمثل فقط فى أنه استخدم النظريتين لبناء نماذجه، ولكن - أيضًا - فى أنه استخدمهما عند النقاط المتماثلة فى النماذج التى استخدمها فلكيو «مراغة». وفى الوقت الذى كانت فيه أوضح سمات الحضارة العلمية الإسلامية هى احترامها الشديد لكل من سبقها من علماء، والالتزام الشديد بالأمانة العلمية، وتوضيح نسبة النظريات القديمة إلى أصحابها - فإننا نجد أن كوبرنيكس لم يشر إلى أعمال فلكيى «مراغة» وكرس مؤرخو عصر النهضة الأوروبية جهودهم لهذا الاتجاه وكأن أعمال كوبرنيكس قد أتته فجأة.

وينشأ بطبيعة الحال سؤال عن كيفية تعرف كوبرنيكس على أعمال فلكيى «مراغة»!! وتأتى الإجابة عنه واضحة، حيث إن مخطوطاً بيزنطياً إغريقياً وجد طريقه إلى ز مجموعة الفاتيكانس بعد سقوط القسطنطينية عام ١٤٥٣م، يوجد على إحدى صفحاته عرض واضح لمزدوجة الطوسى مع نموذج قمرى لابن الشاطر، ويوجد على صفحة أخرى عرض نموذج قمرى للطوسى، مع رسم تخطيطى يوضح تعديل مزدوجة الطوسى لهيئة الأجسام الصلبة.

إن وصول هذه المعلومات إلى إيطاليا له مغزًى كبير، وخاصة إذا ما عَرفَت أن كوبرنيكس عاش وتعلم بها لعدة سنوات، كما إنه كان يستطيع القراءة بالإغريقية.

علم الفلك التطبيقى

عرف العرب علم الفلك باسم علم الهيئة، وهو معرفة تركيب الأفلاك وهيئتها، أو: التنجيم من دراسة حركة النجوم فى السماء. كانت المعلومات الفلكية لدى العرب قبل الإسلام بسيطةً ولا تعتمد على أية أسس رياضية، ولكنهم كانوا قادرين على تحديد السنة القمرية، واستخدام النجوم لتحديد الاتجاهات فى الصحراء.

ومع بداية عصر النهضة العربية درس العلماء العرب كتاب «المجسطى» لبطليموس فى الفلك دراسة متعمقة، ونقدوا نظريته عن النجوم، حتى توصل نصير الدين الطوسى وتلميذه قطب الدين الشيرازى فى القرن الثالث عشر الميلادى إلى النقض الأساسى لهذه النظرية، كما رصد الفلكيون العرب السماء، واكتشفوا نجومًا جديدة أطلقوا عليها الأسماء العربية التى لا زالت تحملها حتى الآن.

وكان لكتاب «النجوم» لعبد الرحمن الصوفى، والذى ترجمه إلى الأسبانية «الفونسو اكسيل سابيو» بالغ الأثر فى فهم العلماء الأوروبيين لمواقع النجوم وتوزيعها فى السماء. وقد سجل الفلكيون العرب العديد من المشاهدات. وطوروا الجداول الفلكية وكانت تسمى «الزيج»،ومن أشهرها : زيج «حكمة القاهرة»، وزيج «المأمون» .

وفى عصر هارون الرشيد أنشئ بيت الحكمة كمعهد علمى متكامل مجهز بالأجهزة والعلماء، كما أقيم أول مرصد مجهز لرصد النجوم والكواكب باسم «الشمسية»، وقد أقامه العالم الفلكى موسى بن شاكر وأبناؤه.كما قام بأعظم إنجاز علمى عبقرى، وهو قياس قطر الأرض. ورغم بساطة الوسيلة التى استخدموها إلا أنها تثبت أن الفلكيين العرب عرفوا أن الأرض كروية قبل الغرب بما يزيد على ستة قرون. كما أن القطر الذى حددوه للأرض (١٢٨٠٤كم) يضاهى القيمة المعروفة حاليا ،وهى ١٢٧٤٤ كم. كما

أسس الطوسى مرصد «مراغة» بإيران، والذى لعب دورًا علميا مهمًا وصدر عنه العديد من الجداول الفلكية.

إن الرياضيات التى استخدمها العلماء العرب فى الحسابات الفلكية اعتمدت على قياسات الزاوية بالدرجات والدقائق، وقد أدخلوا هذا النظام لقياس الزوايا فى هندسة إقليدس، وهو النظام المتبع حتى الآن .

انتشر الفلكيون العرب فى كل مكان حتى الصين ،وأنشأوا المراصد وأداروها باقتدار، فظلت أبحاثهم هى المصدر الوحيد للمعرفة لمدة لا تقل عن تسعة قرون. وترجمت أغلب المخطوطات العربية إلى اللاتينية لتشكل نواة المعرفة الأولى للغرب، وظلت كتب ابن الشاطر هى المصدر الأساسى للمعلومات الفلكية حتى بداية القرن الثامن عشر.

ولقد طور العرب **أجهزة فلكية** عديدة تميزت بالدقة الفائقة، مكنتهم من رصد حركة الكواكب والنجوم وإصدار التقاويم السنوية الدقيقة. ومن أهم ما طوره العرب «الأسطُرلاب» وهو: جهاز يقيس ويحدد موقع النجوم فى السماء فى أى وقت من العام، وقد برع العرب واجتهدوا فى الوصول بالأسطرلاب إلى أعلى دقة ممكنة. ومن آلاتهم - أيضا -: «العضادة» وهى: شبه مسطرة لها شظيتان، وفى وسط كل منهما ثقب، وتكون هذه العضادة على ظهر الأسطُرلاب، وبها يؤخذ ارتفاع الشمس والكواكب.

وإلى جانب قيام المراصد الفلكية، تمكن العلماء من اختراع العديد من الأجهزة الدقيقة التى تستخدم فى عمليات الرصد، مثل: «**المزولة الشمسية**»، و«**الساعة المائية**» لتحديد الزمن، ومثل: الأسطُرلاب العربى لتحديد الارتفاع ومعرفة الزمن والأوقات . ولقد شاع استخدام الأسطُرلاب فى المراصد التى أنشأها العرب وهو الأساس لنظرية عمل جهاز «**التيودوليت**» الحديث، المستخدم بكثرة فى أغراض المساحة الجيولوجية لقياس الزوايا الأفقية والرأسية ، وكذا فى أغراض القياسات الميتورولوجية . وهذا يدحض ما يردده البعض من أن الأسطُرلاب من مخترعات (تيخوبراهى) . ولقد أصبح مؤكدًا أن (الفزارى) هو أول من صنع أسطُرلابًا من العرب، وأول من ألف فيه كتابا أسماه «الأسطُرلاب المسطح» .

ومن الكتب الفلكية المهمة التى يزخر بها تراث الحضارة الإسلامية كتاب (النجوم الثابتة) لعبد الرحمن الصوفى، وهو من أحسن الكتب التى وضعت فى علم الفلك، حيث جمع فيه أكثر من ألف نجم، ووشاه بالخرائط والصور الملونة، ورسم أشكال النجوم على

صور الأناسى والحيوان، وذكر أسماءها العربية التى لا يزال بعضها مستعملا حتى الوقت الحاضر، مثل: الدب الأكبر، والدب الأصغر، والحوت، والعقرب. واعتمد الفلكيون المحدثون على مؤلفات الصوفى لحساب التغير فى ضوء بعض النجوم، كما أنه كان أول من لاحظ وجود سحابة من المادة الكونية تعرف الآن باسم (سديم مسيبه) .

وينتمى ابن الأعلم عبد الرحمن الصوفى إلى مدرسة الباحثين الفلكيين التى نشأت فى النصف الثانى من القرن العاشر الميلادى فى بلاد فارس بمدينة شيراز، تحت رعاية الحكام البويهيين ، وازدهرت فى عهد عضد الدولة الذى اشتهر بحبه للعلم والعلماء . ومن أشهر مؤلفات عبد الرحمن الصوفى كتاب «صور الكواكب الثمانية والأربعين»، وفيه قام بمراجعة النجوم التى وردت فى كتاب «المجسطى» لبطليموس بدقة متناهية امتدحها مترجمه الدنماركى «شيليرب» بقوله: «لقد أعطانا الصوفى وصفا عن السماء المرصعة بالنجوم بصورة أحسن مما توفر من قبل، وقد بقى هذا الوصف لتسعة قرون دون أن يوجد له نظير».

وفى أوائل القرن الحادى عشر الميلادى ظهر كتاب «الزيج الحاكمى الكبير» الذى جمعه الباحث الفلكى «ابن يونس» واستعمله العالم الفرنسى الشهير «لابلاس» فى تحديد ميل دائرة البروج والاختلافات بين المشترى وزحل. كذلك استعمل الفلكى الأمريكى المعروف «سيمون نيوكومب» ملاحظات ابن يونس عن الكسوف والخسوف فى بحوثه عن حركات القمر. وقد وصف ابن يونس فى كتابه طريقة دقيقة لتحديد القبلة؛ ويرى «كارل شوى» أن هذه الطريقة لافتة للنظر من حيث إن النص الذى أورده ابن يونس يعطينا ـ بلغة العصر ـ تعريف معادلة جيب الزاوية وجيب التمام فى حساب المثلثات الكروية .

وفى بغداد، قام أبو الوفاء البوزجانى فى نهاية القرن العاشر للميلاد بإجراء تصحيحات فى الجداول الفلكية التى وضعت أيام المأمون. وجمع نتائج بحوثه فى كتاب «الزيج الشامل».

وفى الأندلس، عنى المجريطى بزيج الخوارزمى وحَوله من السنين الفارسية إلى السنين العربية ثم اختصره وأصلحه، وصنف جابر بن أفلح الإشبيلى «كتاب الهيئة فى إصلاح المجسطى» الذى انتقد فيه نظام بطليموس وآراءه الفلكية، ولفت الانتباه إلى إصلاحها، ووضع أبو إسحاق النقاش المعروف بالزرقالى كتاب «الصفيحة الزيجية» الذى بين فيه استعمالات الأَسطُرلاب وأدخل تحسينات عليه، كما جاء بأول دليل على أن

ميل أَوج الشمس بالنسبة إلى النجوم الثوابت ١٢,٠٤ ثانية، بينما الرقم الحقيقى ١١,٨ ثانية .

والهَمدَانى فى اليمن له، كتاب معروف ـ غير زيجه المشهور ـ هو كتاب «سرائر الحكمة» المحتوى على ثلاثين مقالة فى جمل علم الهيئة ومقادير حركة الكواكب؛ وعلم أحكام النجوم، واستيفاء ضروبه وأقسامه .

كذلك عرف علماء الحضارة الإسلامية أن القمر يختلف فى سيره بين سنة وسنة، واكتشف البوزجانى معادلة لتقديم مواقع القمر، سميت بـ«معادلة السرعة». وفى كتاب «القانون المسعودى» ناقش البيرونى عدة مواضيع تختص بعلم الفلك، منها: تعيين الجهات الأصلية بسبع طرق مختلفة، وتعيين الوقت ليلاً أو نهارًا، ومعرفة فصول السنة عن طريق الأرصاد، وقياس طول السنة بدقة متناهية، وشرح ظاهرة المد والجزر، وتفسير ظاهرة كسوف الشمس . وتتجلى عبقرية البيرونى فيما كتبه عن حركة أَوج الشمس ، وهو أبعد المواقع السنوية بين الشمس والأرض... ويكمن سر هذه العبقرية فى أن نقطة الأَوج التى كتب عنها تتحرك بمقدار درجة واحدة كل حوالى ثلاثمائة سنة.

ودرس الفلكيون العرب «كلفَ الشمس»، الذى تطور فيما بعد إلى علم البقع الشمسية، وكان الفيلسوف «ابن رشد» أول من رأى كلَفَ الشمس عمليًا، عندما عرف بالحساب الفلكى وقت عبور كوكب عطارد على قرص الشمس، فرصده ورآه بقعة سوداء على قرصها فى الوقت الذى حدده. وللبتانى أرصاد عن الكسوف، والخسوف اعتمد عليها العلماء المحدثون سنة ١٩٤٧م فى تحديد تزايد عجلة تحرك القمر خلال قرن من الزمن .

وتعتبر ظاهرة البقع الشمسية التى رصدها العلامة ابن رشد لأول مرة من أهم الظواهر التى يهتم العلماء بدراستها فى العصر الحاضر: للتعرف على المزيد من أسبابها وخواصها وتأثيراتها.

من ناحية أخرى اهتم علماء الميتورولوجيا فى عصر النهضة الإسلامية ببحث الظواهر الجوية المختلفة، ودراسة أحوالها وتأثيراتها فى الأماكن المختلفة من الأرض، وتوصلوا إلى أن الغلاف الغازى يحيط بالأرض من جميع الجهات إلى ارتفاع يقرب من طول قطر الأرض. وجاء فى «رسائل إخوان الصفا» أن توزيع الإشعاع الشمسى على سطح الأرض يتوقف على الموقع النسبى للشمس بالنسبة لأجزاء الأرض فى الفصول المختلفة. وتتوقف كمية الحرارة التى يتلقاها سطح الأرض على زاوية التقاء الأشعة

بذلك السطح، ويعمل الإشعاع الشمسى على تسخين سطح الأرض ورفع درجة حرارة الهواء الذى يسخن بدوره ثم يتمدد ويرتفع .

وَعرَفَ إخوان الصفا ظاهرة التساقط عندما تبرد كتلة من الهواء وتتكاثف كمية من بخار الماء فى صورة مطر أو ثلج أو ضباب مائى (شابورة) أو ندى، وذلك بحسب الظروف التى يحدث أثناءها التكاثف .

وتكلم ابن سينا عن السحب، والثلج، والضباب والنيازك، والبرق، والرعد، وفسر الهالة القمرية، والهالة الشمسية. ويعتبر تحليله أساسًا علميًا للتفسير العلمى المعروف حاليا، وقال ابن سينا عن السحب فى كتابه «الشفاء»: إنها تولد من الأبخرة الرطبة إذا تصعدت بتصعيد الحرارة فوافقت الطبقة الباردة من الهواء، فجوهر السحاب بخارى متكاثف طافٍ فى الهواء، والبخار: مادة السحاب والمطر والثلج والطل والجليد والصقيع والبرد، وعليه تتراءى مختلف الظواهر الشمسية والقمرية كالهالة، وقوس قزح ، ورَأى ابن سينا فى تكون السحب، لا يختلف عن الرأى الذى قال به «فيجان» و«شماوس» فى عام ١٩٢٩م .

ولقد ساعد تقدم علوم الفلك والأرصاد فى عصر النهضة الإسلامية على اهتمام المسلمين بالملاحة البحرية، فوضع أحمد بن ماجد كتاب «الفوائد فى أصول علم البحر والقواعد»، وأوضح فيه كيف يستعين الربان بمنازل القمر، والجهات التى تهب منها الرياح، وطلوع عدد من الكواكب والنجوم ومغيبها. وكان فهم الربان لهذه الأمور يساعدهم على الاهتداء فى الملاحة والاقتراب بالسفن من مراسيها.

وتؤكد البحوث والدراسات الحديثة أن أوربا تدين للعرب بمعرفة البوصلة، واستعمال الخرائط البحرية ، وتعرف لملاحى الحضارة الاسلامية سبقهم إلى ارتياد البحار والمحيطات، ومهارتهم فى قيادة السفن وتفادى العواصف والأعاصير والتنبؤ بحدوثها. ويذكر المقدسى فى كتابه «آحسن التقاسيم» آنه كان من بين البحارة العرب فلكيون ذوو خبرة، استدلوا بالنجوم، وأعدوا الجداول، وحددوا خطوط الطول والعرض، ووضعوا الخرائط الملاحية، وساهموا بمعلومات عن الرياح والشواطئ والشعاب المرجانية؛ ونتيجة لهذا ظلت الملاحة فى البحرين الأبيض والأحمر وفى المحيطين الهندى والهادى اختصاصًا عربيًا حتى مطلع العصور الحديثة .

علم المواقيت والاتجاه:

علم المواقيت جزء أساسى من الممارسة الفلكية الإسلامية، حيث إن حدود الفترات الزمنية المسموح بها شرعًا للصلوات الخمس تحدد بدلالة الموقع الظاهرى للشمس فى السماء بالنسبة إلى الأفق المحلى، وهذه الأوقات تتغير على مدار العام وتعتمد على خط العرض المحلى. وكان يتم تحديد أوقات الصلوات النهارية باستخدام جداول الظل الحسابية البسيطة والتى لا تعتمد على حسابات دقيقة .

ومع بداية القرن الثالث عشر الميلادى ظهر نظام «المَوقت» كفلكى محترفٍ مسئولٍ بالدرجة الأولى عن تنظيم أوقات الصلاة، كما ظهر فلكيون تخصصوا فى تحديد الوقت الفلكى والكروى، دون أن تكون لهم علاقة بالنظام الديني. ولقد اعتمد هؤلاء على طرق مختلفة تتسم بالدقة، ونشرت فى الأزياج بداية من القرن التاسع الميلادى معتمدة على تطبيق النسق الرياضى «أناليما» على الكرة السماوية حيث تحدد الساعة بمعلومية ميل وارتفاع الشمس والعرض المحلى.

وفى القرن الثالث عشر صنف الفلكى شهاب الدين المقسى مجموعة من جداول بيان الوقت منذ الشروق كدالة على ارتفاع الشمس وخط طول الشمس لخط عرض مدينة القاهرة، ثم زيدت وطورت فى القرن الرابع عشر الميلادى إلى مجموعة هائلة من الجداول فى مائتى ورقة مخطوطة تحتوى على ثلاثين ألف مدخل. هذه الجداول تبين ارتفاع الشمس وزاويتها الساعية بالنسبة إلى أوقات الصلاة، بالإضافة إلى معلومات فلكية أخرى، وقد قام أحد معاصرى المقسى بوضع جداول للمواقيت يشمل جميع خطوط العرض، و يحتوى على أكثر من ٢٥٠ ألف مدخل.

وفى القرن الرابع عشر أُنجز فى سوريا عمل مماثل. فقد عاد «الميزى» من دراسته فى مصر ووضع مجموعة جداول للزاوية الساعية وجداول لمواقيت الصلاة فى مدينة دمشق، كما وضع ابن الشاطر جداول لمواقيت الصلاة فى مكان غير محدد عند خط عرض ٣٤، وعلى نفس الدرب أحرز شمس الدين الخليلى أهم الإسهامات فى علم الميقات، فأعاد حساب جداول «الميزى» للمعلمين الجديدين (الارتفاع المحلى وميل فلك البروج) اللذين استنتجهما ابن الشاطر، وظلت جداوله للمواقيت تستخدم فى دمشق حتى القرن التاسع عشر.

ومن أعظم ما أبدعت العقلية الفلكية الإسلامية «الساعة المائية» وهى تقنية تُعنى بإعلان الأوقات المحددة للصلاة؛ فقد كان الميقات الفلكى داخلا فى بنية الساعات

المائية. ونظرًا لأنها كانت تعمل بسرعة كانت تعدل يوميا لتتوافق مع طولى النهار والليل، ولا تزال الأجزاء الخارجية لهذه الساعات المصممة فى القرن الرابع عشر الميلادى موجودة فى مسجد القرويين بمدينة فاس المغربية.

واتجاه القبلة من مكان معين عبارة عن دالة مثلثية لخط العرض المحلى وخط عرض مكة المكرمة والفرق بين خطى طول الموقع ومكة، وكان اشتقاق معادلة اتجاه القبلة ـ بدلالة هذه الكميات ـ أحد المسائل الأكثر تعقيدًا فى علم الفلك الكروى الإسلامى والأهم من وجهة نظر دينية خالصة.

وقد استطاع فلكيو القرن التاسع والعاشر الميلاديين وضع المعادلات الرياضية معتمدة على قواعد حساب المثلثات وهى مكافئة للصيغة المستخدمة الآن.

ومع إن مسألة تحديد اتجاه القبلة تعتبر من مسائل الجغرافيا الرياضية، إلا إنها مكافئة رياضيًا للمسألة الفلكية فى تعيين الزاوية السمتية لجسم سماوى ذى ميل معين عند زاوية ساعية معينة. وهذا ما دعى علماء الفلك إلى معالجته.

لقد ظهرت عدة حلول تقريبية لمسألة القبلة فى بعض الأزياج، ابتداءً من القرن التاسع مع التعبير بإيجاز عن الصيغة المثلثية بالكلمات، فقد اقترح حبش الحاسب (٨٥٠م) حلاً باستخدام نسق «أناليما» مثلما فعل ابن الهيثم فى القاهرة حوالى ١٠٣٩م ومنه يمكن مباشرة استنتاج صيغة وحيدة لحساب الاتجاه.

وكان التبريزى (فى بغداد حوالى ٩٠٠م) والبيرونى (ت بعد ١٠٥٠م) من بين أولئك الذين تفوقوا فى حل مسألة القبلة رياضيا. على أن ذروه الإنجازات الإسلامية فى مسألة تحديد اتجاه القبلة تتمثل فى أعمال العالم الفلكى الخليلى الذى تألق فى دمشق حوالى (١٣٦٥م). والصيغ التى وضعها الخليلى مكافئة تماما لصيغ حساب المثلثات الكروى الحديثة وقد حسب اتجاه القبلة بالدرجات وبالدقائق بفارق ١-٢ دقيقة فقط عن المتعارف عليه الآن.