مجلة جامعة دمشق للدراسات التاريخية

اسم المقال: الدور التاريخي لعلماء الفلك العرب في تطوير علوم الفلك في الغرب في العصور الوسطى
اسم الكاتب: د.محمد العصيري
رابط ثابت: https://political-encyclopedia.org/index.php/library/2673
تاريخ الاسترداد: 2026/11/02 09:48 +03

الموسوعة السياسيّة هي مبادرة أكاديمية غير هادفة للربح، تساعد الباحثين والطلاب على الوصول واستخدام وبناء مجموعات أوسع من المحتوى العلمي العربي في مجال علم السياسة واستخدامها في الأرشيف الرقمي الموثوق به لإغناء المحتوى العربي على الإنترنت.
لمزيد من المعلومات حول الموسوعة السياسيّة - Encyclopedia Political، يرجى التواصل على info@political-encyclopedia.org

استخدامكم لأرشيف مكتبة الموسوعة السياسيّة - Encyclopedia Political يعني موافقتك على شروط وأحكام الاستخدام المتاحة على الموقع https://political-encyclopedia.org/terms-of-use

تم الحصول على هذا المقال من موقع مجلة جامعة دمشق للدراسات التاريخية ورفده في مكتبة الموسوعة السياسيّة مستوفياً شروط حقوق الملكية الفكريّة ومتطلبات رخصة المشاع الإبداعي التي ينضوي المقال تحتها.

الدور التاريخي لعلماء الفلك العرب في تطوير علوم الفلك في الغرب في العصور الوسطى

د. محمد العصيري
رئيس الجمعية الفلكية السورية

مخطط البحث:

أولاً – مقدمة عن تطور علم الفلك عند العرب في العصور القديمة وعن أهمية البحث وأهدافه:

ثانياً– عوامل تطور علم الفلك لدى العرب.

ثالثاً– التأثير العلمي العربي في التكوين العلمي الفلكي في الغرب في العصور الوسطى:

1– الأسطرلاب وتأثيره في تطور علم الفلك عند العرب.

2– جداول طليطلة وعلم فلك الكواكب (الحركة الفالكية الثانية) وتأثيره في علم الفلك الغربي.

3– نظرية الكواكب والتحليل الهندسي للظواهر الفلكية والتأثر الغربي بها.

4– مسألة أساس الفرضيات وتحليلها والتأثير العربي فيها على الغرب.

5– الثورة الكوبرنيكية وعلم الفلك العربي.

رابعاً– الخاتمة.

خامساً– مصادر البحث ومراجعه.

أولاً- مقدمة عن تطور علم الفلك عند العرب في العصور القديمة وعن أهمية البحث وأهدافه :

عند ملوك سلالة بابل الأولى، حيث وُضِعت جداول (الزهرة-امي صادوقا)، يُعَدُّ علم الفلك من أقدم العلوم الطبيعية، إذ يعود تاريخه إلى العصور القديمة في المشرق العربي، وترجع أصوله الدينية والميثولوجية والممارسات التنجيمية إلى آثار عصور ما قبل التأريخ الكتابي، ولعله انتقل نقلة نوعية مع بداية التفكير بوضع التقاويم ومعرفة الأحداث والظواهر الفلكية، بل والتنبؤ بها. وأولى الحضارات القديمة التي اهتمت وأبدعت في ذلك هي الحضارة العربية البابلية، فبالإضافة إلى كون هذا العلم في هذه الحضارة ذو طبيعة دينية تنجيمية، إلا أن البابلين قد وضعوا تفسيرهم فيما يخص قصة الخليقة، بشكل خاص، على أن الأرض هي القسم المقابل للسماء، ولذا فإن أي حدث في السماء لابدّ أن يكون له مقابل على الارض.

لقد لعب تقدمهم في الرياضيات دوراً مهماً في تطوير المعلومات الفلكية وجعلها علماً منظماً دقيقاً، ولاسيّما أنهم في عصورهم المتأخرة منذ القرن السادس قبل الميلاد استبدلوا الرصد المباشر للأجرام السماوية بالحسابات الفلكية، فنشأ الفلك الرياضي وبلغ أوج تقدمه في القرن الرابع قبل الميلاد، إذ دخلت الحسابات الأرضية في الفلك. ومن أبرز ما وضعه البابليون هو نظام العد الستيني، وإن أقدم الأمثلة المعروفة لإنجازات البابليين في مجال الرصد الفلكي جاء من عهد الملك (امي صادوقا)، وهي مدونة تحتوي على أرصاد خاصة بالزهرة أجريت زمن هذا الملك، وهي من أهم الأرصاد الفلكية المدونة الواصلة إلينا من العهد البابلي. فضلاً عن ذلك أدرك البابليون أموراً فلكية عدّة منها: أن الشمس والقمر والسيارات الخمس اتبعت في مسيرها منطقة محددة في السماء

عرفت بمنطقة البروج، والبروج هي عبارة عن مجموعات نجمية ذات أشكال محددة، وعرفوا أدوات فلكية بسيطة كالمزاول وأدوات أخرى[1].

أمّا في مصر فقد اهتم المصريون القدامى بعلم الفلك بسبب ارتباطه بعباداتهم، إذ عبدوا الشمس وأطلقوا عليها اسم (رع)، وابتكروا أدوات بسيطه للرصد الفلكي وتحديد مواقع الاجرام الفلكية، وكانوا أول من قسم السنة إلى (360) يوماً، وقسموا السنة الشمسية إلى ثلاثة فصول كل فصل يتألف من أربعة شهور، وحسبوا أيام السنة الشمسية عن طريق شروقين متتاليين لنجم "الشعرى اليمانية"، وهي ألمع نجم في كوكبة (الكلب الأكبر)، وكان سبب اهتمامهم بهذا النجم ارتباطه بموعد فيضان نهر النيل حيث تتساقط الأمطار الموسمية على مرتفعات الحبشة فتتدفق السيول نحو النيل ويرتفع مستوى المياه فيحدث الفيضان السنوي. لذلك لاحظ المصريون أن الفيضان يحدث عند شروق نجم الشعرى اليمانية، فاتخذوها ساعة كونية لتحديد موعد قرب حدوث الفيضان.

وقد كانت أرصادهم دقيقة جداً، إذ يتجلى ذلك في تعامد أشعة الشمس على وجه رمسيس الثاني في معبد أبي سنبل بأسوان مرتين في السنة، التعامد الأول يحدث في يوم مولده وهو 22 شباط، و التعامد الثاني يحدث في 22 تشرين أول وهو يوم تتويجه للعرش. وبالانتقال إلى الأهرامات يُؤكَّد أنّها لم تكن فقط عبارة عن مقابر لحفظ جثث المصريين وممتلكاتهم، بل صممت لأهداف أخرى، فأهرامات الجيزة الضخمة (خوفو، خفرع، منقرع) عبارة عن نقل لصورة نجوم النطاق (حزام الجبار) وهي عباره عن ثلاثة نجوم متراصفة في السماء[2].

1) - ساتورن، جورج، تاريخ العلم، ترجمة أحمد فؤاد الأهواني، دار المعارف، 1979.

2) - سيزكي، فؤاد، محاضرات في تاريخ العلوم، جامعة محمد بن سعودالإسلامية، الرياض، 1979.

كما أسهمت الحضارة الهندية الصينية في تطور علم الفلك عبر التاريخ، ولكن تُعدّ هذه الحضارات تالية للحضارة العربية البابلية التي تُعدُّ أهم من طور وأسهم بنشأة علم الفلك عبر العصور، وذلك بما تضمنته من الأرصاد وجداولها، وكل المعرفة بأحوال السماء المتراكمة، وكل عمليات الجبر والحساب التي طوروها.

ذلك كلّه كان بمثابة مادة خام أضاف إليها اليونان هندسة نظرية مكنتهم من ابتكار تصورات والقيام بحسابات في غاية الإبداع . فمن المعروف أن التصور الميثولوجي للكون والخلق ميدان من أخصب الميادين عند الإغريق، فهذا طاليس في نهاية القرن السابع قبل الميلاد يتأثر بحضارة المصريين القدماء من خلال سفره إلى مصر واطلاعه على معارفها وكنوزها، وهذا فيثاغورث وتلامذته (أواسط القرن الخامس ق.م) يؤكدون أن خلف كل شيء عدد؛ ويبنون على أساس ذلك عالماً عشارياً متناغماً كنغمات الموسيقا والألحان. من المؤكد أن فيثاغورث عاد مسحوراً بالمعارف الرياضية المصرية والبابلية بعد إقامته المطولة بالشرق العربي، في القرن الفاصل بين 450 و350 ق.م لم يبقَ للإغريق أي شك في كروية الأرض ولا في تماسك ما عليها، إن كتاب السماء لأرسطو يقدم أفضل شرح لتلك الظاهرة.

وفي نحو عام 125ق.م قسّم فلكي إغريقي، يدعى هيبارخوس، النجوم التي أمكنه رؤيتها إلى أنواع من التوهج. ونظام الأقدار الذي يستخدمه الفلكيون حاليًا صورة مطورة من هذا المقياس القديم. أمّا نظرية مركزية الأرض التي وضعها الفلكي الإغريقي بطليموس، فقد سادت علم الفلك حتى القرن السادس عشر الميلادي، فقد طور "كلاوديوس بطليموس" الذي عاش في الإسكندرية بمصر نظريات أرسطو، وهيبارخوس، واضعاً كتابه المجسطي. كان يعتمد بطليموس في نظامه على أن الأرض هي مركز الكون وكل شيء يدور حولها، فقد اقترح بطليموس نظامه، مدعّماً بالرياضيات، لحل المشكلات المتعلقة بالأنظمة الأخرى التي طُرِحَت، واستطاع من خلال هذا النظام

أن يفسر سبب تغير لمعان النجوم، وأن يصف جميع ما يخص حركات بعض الكواكب بقدر كاف من الدقة [3].

مع بداية انتشار الحضارة العربية الإسلامية، وما رافقها من استقرار وازدهار بمجالات الحياة، تطور الاهتمام بالعلوم عامة وبعلم الفلك خاصة، سواء كان ذلك بسبب ارتباط علم الفلك بأمور العبادات، وهذا السبب نفسه الذي جعل لعلم الفلك أهمية كبيرة في أقدم العصور سواء عند المصريين القدماء، أو البابليين وغيرهم، أو لأسباب متعددة أخرى كارتباطه بالحياة الاقتصادية الاجتماعية وغيرها من الجوانب. حتى عدّت هذه الحقبة التاريخية "عصر النهضة" لدى العرب، فلم يكتفوا فيها بالبحث العلمي فقط، بل قاموا بترجمة الكتب الفلكية من الحضارات القديمة ودققوها وعدّلوها حتى توصلوا إلى نتيجة مهمة هي أن البحوث المتعلقة بالعلوم الطبيعية تحتاج لإجراء التجارب العلمية لإثبات الرأي العلمي المقترح بحثه وتأكيده، وهكذا فقد ترافق العلم النظري بالرصد، ومن هنا جاء تطور الرصد حتى أصبح علماً يسمى بعلم الرصد، له أجهزته الفلكية الخاصة وعلماؤه المتخصصون.

ونتيجة لمشروع الترجمة المكثف، فقد قام العلماء العرب منذ القرن الرابع الهجري الموافق للقرن العاشر الميلادي بترجمة العديد من مؤلفات أرسطو، وأفلاطون، وإقليدس، وأرخميدس، وبطليموس، وغيرهم من ذوي الأفكار العلمية إذ شملت الكتب التي ترجمت عدة موضوعات علمية فضلاً عن علم الفلك كالطب والزراعة والفلسفة والأدب والرياضيات والصيدلة.

أما بالنسبة إلى البحث العلمي العربي في موضوع الفلك فقد كان متطوراً، إذ ربط العلماء العرب آنذاك ما توصل إليه العلم العربي القديم، ومنه البابلي، في الحقب السابقة مع علمهم "الحديث"، وقاموا بتعديل الأخطاء التي وردت سابقاً، ووضعوا النظريات الفلكية، ونشروا الاكتشافات في هذا المجال كمعرفة محيط الأرض، ومدة السنة الأرضية بشكل دقيق، وشذوذ مدار الشمس، وغيرها العديد من الاكتشافات والإنجازات التي أسهمت بازدهار علم الفلك.

3)- أورسيوس ، باولوس ، تاريخ العالم ، تحقيق عبد الرحمن البدوي ، بيروت ،1982.

وظهرت علوم "الجغرافية الفلكية" على شكل مؤلفات في (علم الأطوال والأعراض) و(علم تقويم البلدان) وبعد ذلك باسم (علم الهيئة). أما علم الفلك الصرف فقد أطلق عليه اسم (علم الزيج)، إذ تمّ الاعتماد على العمليات الرياضية التي تخص الكواكب ومعرفة التواريخ. ومن ثَمَّ فإن علم الفلك أو الهيئة لدى العرب اقترن جزء كبير منه بعلم الرياضيات، وأن العديد ممن عاشوا في هذه الحقبة التاريخية نراهم يتخذون لهم أسماءً وألقاباً فلكية متعلقة بالفلك كالبديع الأسطرلابي، ومريم الأسطرلابية الحلبية، وأبو معشر الفلكي وغيرهم[4].

تكمن أهمية البحث في تسليط الضوء على الدور التاريخي الذي شغله علم الفلك العربي في تطوير النظريات الحديثة التي تجلت بظهور علماء فلك في الغرب في العصور الوسطى، ومدى تأثر علماء أمثال كوبرنيكوس، وبراهي وغيرهم بالحضارة العربية، ومحاولة الوصول وتأكيد هذا الدور عن طريق مراجعة مؤلفات الغرب بهذا المجال ودراستها، وربط الأفكار والنظريات مع ماطرحته المخطوطات والمؤلفات العربية التي سبقتها، وبالنتيجة الوصول إلى هدف البحث، وهو تأكيد الدور الأساسي والتاريخي للعلماء العرب فيما وصل إليه علم الفلك اليوم، بل والتأكيد أن النقلة النوعية التي حصلت في علوم الفضاء والفلك بعد طرح كوبرنيكوس لنظريته بدوران الارض حول الشمس ماهي إلا استكمالاً وتأطيراً لبحوث العلماء العرب وصولاً إلى أبن الشاطر الدمشقي الذي أخذ منه كوبرنيكوس ووصل إلى نتيجته التي تُعدُّ بداية علم الفضاء،ولعل ما ذكره كبلر (Kepler) في بداية مؤلفه (Epitome astronomiae copernicanae) عن أجزاء علم الفلك المختلفة التي يراها ضرورية لتفسير الظواهر

4)- حربي،محمود، العلوم عند العرب : أصولها وملامحها الحضارية، دار النهضة العربية للطباعة والنشر، بيروت، 1995.

السماوية، توحي بشكل غير مباشر بدور العلماء العرب، هذه الأجزاء على الشكل الآتي[5]:

تتضمن مهمة العالم الفلكي خمسة أجزاء رئيسية هي : الدراسة التاريخية للأرصاد، تحليل الفرضيات والنظريات، توضيح أسباب هذه الفرضيات ونتائجها، علم حساب الجداول(كنتيجة لهذه الفرضيات)، وعلم ميكانيك الآلات (كضرورة لتطوير الأرصاد للحصول على نتائج أفضل). ويضيف كبلر أن الأجزاء الثلاثة الأولى هي أكثر ارتباطاً بالنظرية، أمّا الجزءان الأخيران فارتباطهما أوثق بالتطبيق.

وفي كل جزء من الأجزاء التي ميزها كبلر، كان إسهام علم الفلك العربي أساسياً في ولادة علم الفلك الغربي في القرون الوسطى، ومن ثم في تطوره. فقبل هذا الإسهام كان الغرب يعيش نسبياً بحالة سُبات علمي وظلام حضاري [6].

وما كان يقصد بعلم الفلك في الغرب في تلك الحقبة لم يكن إلا مجموعة أفكار و أساطير في وصف الكون، تفتقر إلى الدقة وتدور حول شكل العالم وأبعاده، فضلاً عن بعض المفاهيم المختصرة جداً عن الحركات السماوية، وقد أدت احتياجات الكنيسة المتعلقة بتحديد التقويم وضبطه إلى ظهور تقليد كامل لحسابات التسلسل الزمني للأحداث، ظهرت في المؤلف De temporum ratione الذي وضعه بيد (Bede)المتوفى عام 116هـ/735م.

5)- Kepler, Gesammelte, Bd. VII, edited by M. Caspar (Munich:(n.pb) 1953), p.23.

6)- Olaf Pedersen, (The corpus Astronomicum and the Traditions of Mediaeval Latin Astronomy), paper presented at: Colloquia Copernicana, studia Copernicana; 13 (Wroclaw: Ossolineum, 1975), pp. 57 - 96.

إلا أن هذه المصنفات في حساب الأعياد، التي ارتبطت بها أسماء كبار العلماء الأوربيون في ذلك العصر أمثال رابان مور(Raban Maur) أو ديكويل(Dicuil) أو غارلاند(Garlande) لم تكن مبنية على معالجة رياضية أو القيام بالأرصاد والتحقيقات.

وكمثال على هذا الأمر: فقد صور بيد (Bede) حركات الكواكب بواسطة دوائر بسيطة مختلفة المركز، لذلك بقيت العديد من الظواهر دون شرح مثل ظهور الزهرة كأطوار، والحركة التراجعية للمريخ الناتجة عن التباين بين سرعة دوران الأرض والمريخ حول الشمس. وباختصار، فقد افتقر علم الفلك العائد إلى بداية القرون الوسطى في الغرب إلى الأرصاد والتحليل الهندسي وإلى تحليل الفرضيات التي اعتمدوها وشرحها، أي افتقر هذا العلم إلى الأجزاء الثلاثة التي ترتبط وفقاً لكبلر بالنظرية الفلكية. ولم يكن علم الفلك التطبيقي بحال أفضل، فالجداول غائبة والآلات (المزاول والساعات الشمسية) مختصرة جداً فالمعلومات التي حصل عليها علماء النهضة الأوروبية لم تأتِ من الفراغ، ولم تكن نتيجة دراسات أسلافهم وبحوثهم، التي كانت شبه معدومة، بل إنّ هذه البحوث والدراسات قد تم استجلابها من الشرق العربي، ومن مؤلفات العلماء العرب التي تعلموا ونهلوا منها، وكان هؤلاء العلماء قد طوروا وحققوا العديد من البحوث التي شكلت أساس الفرضيات الحديثة.

ثانياً- عوامل تطور علم الفلك لدى العرب :

1- العامل التاريخي: من خلال إجراء مسح بسيط على توزع الحضارات في العصور القديمة حول العالم فإن معظم تلك الحضارات نشأت وتطورت في المنطقة العربية ولاسيّما الحضارة البابلية والآشورية وحضارة العرب المصريين، ولعل التاريخ واضح في دور العرب البابليين والآشوريين في علم الفلك، وهذا نابع من اهتمامهم بهذا العلم وارتباطه بحياتهم وعباداتهم وتقاليدهم، وهذا بالضبط ما جعل علم الفلك أحد أهم

العلوم، وقد أورث هؤلاء الحضارات التي أتت بعدهم الاهتمام بهذا العلم ومعطياته التي ابدعوها وصولاً إلى الحضارة العربية الإسلامية، التي تابعت هذا الإبداع بهذا العلم وعملت على تطويره، وأحد أشكال هذا التطوير هي التحقق والتدقيق بالأرصاد الفلكية والجداول التي وضعتها الحضارات السابقة[7] .

2– العامل الديني (معطيات – تسامح): هنالك العديد من الآيات القرآنية التي تحث على التعمق في دراسة علوم الفلك، والتفكر بالسماء والأرض، واكتشاف خبايا الأمور مثل قوله تعالى: "بسم الله الرحمن الرحيم { قُلِ انظُرُوا مَاذَا فِي السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ ۚ وَمَا تُغْنِي الْآيَاتُ وَالنُّذُرُ عَن قَوْمٍ لَّا يُؤْمِنُونَ} (يونس101)، وكقوله تعالى {إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ} (آل عمران190). فضلاً عن ذلك فالمعرفة بالعلوم الفلكية أمر مهم لتحديد المواقع الجغرافية للبلدان من أجل أداء فريضة الحج، وتعيين القبلة والصلاة، ومعرفة التواريخ الخاصة بالمناسبات الدينية والأعياد، والصوم ومعرفة أوقات الصلاة، وخاصة بالنسبة إلى أولئك الأشخاص الموجودين في بلدان عديدة هي بطبيعة الحال ذات فروق زمنية[8] .

فضلاً عمّا سبق فقد حظي أبناء الديانات المختلفة من غير الإسلام بالتسامح الديني في الحقبة العربية الإسلامية، وقد تم الاعتماد عليهم وترقيتهم بالمناصب السياسية والعلمية، فهنالك العديد من العلماء غير المسلمين الذين اشتهروا بمجال علم الفلك، وعملوا في بيت الحكمة، ووضعوا النظريات الفلكية، واكتشفوا عدة ظواهر فلكية.

---

7)– عبد الغني، مصطفى لبيب، دراسات في تاريخ العلوم عند العرب، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة، 2001.

8)- النشار، علي سامي، مناهج البحث عند مفكري الإسلام واكتشاف المنهج العلمي في العالم الإسلامي، دار المعارف،مصر، 1967.

3- العامل الاقتصادي: معرفة البلدان وتضاريسها، واستعمال الرياح بأنواعها من أجل تسيير الفلك ومن أجل الإبحار، إذ أفادوا من الأجهزة المساعدة لذلك مثل البوصلة، التي كان العرب هم من اخترعوها وأول من استخدموها، واستعانوا بالنجوم من أجل الاهتداء بها في أسفارهم وترحالهم، كما استعانوا بالأسطرلاب لحساب القياسات لمكان وجود الفلك ومعرفة الاتجاهات، هذا كلّه أدى بدوره إلى كتابة العديد من مؤلفات الإرشاد مثل كتاب ابن ماجد الذي كتب زمن رحلات فاسكو دي جاما عام905هـ/ 1500م[9]. ولم تقتصر الأهمية الفلكية من حيث العامل الاقتصادي على الابحار والتجارة البحرية فحسب بل تعدت ذلك وتوسعت لمعرفة المناخات، والأقاليم من أجل الزراعة، وملاءمة النباتات والأعشاب الطبية وغير الطبية التي جلبت من الأماكن النائية، وأرادوا تكييفها مع مناخ بلادهم.

4- العامل السياسي: معرفة مواقع البلدان من أجل القيام بالحملات العسكرية والحروب، وتحديد الزمن والمواقيت، ونوعية المناخات السائدة في تلك البلدان،هذا من جهة، ومن جهة ثانية تشجيع الحكام العرب، ومنهم الخلفاء العباسيون، ذوي العلم وتقليدهم المناصب والاعتماد عليهم واستشارتهم بأمور عديدة، ذلك كلّه دعا إلى الاهتمام بالعلوم، سواء بالبحث أو الترجمة أو الاستكشاف. فبنيت المراصد الفلكية (كمرصد مراغة والشماسية والسيار)، وبيوت المعرفة والتعلم، وأهمها: بيت الحكمة، وتنافس العلماء فيما بينهم تنافساً إيجابياً، وبدأت الإنجازات والجداول الفلكية والازياج تتطور وتصبح أكثر دقة ووثوقية، وكمثال عن أهمية العامل السياسي في تطوير العلوم عامة وعلم الفلك خاصة، ماحصل زمن المأمون(197هـ/813م-217هـ/833م)، وعرض الصلح الذي تقدم به لإمبراطور بيزنطة من ذهب وأموال طائلة مقابل أن يرسل إليه أحد العلماء.

9)- الدفاع، علي عبد الله ، رواد علم الجغرافيا في الحضارة العربية الإسلامية،1993، ص236.

5– المعرفة وطلب العلم والاستكشاف: الشغف والرغبة بمعرفة المجهول، وما يثير الاهتمام ويدهش العقل وبحث ما يجول في الخاطر ويشغله، وما يرافق العلم وطالبه من ارتقاء حضاري، والسفر إلى البلدان النائية ومجالسة جهابذة العلماء ونقل علومهم وحب الاطلاع والاكتشاف والرغبة بكشف أسرار السماء والفضاء والكون.

ثالثاً– التأثير العلمي العربي في التكوين العلمي الفلكي في الغرب في العصور الوسطى:

1– الأسطرلاب وتأثيره في تطور علم الفلك عند الغرب :

من أهم الدلائل الأولى على تأثر الغرب بعلم الفلك العربي هو تأثرهم بالأسطرلاب الذي يُعدُّ جهاز رصد فلكي متطور في ذلك الزمان، لا يتحقق الرصد الفلكي الدقيق إلا بوجوده، مبني على أساس الإسقاط التصويري المجسم للسماء. وقد سبق أن حدد بطليموس جزءاً من خصائص هذا الإسقاط وميزاته في مؤلفه تسطيح الكرة (planisphere)لكن العالم الغربي لم يعرف هذا النص إلا في القرن السادس الهجري/ الثاني عشر الميلادي، وذلك من خلال ترجمة هرمان الدلماثي (Hermann le Dalmathe) في العام 537هـ/ 1143م لنص عربي دققه مسلمة المجريطي حوالي العام390هـ/ 1000 م[10] وبالمقابل، تعرفت الأوساط العلمية في شمال شبه الجزيرة الإيبيرية إلى الأسطرلاب وإلى المؤلفات المتعلقة به منذ نهاية القرن الرابع الهجري/ العاشر الميلادي من خلال احتكاكها مع العرب.

فقد ظهرت في ذلك العصر أولى المصنفات التقنية باللاتينية، وهي تتضمن أسماء مثل جربير (Gerbert) الذي أصبح فيما بعد بابا روما (سلفستروس الثاني)، وللوبت

10)- العقاد، عباس محمود، أثر العرب والإسلام في الحضارة الأوروبية .الهيئة العامة المصرية للتأليف والنشر، القاهرة. 1970.

الثاني (للوبت البرشلونيLiobet de Barcelone) ، وهرمان لو بوات (Hermann le Boiteux)، و هذه المصنفات هي عبارة عن مؤلفات عن استخدام هذه الآلة وآلية صناعتها واستخدامها. وقد تشكلت المؤلفات من مقاطع أو من تدقيقات لأعمال عربية سابقة لم تحدد هويتها حتى الآن تحديداً جيداً[11]،[12].

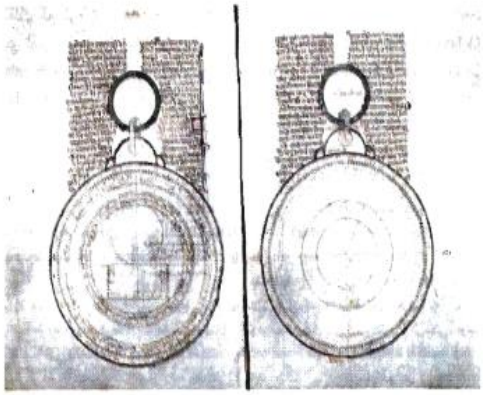
ثم ظهرت سلسلة جديدة من الترجمات من العربية في القرن الثاني عشر منها ترجمة أفلاطون التيفولي(Platon de Tivoli نحو528هـ/1134م-539هـ/1145م) لمؤلف ابن الصفار في الأسطرلاب(المتوفى العام 426هـ/ 1035م)[13]، كما ظهرت أعمال لاتينية مختلفة منها مؤلفات أدلار دو باث (Adelard de Bath نحو536هـ/ 1142م-540هـ/1146م)، وروبير دو شستر(Robert de Chester 541هـ/ 1147م)، وريمون المارسيلي(Raymond de Marseille قبل سنة 535هـ/1141م). وقد سمحت هذه الترجمات والأعمال للغرب بالإلمام النهائي بهذه الآلة. فضلاً عن ذلك فقد عزز إدراج الأسطرلاب في برامج التدريس الجامعي الدور التعليمي لهذه الآلة حتى نهاية القرون الوسطى، كما ضمن انتشار الترجمة اللاتينية التي وضعها يوحنا الإشبيلي (Jean de seville) ونجاحها (نحو 529هـ/ 1135م-

11)-Jose Maria Millas Vallicrosa, Assaig d'historia. de less idees fisiquesi matematiques a la Catalunya medieval, Estudis universitaris catalans, serie monografica (Barcelona: Institucio patxot, 1931).

12) Jose Maria Millas Vallicrosa, Nuevos estudios sobre historia de la ciencia espanola (Barcelona: Consejo Superior de Investigaciones Cientificas, 1960), pp. 79 - 115.

13)- العقيقي، نجيب ، المستشرقون – دار المعارف المصرية ، 1964، ج 1 ص 125.

547هـ/1153م) لمؤلف منسوب إلى ماشاء الله (نهاية القرن الثاني الهجري الموافق للقرن الثامن للميلاد)[14] باسم De Compositione كان لهذه الترجمة جل الأثر في تطور الآلات العلمية في الغرب اللاتيني الصورة رقم (1).



الصورة (1)
ماشاء الله، ترجمة ماشاء الله، ترجمة يوحنا الإشبيلي (أوكسفورد، مخطوطة مكتبة بودلين



الصورة (2)
أسطرلاب أندلسي (Ashmole 1522, أوكسفورد، مخطوطة متحف تاريخ العلوم، 14)

أمّا الصورة رقم(2) فهو لأسطرلاب أندلسي صنع سنة473هـ/ 1081م بالأندلس، وضعه محمد بن سعيد الصَبان، ويشير العنكبوت إلى موقع 25 نجماً، وبه 12 صفيحة حفرت لخطوط الطول التي تقع عليها المدن العربية. وحفر على (الأم) نفسها جدولاً دائرياً. ويوجد على ظهر هذا الأسطرلاب منازل للقمر وتقويمٌ أبديٌ وسلمٌ من درجات لقياس الارتفاعات. والصورة رقم (3) لأسطرلاب كروي صنعه أحد الصناع المسمى (موسى) في الاندلس سنة884هـ/ 1480م، وهو الأسطرلاب الكروي الوحيد الذي وجد كاملاً، حسبما هو معروف الآن، وهو موجود بمتحف تاريخ العلوم بجامعة أوكسفورد. وقد وصف العلماء العرب عدة آلات مشابهة ابتداءً من القرن الثالث الهجري/التاسع

14)– بدوي، عبد الرحمن، موسوعة المستشرقين، در العلم للملايين، بيروت، 1993.

الميلادي. ويشبه هذا الأسطرلاب في استعماله استعمال الأسطرلاب الكروي المسطح. صنع من نحاس مطعم بالفضة، ويبلغ قطره 83 مليمتراً، ويشير العنكبوت الذي يتحرك على الدائرة إلى مكان النجوم الثابتة[15].



الصورة رقم (3)

أسطرلاب كروي (أوكسفورد، مخطوطة متحف تاريخ العلوم، 25 – 62)

كان الأسطرلاب آلة تعليمية بامتياز في القرون الوسطى، لكنه كان أيضاً آلة حسابية، إذ إنّه يسمح بحل هندسي سريع للمسائل الرئيسية في علم الفلك الكروي. وهو يقدم عرضاً سهلاً لحركتي الشمس اليومية والسنوية، وبالعودة للتقسيم التقليدي لعلم الفلك في القرون الوسطى، الذي يشمل علم فلك الحركة اليومية للقبة السماوية أو (علم فلك الحركة الأولى)، وعلم فلك الكواكب من جهة أخرى (علم فلك الحركة الثانية)، فإن المؤلفات عن الأسطرلاب ترتبط ارتباطاً رئيسياً بالمجال الأول، وتتضمن القليل من المعطيات عن المجال الثاني، وفضلاً عن مواقع بعض النجوم يذكر ميل فلك البروج،

15) - نالينو، كارلو ألفونسو، علم الفلك: تاريخه عند العرب في القرون الوسطى، روما، 1911.

ويحدد موضع أوج الشمس في منطقة البروج، وموقع بداية برج الحمل (الاعتدال الربيعي) في التقويم، وهذا الموقع مرتبط بحركة المبادرة (حركة الأرض الترنحية حول محورها). وفي أقدم مؤلف غربي عن الأسطرلاب، وهو مؤلف ريمون المارسيلي[16]، يوجد جدول نجوم أحدهما مأخوذ من مؤلفات قديمة تعود إلى للوبت البرشلوني، وهرمان لو بواتو (والذين كما سبق ذكره أخذوا عن العلماء العرب)، والآخر مأخوذ من الزرقالي* (المتوفى في العام493هـ/ 1100م)[17].

وقد أظهر ريمون حماسة كبيرة نحو هذا المؤلف الأخير، فأخذ منه موقع أوج الشمس وقيمة ميل فلك البروج التي حافظ فيها الزرقالي على القيمة التي أعطاها بطليموس، وهي '50 °23[18].يعطي هذا المثال دليلين بارزين من أدلة التأثير العربي في علم الفلك الغربي، تتمثلان بالدور الأساسي الذي شغلته أعمال الزرقالي، وموضع القيم والوسائط البطلمية في نظرية الشمس موضع النقاش والنقد عند معظم العلماء العرب.

16) - Emmanuel Poulle, (Le Traite d'astrolabe de Raymond de Marseille,) Studi medievali, vol.5(1964), pp886-904.

* الزرقالي: أبو أسحاق إبراهيم بن يحيى التّجيبيّ النقّاش (420 . 480 هـ، 1029 . 1087م) هو فلكي أندلسي، يصنف بين أعظم راصدي الفلك في عصره، من مدينة طليطلة، ومن أهم مؤلفاته العمل بالصفيحة الزيجية والمدخل في علم النجوم.

17)– باشا، أحمد فؤاد ، بحوث ومراجعات فى ترشيد الفكر العلمي، نيو بوك للنشر والتوزيع، القاهرة، 2017 .

18)- Emmanuel Poulle, <Raymond of Marseilles,>in: Dictionary of scientific Biography, 18 vols. (New York: Scribner, 1970-1990) vol.11, pp.321 - 323.

2- جداول طليطلة وعلم فلك الكواكب (الحركة الفلكية الثانية) وتأثيره في علم الفلك الغربي :

في منتصف القرن السادس الهجري/ الثاني عشر للميلاد اكتسبت المؤلفات عن الأسطرلاب شكلها النهائي، ولم تعد دراسة هذه الآلة تشكل المدخل الوحيد لتأثر الغرب بعلم الفلك العربي، بل إن الأمر أضحى أبعد من ذلك بكثير. فقد تمت إبان ذلك القرن، ترجمة مجموعة ضخمة من النصوص العربية التي قدمت للفلكيين الغربيين حقل دراسات أكثر اتساعاً إلى حد كبير، ألا وهي الجداول الفلكية. وتحت هذه التسمية تندرج أنواع كثيرة من المواد العلمية التي يمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات: تضم المجموعة الأولى العناصر التي تتعلق مباشرة بعلم فلك الحركة الأولى، مثل جداول المطالع المستقيمة والمائلة، وجداول الميل، وجداول معادلة الزمن؛ وتضم المجموعة الثانية جداول الكواكب، وهي مؤلفة من أربعة أجزاء: جداول التسلسل الزمني للأحداث، وجداول الإحداثيات المتوسطة، وجداول المعادلات، وجداول خطوط العرض؛ وأخيراً، تضم المجموعة الثالثة جداول متباينة لها علاقة باقتران الشمس والقمر وبالخسوف والكسوف، وترتبط كذلك باختلافات المنظر وبرؤية القمر وسائر الكواكب الأخرى.

وقد أفادت ثلاثة مصادر رئيسة على الأقل، من مجموع هذه الموضوعات، في إيصال المعرفة للعالم وقتها، وهي:

أولاً قوانين وجداول الخوارزمي (نحو 204هـ/820م)، وقد ترجم أدلار دو باث (نحو 519هـ/ 1126م) نصها الذي دققه مسلمة المجريطي.

وثانياً جداول البتاني (المتوفى في العام316هـ/ 929م)، وقد فقدت ترجمتها الأولى التي وضعها روبير دوشستر، ولم يبقَ سوى القوانين من الترجمة الثانية العائدة إلى أفلاطون التيفول(Platon de Tivol) [19].

وأخيراً جداول الزرقالي التي تؤلف نواة مايعرف باسم جداول طليطلة وأساسها، نسبة إلى خط الزوال المعتمد في هذه الجداول. وقد لقيت الجداول الأخيرة هذه انتشاراً كبيراً في الغرب من خلال الترجمة التي وضعها جيرار دو كريمون (Gerard de Cremone)(المتوفى في العام582هـ/ 1187م)[20].

كان ريمون المارسيلي أحد الأوائل الذين استخدموا جداول عربية المصدر. وقد وضع في العام535هـ/ 1141م مؤلفاً عن حركات الكواكب، يتضمن جداول تسبقها قوانين ومقدمة، وصرح بأنه يستند بجداوله إلى الزرقالي، التي هي في الواقع، تعديل لجداول الخوارزمي بما يجعلها تناسب التقويم المسيحي وتتوافق مع خط طول مرسيليا. واستخدم ريمون، كما في مؤلفه عن الأسطرلاب، القيمة نفسها لميل فلك البروج، التي أخذها من الزرقالي .

وفضلاً عن ذلك، كان على علم بوجود الحركة الذاتية لأوج الشمس التي أوضحها الزرقالي، وقد أعاد كتابة جداول الفلكي العربي الزرقالي من أجل مواقع أوج الشمس

19)- paul kunitzsch, Der Almagest: Die Syntaxis Mathematica des Claudius ptolemaus in Arabisch - lateinischer Uberlieferung (Wiesbaden: Otto Harrassowitz, 1974).

20)– G. J. Toomer, (A survey of the Toledan Tables,) Osiris, vol. 15 (1968), pp. 5 - 174.

وكواكب أخرى. وقد ظهر مؤلف ريمون قبل ثلاثين سنة تقريباً من صدور ترجمتي جيرار دو كريمون لكتاب بطليموس المجسطي[21].

توصل ريمون من دراسته لجداول الزرقالي لنتيجة مهمة تتمثل في أن الجداول الفلكية تتطلب تصحيحات مستمرة. وقد وجد الفلكيون أنفسهم في مواجهة مع هذه التصحيحات ومع المسائل النظرية المرتبطة بها على امتداد القرون الوسطى، كما أضحى من طموحات كوبرنيكوس(877–949هـ الموافق 1473 – 1543م) أن يعد جداول صالحة للاستخدام بشكل دائم.

استمرت حركة اقتباس الجداول العربية، في أنحاء مختلفة من العالم الغربي طيلة القرنين السادس والسابع الهجري/ الثاني عشر والثالث عشر للميلاد[22]، نذكر منها جداول لخط زوال بيزا وضعها أبراهام بن عزرا (Abraham Ibn Ezra) نحو العام539هـ/ 1145م، وجداول لخط زوال لندن تعود لروبير دو شستر في العامين543–544هـ/ 1149 – 1150م، وجداول لمدينة لندن أيضاً وضعها هيرفورد (Hereford)في العام 573هـ/ 1178م، وأخرى وضعها مالين (Malines) ونوفار (Novare)وكريمون(Cremone) .

ومن بين هذه الجداول جميعها التي ورد ذكرها، لقيت جداول تولوز اهتماماً خاصاً، نظراً إلى قرب خطي زوال باريس وتولوز أحدهما من الآخر. تعدُّ جداول طليطلة أول تأثير عربي مباشر في طريقة علماء الغرب في حساب مواقع الكواكب (شكل رقم (1))،

21)- R. Lemay, (Gerard of Cremona,) in: Dictionary of Scientific Biography, vol. 15, pp. 173 - 192.

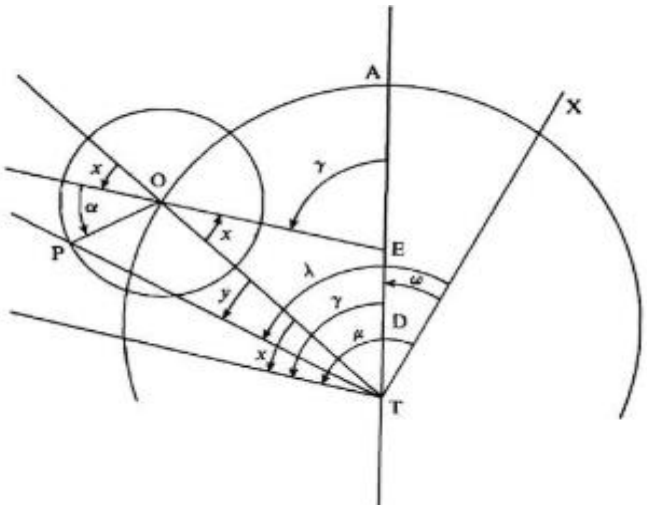
22)- Joes Maria Millas Vallicrosa, Estudios sobre Azarquiel (Madrid: Consejo Superior de Investegaciones Cientiificas, Instituto (Miguel Asiin), Escuelas de Estudios Arabes de Madrid y Granada, 1943 - 1950), pp. 365 - 394.

وتستند هذه الجداول بشكل كامل إلى جداول الزرقالي، وتعود إلى القرن الثامن حتى القرن التاسع الهجري/ الرابع عشر إلى الخامس عشر الميلادي، يشهد العدد الكبير من المخطوطات على استمرار تأثر الغرب بهذه الجداول حتى بعد أن أصبحت الجداول الألفونسية مفضلة عند الفلكيين الذين أجروا إصلاحات على علم الفلك في باريس، في بداية القرن الثامن الهجري/ الرابع عشر. فضلاً عن تأثيرها في الجداول اللاتينية، أثرت جداول طليطلة في الأزياج التي لم تكن معدة لتقديم الوسائل لحساب مواقع الكواكب، بل لتحديد هذه المواقع نفسها. وعلى سبيل المثال، كان هذا هو حال الزيج المعد لمدينة مونبلييه لسنة699هـ/1300م وما يليها من السنين، وقد وضعه بروفاتيوس (Profatius) (ت نحو706هـ/ 1307م) الذي قال إنه أخذ أصول زيجه من جداول طليطلة[23].

وبالنهاية فجداول طليطلة هي مجموعة متعددة العناصر، فهي تتضمن، إلى جانب أجزاء ترجع إلى جداول الزرقالي نفسها، أجزاءً أخرى مأخوذة من الخوارزمي (لخطوط عرض الكواكب بشكل خاص)، وأخرى من البتاني (خاصة من أجل جداول معادلات الكواكب)، فضلاً عن غيرها من الأقسام التي تعود إلى المجسطي أو إلى الجداول الميسرة لبطليموس وكذلك إلى De motu octavae spherae المنسوب في القرون الوسطى إلى ثابت بن قرة[24].

23)- G. J. Toomer, (Prophatius Judaeus and the Toledan Tables,) Isis, vol. 64, no. 223 (September 1973), pp. 351 - 355.

24)- Otto Neugebauer, (Thabit ben Qurra (On the Solar Year) and (On the Motion of the Eighth Sphere),) proceedings of the American philosophical Society vol.106, no.(June 1962), pp. 264- 299.



الشكل رقم (1):

- النظرية البطلمية عن حركة الكواكب بخط الطول(حالة عامة: الكواكب العلوية والزهرة)
- مصطلحات القرون الوسطى ,T :مركز الأرض أو العالم؛ ,D مركز دائرة بطليموس؛
- E مركز اعتدال المسير؛ ,O مركز فلك التدوير؛ ,P الكواكب؛
- X أصل الإحداثيات على فلك البروج (بداية برج الجدي) ؛ ,A الأوج على فلك البروج؛
- ω, خط طول الأوج؛ μ, الحركة المتوسطة؛ ,γ مركز متوسط؛ α, حصة متوسطة؛
- x, معادلة المركز؛ ,y معادلة الحصة ,λ مكان حقيقي.

إن السمات المميزة للجداول اللاتينية من القرنين السادس والسابع الهجريين/ الثاني عشر والثالث عشر الميلاديين هي نفسها سمات جداول طليطلة، وهي في الأساس مأخوذة منها ومن التعديلات التي أدخلها الفلكيون العرب في القرن الثالث الهجري/التاسع

للميلاد على النظرية البطلمية. وتتناول هذه التعديلات بالدرجة الأولى قيم الوسائط الشمسية، التي كانت نوعية تحديدها عند بطليموس رديئة جداً [25].

وقد أدت الأرصاد التي أجريت في الشرق في القرن الثالث الهجري/التاسع للميلاد، أي بعد بطليموس بنحو سبعة قرون، إلى تقديرات مختلفة عن تقديرات هذا الأخير[26]، بالنسبة إلى طول السنة المدارية وسرعة حركة المبادرة وميل فلك البروج التي هي أقرب مايمكن للقيم المقيسة في الوقت الراهن وكذلك بالنسبة إلى الاختلاف المركزي للشمس وموقع أوج الشمس[27].

3– نظرية الكواكب والتحليل الهندسي للظواهر الفلكية والتأثر الغربي بها:

إذا كانت الجداول الفلكية تسمح بتحديد موقع نجم ما بخط الطول وخط العرض في أية لحظة، فإنها لا تقدم أية معلومات مباشرة في مجاليْن مهميْن يؤلفان النظرية الفلكية وفقاً لكبلر، هما دراسة الفرضيات ودراسة أسبابها. وقد تشكل هذان المجالان في الغرب في القرن السابع الهجري/ الثالث عشر للميلاد، وهنا أيضاً يظهر أن التأثير العربي قد شغل دوراً كبيراً. و تشكل هذا الحقل من البحوث من خلال ظهور نصوص فلكية جديدة، دعيت (theoricae planetarum) كان هدفها عرض النماذج الحركية القادرة على تصوير الحركات السماوية ومحاكاتها بأقرب شكل، وقد فضل الغرب بالبداية وصف بطليموس للعالم لأنه أكثر إيجازاً وبساطة، ورفضوا الوصف القائم على البراهين

25)- طوقان، قدري، العلوم عند العرب، مكتبة مصر للمطبوعات، القاهرة، 1998.

26)- Willy Hartner, (Al-Battani,) in: Dictionary of Scientific Biography, vol. 1, pp. 507 - 516.

27)- Thabit Ibn Qurra, Euvres d'astronomie, texte etabli et traduit par Regis Morelon (Paris: Les Belles lettres,1987), pp.xlvi - lii.

الرياضية والتجريبية كتلك الواردة في المجسطي، والنموذجان الأوليان للمجسطي كانا عملين عربيين. أحد هذين العملين هو المدخل إلى علم الفلك البطلمي العائد إلى الفرغاني، وقد ظهر بعنوان:

Differentie scientie astrorum

في الترجمة التي وضعها يوحنا الاشبيلي في العام531هـ/1137م، وكذلك بعنوان:

Liber de aggregationibus scientiae stellarum

في ترجمة جيرار دو كريمون[28].

أمّا العمل الثاني فهو كتاب وضعه ثابت بن قرة (المتوفى عام288هـ/901م)، وقد ترجمه أيضاً جيرار دي كريمون، وعرف بعنوان[29]: De hiis que indigent antequam legatur Almagesti ، وعلى خلاف هذين العملين العربيين، تقتصر مؤلفات القرون الوسطى اللاتينية، المسماة (theoricae planetarum)، في أغلب الأحيان، على عرض التصورات الفلكية الأساسية والتنظيم العام للدوائر المستخدمة في تمثيل حركات الكواكب. وينطبق هذا الأمر بشكل خاص على المؤلف الأوسع انتشاراً من بين مؤلفات القرون الوسطى جميعها، المعروف باسم Theorica planetarum Gerardi [30]، الذي يعود تاريخه إلى بداية القرن السابع الهجري/ الثالث عشر للميلاد.

إن التصاميم الهندسية التي وصفت في هذا المؤلف الأخير Theorica مطابقة لتصورات بطليموس، باستثناء تلك المتعلقة بالتحديد المغلوط به لإقامات الكواكب

28)- فروخ، عمر، تاريخ العلوم عند العرب، دار العلم للملايين، بيروت، 1970.

29)- Carmody, The Astronomical Works of Thabit b, Qurra.
Thabit Ibn Qurra, Euvres d'astronomie.

30)- Edward Grant, ed., A Source Book in Medieval Science, Source Books in the History of the sciences (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1974), pp. 451 - 465.

بواسطة المماسات، والمتعلقة بنظرية خطوط عرض الكواكب. وعن النقطة الثانية، هناك مرجعان معروفان في القرون الوسطى: الأول نشأ في المجسطي وتابعه البتاني ونتج عنهما المرجع الأول وهو جداول طليطلة، والآخر جداول الخوارزمي. إن المرجع الثاني مبني على تنظيم لميول (جمع ميل) مستويات مختلف الدوائر الممثلة لحركات الكواكب، وهذا مخالف تماماً للتنظيم الذي اعتمده بطليموس، لذلك تؤدي هذه الطريقة– بالطبع– إلى عمليات حسابية مختلفة عن عمليات المجسطي. وقد استند مؤلف Theorica Gerardi إلى هذه العمليات بالذات، وأسهم إسهاماً واسعاً في انتشارها حتى بداية القرن الثامن الهجري/ الرابع عشر الميلادي[31].

إن المؤلف المعروف بـ Theorica planetarum Gerardi هو شكل مختصر لمؤلفات (Theoricae) في القرون الوسطى، وهو لا يقدم أية معلومة عن طرائق الإنشاءات الهندسية، ولا عن سرعات دوران عناصرها المتحركة.

بالمقابل فإن المؤلف Theorica planetarum هو الشكل الأكثر تطوراً لـ (Theoricae) في القرون الوسطى، وقد وضعه كمبانوس دو نوفار بين العامين 659–662هـ/ 1261 – 1264م، وهو يجمع بين عرض نظري مفصل لعلم الحركة البطليمي الخاص بحركات الكواكب وبين وصف الأدوات المختصة بتمثيل هذه الحركات، ويشكل هذا الوصف أول مؤلف لاتيني عن الصفيحة الجامعة لتقويم الكواكب لابن البنا (equatoire) [31مكرر]، وبعد إدراجه في البرامج الجامعية خلال القرن الثامن

31)– طوقان، قدري حافظ، تراث العرب العلمي في الرياضة والفلك، دار الشروق، 1963.

31مكرر)– يمكن الرجوع إلى كتاب التمحيص هو شرح لرسالة ابن البنا الشهيرة : " تلخيص أعمال الحساب"، ويوجد من التمحيص نسختان خطيتتان بالخزانة الحسنية برقم 252/ رياضيات. انظر ترجمة ابن هيدور في الجذوة 2 : 475 وفي سلوة الانفاس 3 : 311.

الهجري/ الرابع عشر الميلادي وفر Theorica العائد لكمبانوس انتشاراً واسعاً للمواد التي أخذها عن مؤلف الفرغاني، الذي يعدُّ المصدر الأهم بعد بطليموس لـ Theorica ويظهر فيه ما وضعه الفرغاني من معلومات عن نظام الكرات السماوية فيكمل وصف كل نموذج كوكبي من خلال تقدير أبعاد كل جزء من أجزاء هذه النماذج. ونظراً إلى أن كمبانوس وضع لمدينة نوفار جداول فلكية مبنية على جداول طليطلة، فقد استعار من هذه الجداول الأخيرة عدداً لا بأس به من قيم الوسائط. وهكذا أخذت وسائط أوج الكواكب جميعها من جداول طليطلة، بما في ذلك وسيط أوج الشمس التي تخضع لحركة المبادرة، كما هو الأمر عند الفلكيين العرب. ويعتمد كمبانوس كذلك، القيم الطليطلية من أجل الحركات المتوسطة للكواكب العلوية، كما يتبنى أيضاً جداول طليطلة بالنسبة إلى المسافات بين الحضيض والأوج. وأخيراً يعتمد على غرار هذه الجداول، القيم البطلمية للاختلافات المركزية لأفلاك التدوير ولأطوال شعاعات الأفلاك، وذلك بالنسبة إلى مختلف الكواكب (باستثناء المريخ، إذ إن الفارق عائد إلى خطأ على الأرجح).

أمّا فيما يتعلق بأبعاد العالم، فإن المعلومات الأساسية في هذا المؤلف استندت إلى بطليموس، وهي الأبعاد المقارنة لكرات الأرض والقمر والشمس. ويكون ذلك وفق مبدأ تجاور الكرات السماوية الذي يسمح شيئاً فشيئاً، بحساب الأبعاد النسبية لكرات الكواكب وصولاً إلى زحل، ومن بعد إلى النجوم الثابتة. وبالمقابل فإن تقديرات كمبانوس جميعها بالقيم المطلقة، مبنية على تخمين طول درجة خط العرض الأرضي، أخذه من الفرغاني، ثم أدرجه ثانية في الحسابات البطلمية للعناصر الأساسية (قطر الأرض وقطر الشمس والمسافة بين الأرض والشمس..الخ). وبهذه الطريقة وجد كمبانوس نفسه قادراً على حساب أبعاد أجزاء نظام العالم جميعها.

ومن أجل تقديم ملخص بخطوط عريضة، يمكن القول: إن ثلاثة تأثيرات مهيمنة قد تركت طابعها على صورة علم الفلك في القرون الوسطى في الغرب، مجموعة في مؤلف كمبانوس Theorica planetarum بطريقة نموذجية. وهذه التأثيرات هي تأثير النماذج

الهندسية وقيم وسائطها، وتأثير جداول طليطلة في الإحداثيات المتوسطة للعناصر المتحركة العائدة لهذه النماذج، وأخيراً تأثير الفرغاني، ومن خلاله تأثير كتاب بطليموس في أصول حركات الكواكب المتحيرة. وفي هذه الصورة، تبقى مسألتان رئيستان مطروحتان للبحث: الأولى هي مسألة حركة كرة النجوم، التي يكتفي بصددها كمبانوس بإشارات تذكر جنباً إلى جنب الحركة البطلمية وقيمتها درجة في كل مئة عام، وحركة الإقبال والإدبار المنسوبة إلى ثابت بن قرة دون تحديد قيمتها؛ والمسألة الثانية هي حقيقة النماذج الحركية البطلمية.

4– مسألة أساس الفرضيات وتحليلها والتأثير العربي فيها على الغرب :

تعرَّف الغرب من خلال المؤلفات النظرية على الفرضيات البطلمية وتعديلاتها التي بقيت متضمنة في الجداول وقوانينها. وفي ذلك العصر، ترجم ميشال سكوت (Michel Scot)(ت نحو633هـ/1236م) شروحات ابن رشد (المتوفى في العام594هـ/ 1198م) الذي تعرض لفرضيات بطليموس بالنقد الحاد بل وقام بتعديلات كبيرة عليها [32]،[33]،[34]، فوفق أرسطو لا تملك المادة السماوية سوى حركة الدوران المنتظم لكرات متحدة المركز. لذلك كان من السهل على ابن رشد أن يكشف في شروحات أرسطو عن وجود تناقضات مع علم الفلك الرصدي الذي يتضمن أفلاكاً مختلفة المركز وأفلاك

32)– كتاب إبن رشد سيرة و فكر للدكتور محمد عابد الجابري، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت،1996 .

33)- Francis J. Carmody (The Planetary Theory of Ibn Rushd,) Osiris, vol. 10 (1952), pp. 556 - 586.

34)- A. I. Sabre, (The Andalusian Revolt against Ptolemaic Astronomy: Averroes and al-Bitruji,) in: Everett Mendelsohn, ed., Transformation and Tradition in the Sciences: Essays in Honor of I. Bernard Cohen (Cambridge; New York: Cambridge University Press, 1984), pp. 133 - 153.

تدوير. وقد تلقى الغرب في الوقت نفسه فضلاً عن نقد ابن رشد، الترجمة التي وضعها ميشال سكوت في العام613هـ/1217م لمؤلف البطروجي (نحو596هـ/ 1200م) الذي ترجم إلى اللاتينية بعنوان De motibus celorum، إذ يحاول الكاتب أن يعدل علم الفلك لكي يتوافق مع فيزياء أرسطو. ويمكن فهم نماذج البطروجي، في مبدئها كنوع من التجديد للنماذج متحدة المركز العائدة لأودوكس (Eudoxe) التي تبناها أرسطو. ويتناول هذا التجديد ميول محاور كرات الكواكب التي أصبحت متغيرة، إذ إن حركة كل كرة تنقاد بحركة قطبها الذي يرسم فلك تدوير صغيراً بالقرب من قطب خط الاستواء.

إن التعرف إلى هذه النصوص كان مصدر جدال طويل في القرون الوسطى حول أساس الفرضيات[35]،فمنذ عام 627هـ /1230م نال مؤلف البطروجي صدى كبيراً، رغم عدم وضوحه عند كاتبٍ مثل غليوم دوفرنيي(Guillaume d'Auvergne) (575-646هـ/1180-1249م)،ثم بعد ذلك بمدة قصيرة من الزمن عند روبير غروستست (Robert Grosseteste)(570-650هـ/1175- 1253م).

أمّا ألبير الكبير (Albert le Grand) المتوفى في العام 678هـ/1280م، فقد أعجب بأحد أكثر الأشكال تبسيطاً لنظرية البطروجي، فهذا الشكل كان محاولة لتفسير المظاهر السماوية كلّها بواسطة محرك واحد يقود الكواكب جميعها في حركة سريعة- إلى حد ما- نحو الغرب، مما يسمح بتحليل حركاتها الذاتية الظاهرية نحو الشرق. وفي ختام مناقشته، يرفض ألبير نقد ابن رشد للأفلاك مختلفة المركز ولأفلاك التدوير بحجة أن الأجرام السماوية تختلف عن الأجسام الأرضية من حيث المادة والشكل. وكذلك يرفض علم الفلك الكرات متحدة المركز، لأن (علم الفلك هذا لم يستكمل برصد قيمة الحركات) حسبما يقول.

35)- Duhem, Le Systeme du monde: Histoire des doctrines cosmologiques de platon a Copernic, vol. 3, pp. 241 - 498 et passim.

ومن جهة أخرى، فإن الشكوك والانتقادات الموجهة إلى بطليموس التي أثارتها أعمال ابن رشد والبطروجي، أدت إلى تعمق في التفكير في وضع النظريات الفلكية، وإلى ظهور موضوعات ستعود وتقفز إلى الواجهة في القرن العاشر الهجري/ السادس عشر الميلادي خلال الجدال بين فرضيات بطليموس وفرضيات كوبرنيكوس؛ وهنا تحديداً يظهر مدى تأثير علم الفلك العربي بالغرب ودور العلماء العرب.

في هذا الجدال الدائر بين الفيزياء وعلم الفلك، الذي كان أرسطو وبطليموس بطليه في عصر سيمبليسيوس، والذي تجدد على شكل مجابهة بين بطليموس والبطروجي، وجد بعض اللاتينيين من أتباع الفلسفة المدرسية عنصر الحل في مؤلف عربي آخر، هو هيئة العالم لابن الهيثم (المتوفى نحو432هـ/1041م) وقد حفظت ثلاث ترجمات غربية عنه (تعود إحداها إلى العام665هـ/ 1267م) [36]، ويشكل هذا المؤلف وصفاً للكون من دون أداة رياضية، إذ يستعيد ابن الهيثم[37] أنظمة الأفلاك المجسمة التي تصورها بطليموس في كتابه في أصول حركات الكواكب المتحيرة. وبتصوير بياني فإن كرة كل كوكب تتألف من فلك متحد المركز مع الأرض، وفيه يقع فلك مختلف المركز يتضمن دائرة بطليموس وفلك التدوير. ويملك جزءا الفلك متحد المركز، أحدهما داخلي والآخر خارجي بالنسبة إلى الفلك مختلف المركز، سماكتين مختلفتين وتتحدد وظيفتهما في موازنة الاختلاف المركزي، وفي جعل كرة الكواكب بمجموعها متحدة المركز مع العالم. وقد قدم روجر بيكون (Roger Bacon) (ت693هـ/ 1294م) في مؤلفه Opus tertium هذا التفسير الفيزيائي لعلم الفلك كتصور حديث (ymaginatio

36- Joes Maria Millas Vallicrosa, Las traducciones orientales en los manuscritos de la Biblioteca Catedral de Toledo (Madrid): n. pb.), 1942), pp. 285 - 312.

37)– ابن الهيثم، أبو علي محمد بن الحسن، الشكوك على بطليموس،تحقيق عبد الحميد صبره، القاهرة، مطبعة دار الكتب، 1971.

(modernorum ابتكره بهدف تجنب مساوئ نظام الأفلاك مختلفة المركز وأفلاك التدوير[38]. وبرأي الكاتب يبطل هذا التفسير اعتراضات ابن رشد، وبالعكس من ذلك فإن تغيرات مسافات الكواكب وعدم انتظام حركاتها تبدو بالنسبة إلى الكاتب كتأكيدات لفرضيات بطليموس. وسيعتمد هذا الرأي أيضاً العديد من أساتذة القرون الوسطى، مثل برنار دي فردان (Bernard de Verdun) وريشار دي ميدلتون Richard de (Middleton)، ودنز سكوت (Duns Scot) وغيرهم[39]. وبالإجمال، أبقت الفرضيات الجديدة على بنية النماذج البطلمية للكواكب دون تغيير، باستثناء ما يرتبط بالاختلافات المركزية للشمس والزهرة والمشتري. وما تغيَر بشكل أساسي هو نظرية حركة الشمس ونظرية حركة النجوم الثابتة المرتبطة ارتباطاً وثيقاً بنظرية حركة الشمس. وقد شغلت أيضاً في هذا المجال، المفاهيم الواردة في De motu octavae spherae دوراً أساسياً، فهي بالتأكيد لم تعد تستخدم لوصف حركة الانقلابين نفسها، بل لوصف تغيرات سرعة هذه الحركة.

5- الثورة الكوبرنيكية وعلم الفلك العربي:

بعد أن أصبحت الجداول الفلكية مستوفاة ولم تعد بحاجة إلى تعديلات كبيرة، وجه كبار الفلكيين في نهاية القرون الوسطى اهتمامهم إلى تحليل النماذج الحركية البطلمية. نذكر بشكل خاص عمل بورباش (Peurbach) وعنوانه Theoricae novae planetarum,، وكتاب Epitome in Almagestum Ptolemaei، الذي

38)- رشدي، راشد، موسوعة تاريخ العلوم العربية، مركز دراسات الوحدة العربية ومؤسسة ع. شومان، بيروت، 1997.

39)- A. I. Sabra, (An Eleventh - Century Refutation of Ptolemy's Planetary Theory,) in: Science and History: Studies in Honor of Edward Rosen, edited by Erna Hilfstein, Pawel Czartoryski and Frank d.Grande, studia Copernicana; 16 (Wroclaw: Ossolineum, 1987), pp. 117 - 131.

بدأه بورباش وأنجزه ريجيومونتانوس. في العمل الثاني، الذي يتضمن تحليلاً مفصلاً جداً لمؤلف بطليموس، وجد كوبرنيكوس مصدره الرئيس الذي يتعلق بالنتائج التي حصل عليها الفلكيون العرب، وبشكل خاص البتاني والزرقالي.

أمّا في العمل الأول، فقد استطاع معرفة بنية الكرات المجسمة، الموروثة عن كتاب بطليموس في اقتصاص أصول حركات الكواكب المتحيرة، وعن كتاب ابن الهيثم هيئة العالم. كما استطاع أيضاً في هذا العمل قراءة وصف حركة الإقبال والإدبار وفقاً لـ De motu octavae spherae؛ وذلك في فصل يدور حول هذا الموضوع، كان بورباش قد أضافه لاحقاً إلى النسخة الأصلية. كما استطاع أن يتعرف على تمثيل الدائرة الخاصة بعطارد كشكل بيضوي. وقد ورد أول ذكر لهذا الشكل في مؤلف للزرقالي عن (الصفائح الجامعة) كان معروفاً في الغرب من خلال ترجمة إسبانية وردت في كتابLibros del Saber، الذي وُضِعَ تلبية لطلب ألفونس العاشر. وقد كان هذا المؤلف على الأرجح المصدر الأساسي الذي اعتمده بورباش[40]. تظهر قضية التأثير العربي في نصوص كوبرنيكوس في مجموعتين من المسائل[41]، تتعلق الأولى منهما بنظرية المبادرة وبنظرية الشمس، أمّا الثانية فتتعلق بنظرية الكواكب[42]. وكانت مسألة

40)- Willy Hartner, (The Mercury Horoscope of Marcantonio Michiel of Venice: A Study in the History of Renaissance Astrology and Astronomy,) Vistas in Astronomy, vol. 1 (1955), pp. 84 - 138, reprinted in: Willy Hartner, Oriens - Occidens, Collectanea; 3 (Hildesheim: G. Olms, 1968), pp. 440 - 495.

41)- Noel M. Swerdlow and Otto Neugebauer, Mathematical Astronomy in Copernicus's De Revolutionibus, Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences; 10,2 vols. (New York: Springer - Vertag, 1984), pp. 41 - 48.

42)- Noel M. Swerdlow and Otto Neugebauer, Mathematical Astronomy in Copernicus's De Revolutionibus, Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences; 10,2 vols. (New York: Springer - Vertag, 1984), pp. 41 - 48.

حركة الشمس والنجوم هي التي شكلت على امتداد القرون الوسطى، العقبة الرئيسية أمام الفلكيين. لذلك فإن أول إنجاز لكوبرنيكوس، حسب اعتقاد تلميذه رتيكوس (Rheticus) تمثلت في حل هذه المسألة.

إن الجدل الطويل فيما يخصّ وسائط الشمس في القرون الوسطى (الاختلاف المركزي، وموقع الأوج، وميل فلك البروج)، وفيما يخصّ المبادرة أو ارتجاج الاعتداليين، يتخذ شكلاً جديداً في نظام كوبرنيكوس.

وخاصة بعد أن توصل إلى نتيجة أن الأرض لاتدور حول محورها وحسب بل تدور حول الشمس، فضلاً عن نتيجة انزلاق الاعتداليين بالنسبة إلى النجوم الثابتة، وهذا الانزلاق باتجاه الغرب، هو الذي يتسبب بالفارق بين طول السنة النجمية وطول السنة المدارية، الذي يبلغ تقريباً 21 دقيقة وسببه الحركة الترنحية (البدارية) لمحور الأرض. وبعد أن أخذ كوبرنيكوس بالحسبان، في مؤلفه Commentariolus، أطوال السنة المدارية التي حددت عند بطليموس وعند البتاني وفي الجداول ، والقيم المقابلة للمبادرة التي تقدمها المصادر نفسها، استنتج أن الحساب في الحالات جميعها يحدد سنة نجمية ثابتة قدرها 365 يوماً وست ساعات وتسع دقائق.

وهناك ما يتعلق بميل فلك البروج، والاختلاف المركزي للشمس وموقع أوجها. وبالنسبة إلى مرحلة القرون الوسطى فهو يلجأ فعلياً إلى النتائج التي حصل عليها البتاني والزرقالي. وأمام تعدد القيم التي تم إحصاؤها، وجد كوبرنيكوس نفسه أمام مشكلة، هي بالضبط نفسها التي واجهت الفلكيين العرب في القرن الثالث الهجري/ التاسع الميلادي بعد قيامهم بتحديداتهم الجديدة لقيم الوسائط. تتلخص هذه المشكلة على الشكل الآتي: هل تفسر الاختلافات في القيم التي تم الحصول عليها بأخطاء، أم بتغيرات طويلة الأمد في هذه القيم؟ وبكلام آخر، هل ينبغي استبعاد بعضها أم يجب دمجها جميعها في قوانين الحركة التي يجري تحديدها؟

ولكن هذا النموذج، ونعني به الحركة باتجاه الغرب لمحور الأرض (التي تكمل دورانها المحوري في سنة مدارية، في حين يدور الفلك الكبير الذي يحمل الأرض باتجاه الشرق في سنة نجمية)، لم يكن كافياً بعد لأن ينتج سوى حركة مبادرة منتظمة.

إن التماثل بين نموذج كوبرنيكوس والنماذج العربية لا يتوقف عند هذا الحد. ففي الواقع، عندما يهتم كوبرنيكوس في مؤلفه De revolutionibus بوصف تباينات حركات الأرض بشكل أكثر دقة، فإنه يجري إحصاءً تاريخياً للتقديرات التي حصل عليها بالفعل فقد نتج عن الزرقالي مبدأ يطابق نموذج كوبرنيكوس الذي يمثل التغيرين المتزامنين للمبادرة ولميل فلك البروج. لقد تسنى للزرقالي في الواقع، أن يجعل هذين التغيرين مستقلين بعضهما عن بعض باستخدامه من جهة لفلك تدوير موضوع حول الاعتدال، وذلك بهدف تغيير المبادرة، وباستخدامه من جهة أخرى لفلك تدوير قطبي (مركزه كان موضوعاً على دائرة بطليموس متحدة المركز مع قطب فلك البروج)[43] وذلك بهدف تغيير ميل فلك البروج[44].

وقد تم فيما بعد تعميم طريقة أفلاك التدوير القطبية على يد البطروجي، الذي استخدمها في معالجة حركات الكواكب جميعها، يأخذ كوبرنيكوس بدوره طريقة أفلاك

43)- G. J. Toomer, (The solar Theory of az-Zarqal: A History of Errors) Centaurus, (1969), pp. 306 - 336.

44)- Bernard Raphael Goldstein, (On the Theory of Trepidation According to Thabit b. Qurra and al-Zarqallu and Its Implications for Homocentric Planetary Theory,) Centaurus, vol. 10 (1964), pp. 232 - 247, and Nur al-Din Abu Ishak al-Bitruji, On the principles of Astronomy, an edition of the arabic and hebrew versions with translation, analysis, and an arabic - hebrew - english glossary by Bernard R. Goldstein, Yale Studies in the History of Science and Medicine; 7,2 vols. (New Haven, Conn.: Yale University Press, 1971).

التدوير القطبية كجزء من حل مركب، يمكن اعتماده نظراً إلى أن تغيير المبادرة وتغيير فلك البروج يمكن معالجتهما كتذبذبين متعامدين لمحور خط الاستواء السماوي.

يتعلق الأمر عندئذٍ بإسناد دائرة قطبية صغيرة بقطر ملائم إلى كل واحد من هذين التغيرين، وبجعل محور الأرض يتحرك على قطري هاتين الدائرتين بحركتي تذبذب، وبضم مجموع هذين التذبذبين بحيث يحدثان في مستويين عموديين وفي الدورات المطلوبة. إن العملية التقنية التي استخدمها كوبرنيكوس للحصول على كل واحد من هذين التذبذبين، قد عرضها نصير الدين الطوسي*(597–672هـ/ 1201 – 1274م) في مؤلفه الكبير التذكرة في علم الهيئة، لذلك سماها العلماء المعاصرون (مزدوجة الطوسي). وبذلك فإن هذه العملية التي استخدمها الطوسي في نظرية الكواكب، تقود إلى المجموعة الثانية من المسائل المتعلقة بالتأثير العربي في علم الفلك الكوبرنيكي[45].

في هذه المجموعة من المسائل، لا يتعلق الأمر بالحركة الكوكبية الثانية التي ترتبط بنظرية مركزية الشمس التي تسوغها، بل بالحركة الأولى التي شُرِحتْ في النظرية

* نصير الدين الطوسي ولد في طوس، وهي ناحية في منطقة خراسان في إيران، كتب نصير الدين في المثلثات، والفلك، والجبر، والهندسة، والحساب، والتقاويم، والطب، والجغرافية، والمنطق، والأخلاق، والموسيقا، وغيرها من الموضوعات. كما ترجم بعض كتب اليونان وعلق على موضوعاتها شارحاً ومنتقداً.ولعل أهم ماقدمه هو قيامه ببناء مرصد فلكي كبير في مدينة مراغة وجعل منه أول أكاديمية علمية بالمعنى الحديث، إذ جمع فيها أكثر من 400 الف مجلد تحوي على نفائس الكتب في مختلف العلوم وعلى العديد من الكتب التي أنقذت من الدمار في بغداد، كما جمع فيه عدداً كبيراً من العلماء كما تمكن الطوسي من ابداع طريقة رياضية عرفت بمزدوجة الطوسي أثبت من خلالها أنّه يمكن أن تنتج حركة خطية من حركتيْن دائريتيْن.

45)- مرحبا، محمد عبد الرحمن، الموجز في تاريخ العلوم عند العرب، دار الكتاب اللبناني، بيروت، 1970.

البطليمية بواسطة حركة منتظمة لدائرة بطليموس مختلفة المركز حول نقطة لا تمثل مركزها الخاص، بل مركز اعتدال المسير.

وقد لقيت مثل هذه الحركة نقداً حاداً، بصفتها مخالفة لمبادئ الفيزياء، من قبل ابن الهيثم، ثم من قبل فلكيين مرتبطين بمرصد مراغة (الذي شيده هولاكو في العام657هـ/1259م) مثل نصير الدين الطوسي، ومؤيد الدين العرضي (المتوفى في العام664هـ/1266م)، وقطب الدين الشيرازي (633–710هـ/1236 – 1311م)[46]، وكذلك من قبل الفلكي الدمشقي ابن الشاطر (703–776هـ/ 1304 – 1375م)[47].

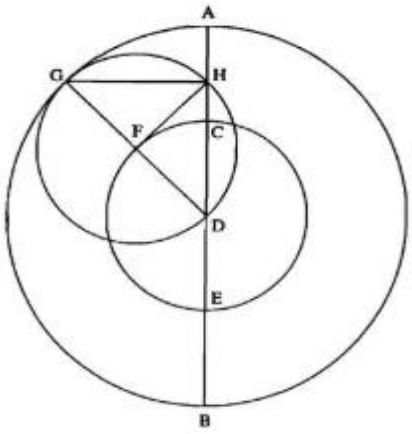
وقد استخدم هؤلاء الفلكيون، بهدف تجنب هذه الصعوبة، طريقة تتمثل في تحليل الحركة إلى مركبتين أو أكثر حول مركز اعتدال المسير، وتمثل هذه المركبات حركات

دائرية وتضبط اتجاه مركز فلك التدوير ومسافته، بحيث يكون هذا المركز قريباً إلى أقصى حد ممكن من الموقع الذي يمكن أن يأخذه في نموذج بطليموس. وقد استخدم الفلكيون لهذه الغاية عمليتين تقنيتين، تتمثل الأولى في جمع أفلاك التدوير من أجل إحداث الأثر البطليمي لتنصيف الاختلاف المركزي، أمّا الثانية فتتمثل في (مزدوجة

46)–Edward Stewart Kennedy: (LAte Medieval Planetary Theory,) Isis, vol. 57, no. 189 (Fall 1966), pp. 365 - 378, and Victor Roberts, (The Planetary Theory of Ibn al-Shatir,) Isis, vol. 50, no. 161 (September 1959), pp. 227 – 235.

47)- Willy Hartner, (Trepidation and Planetary Theories: Common Features in Late Islamic and Early Renaissance Astronomie,) Accad. Naz. dei Lincei, Fondazione Alessandro Volta, Atti dei Convegni, vol. 13 (1971), pp. 606 - 629.

الطوسي). يسمح هذا االمخطط بالحصول على حركة مستقيمة انطلاقاً من حركات دائرية (الشكل رقم (2))،استخدم كوبرنيكوس هاتين العمليتين التقنيتين، (مزدوجة الطوسي) وجمع أفلاك التدوير، فقد تم استخدام الأولى لكي يحل في آن معاً تباين المبادرة وتغير ميل فلك البروج، ويستخدم كوبرنيكوس مخطط الطوسي بهدف تحليل تذبذبات المستويات المدارية في نظرية خطوط العرض[48].



الشكل رقم (2): دورة كوبرنيكوس

وأكثر ما يثير الدهشة أيضاً، هو أن كوبرنيكوس وابن الشاطر (في مؤلفه نهاية السؤل في تصحيح الأصول)[49] قد استخدما بشكل مماثل العملية الثانية، أي جمع

48)- العرضي، مؤيد الدين، تاريخ علم الفلك العربي، كتاب الهيئة، بيروت، مركز دراسات دراسات الوحدة العربية، 1990.

49)- يمكن العودة لأفضل وأحدث ما نشر عن مخطوطة ابن الشاطر " نهاية السؤل في تحقيق الأصول" في المرجع الآتي:
Erwan Penchèvre, La "Nihaya al-sul fi tashih al-usul" d'Ibn al-Shatir: Édition, traduction et commentaire mathématique , 2017.

أفلاك التدوير بهدف تمثيل حركات الكواكب بخطوط الطول، مع تجنب الصعوبات المرتبطة بوجود اعتدال المسير البطلمي. وهكذا فإن نماذج الكواكب الواردة في Commentariolus جميعها هي متماثلة، والفارق الوحيد بين هذين العالمين يكمن في قيم الوسائط، وبالطبع في الواقع أن الأرض تمثل مركز نماذج الكواكب عند ابن الشاطر، في حين أن الشمس هي التي تشغل هذا الدور عند كوبرنيكوس. وهناك تشابه آخر يقرب بين نماذج كوبرنيكوس وابن الشاطر، فالاثنان يضعان (مزدوجة الطوسي) في طرف شعاع دائرة بطليموس الخاصة بعطارد، بطريقة تسمح بتغيير مقدار شعاع فلك هذا الكوكب، ويكون ذلك بإلزام مركز فلك التدوير الأول بحركة تذبذب وفق خط موجه بشكل دائم نحو مركز دائرة بطليموس. هناك تماثل أخير، فنموذج القمر في Commentariolus وفي De revolutionibus ، هو نفسه نموذج ابن الشاطر، باستثناء مايتعلق بالوسائط.

تثبت هذه الأوجه العديدة من التشابه أن كوبرنيكوس قد تأثر بالفلكيين العرب من القرنين السابع والثامن الهجري/ الثالث عشر والرابع عشر الميلادي. و يبدو أن انتقال بعض هذه النصوص العربية إلى الغرب قد كان بواسطة مصادر بيزنطية وصلت إلى إيطاليا في القرن التاسع الهجري/ الخامس عشر الميلادي. وهكذا عُثِرَ على النموذج القمري العائد للطوسي وعلى رسم يمثل (مزدوجة الطوسي) في مخطوطة (محفوظة في الفاتيكان منذ العام879هـ/1475م) لترجمة يونانية، وضعها نحو العام 699هـ 1300م شيونيادس (Chioniades) عن أصل عربي، كما أن هناك دليلاً آخر على استخدام (مزدوجة الطوسي) يتمثل في مؤلف جيوفاني باتيستا أميكو (Giovanni Amico) وعنوانه: De motibus corporum coelestium iuxta principia peripatetica sine excentricis et epicyclis. وقد ظهر هذا المؤلف في البندقية في العام942هـ/1536م، وفيه يبذل الكاتب جهده من أجل إعادة الحياة إلى علم الفلك متحد المركز بمساعدة نماذج مبنية جميعها على استخدام هذه العملية[50].

يعّد كوبرنيكوس نهاية المرحلة الطويلة من تأثير علم الفلك العربي في الغرب. وقد كان آخر من استخدم نتائج أرصاد اسْتُعيرَتْ من الكتّاب العرب، وهي نتائج أفادته في إعداد تقديراته للتغيرات طويلة الأمد في الوسائط الشمسية.

بالعودة مرة أخرى إلى تقسيم كبلر لعلم الفلك النظري إلى ثلاثة أجزاء، يتبيّن أن الأرصاد التي أجراها تيكو براهي بعد كوبرنيكوس بمدة قصيرة من الزمن، جعلت بفضل دقتها وغزارتها كل إسناد إلى الأرصاد القديمة غير مجدٍ. أمّا فيما يتعلق بالنماذج الهندسية البطلمية، وبأشكالها العربية المختلفة فإن كبلر يضع نهاية لها. ولم تبقَ سوى متطلبات التحليل الفيزيائي للظواهر، التي كان ابن الهيثم قد بذل جهده لتلبيتها، كما فعل ذلك من بعده فلكيو القرنين السابع والثامن الهجري/الثالث عشر والرابع عشر الميلادي. غير أن هذه المتطلبات، وبعد أن نقض تيكو براهي وجود الكرات المجسمة لن ترتبط وفقاً لكبلر برؤية أوسطية للعالم، بل سترتبط على الأصح برؤية مستوحاة من تقليد رياضي هندسي.

رابعاً – الخاتمة:

قام العلماء العرب بإجراء العديد من الأرصاد الفلكية، واخترعوا العديد من الأجهزة، وقاموا بتصحيح الكتب المترجمة للعربية، والتعديل عليها، ومناقشتها، ولعل ومن أهم هذه الكتب كتاب بطليموس. لقد قام العرب بوضع العديد من الكتب والرسائل التي كانت موضع اهتمام علماء الفلك الأوروبيين في القرون الوسطى، ووضعت العديد من

50)- Noel M. Swerdlow, (Aristotelian Planetary Theory in the Renaissance Giovanni Battista Amico's Homocentric Spheres,) Journal for the History of Astronomy, vol. 3 (1972), pp. 36 - 48.

المؤلفات الفلكية العظيمة والتي تُعدُّ مراجع قيمةً حتى هذا اليوم، من أهمها (زيج السند هندا الصغير) لأبي بكر الخوارزمي، و(المواليد) للحسن بن الخصيب، و(المدخل الكبير

في علم النجوم) لأبي مشعر البلخي، و(الحركات السماوية) لمحمد بن كثير الفرغاني، و(المدخل إلى علم النجوم) للفبيصي، و(الملخص في الهيئة) للجغميني، و(منتهى الإدراك في تقسيم الأفلاك) للخرقي، و(البارع في أحكام النجوم) للشيباني، و(المبادئ والغايات في علم الميقات) للمراكشي وغيره من مؤلفات. أمّا فيما يخص الرصد والتوقيت وصنع الآلات فيلاحظ إبداع العرب في ذلك إذ كان للبتاني المكانة العظيمة في وضع العضادة، واللبنة، والبيضة وشرحها من آلات الرصد، وكان والطوسي مبتكر العصا، والزرقالي مبتكر الزرقاله، وأبي زيد الفجائي مبتكر أول أسطرلاب يلصق على الجدار في وسط الماء، والكاشاني مبتكر الناطق، والأسفوني مبتكر أول كرة للسماء، والروداني مبتكر أول ساعة متطورة تدل على مختلف الوقت في البلدان، وابن الرزاز صانع أول ساعة مائية. أمّا بالنسبة إلى الإنجازات الفلكية والاكتشافات العلمية فلا ينسى فضل الفرغاني وغيره من العلماء العرب الذين اكتشفوا الخلل الظاهر في حساب معادلات تقويم القمر، واكتشفوا معادلة سرعة القمر على يد البوزجاني، وبالفعل فقد تطابقت العديد من نماذج ونتائج كوبرنيكوس مع ابن الشاطر الدمشقي في اثبات مركزية الشمس بدلاً من الأرض[51].

من خلال البحث السابق يمكن القول: إن تأثر الغرب مثبت من خلال ثلاثة مستويات، فالأول هو تعاملهم مع الأجهزة الفلكية العربية واستخدامها، ودراستها، والاعتماد عليها، والثاني هو أخذ الجداول الفلكية العربية، والأزياج ، ودراستها، وتطويرها، والاعتماد عليها بوضع جداول خاصة بالغرب، والثالث هو التأثر بما تناولته

51)- سيزكين، فؤاد، موسوعة تاريخ التراث العربي، جامعة محمد بن سعود، السعودية، 1991.

المؤلفات العربية عن نموذج بطليموس، ونقده، وتحليله، وتطوير الأفكار الهندسية لربط النتائج الرصدية بالفلك النظري، وهذا بالضبط ما جعل كوبرنيكوس يحول الشمس إلى المركز بدلاً من الارض .

إن من أهم النتائج التي يمكن الوصول إليها من خلال المراجعة التاريخية هي أن الغرب وعلماءه لم يضعوا فرضياتهم دون مراجع ومصادر سبقتهم، ولم يأتوا بأفكارهم ونظرياتهم من فراغ، بل اعتمدوا على من سبقهم وتأثروا بهم، وتعلموا من أخطائهم، وصولاً إلى نظرياتهم، وهم بذلك يتابعون طريقاً بدأه من سبقهم منذ الحضارة العربية البابلية وصولاً إلى يومنا هذا .

ومن خلال هذا البحث نتوصل إلى نتيجة مفادها أنه بالفعل كان لعلمائنا العرب دور كبير في تطوير علوم الفضاء والفلك لا يجب، بل ليس من العدل، تجاهله وتجاوزه ونكرانه، كما يلاحظ في العديد من البحوث الجديدة، رغم أن الحقيقة العلمية أصبحت واضحة في هذا الموضوع .

خامساً- مصادر البحث ومراجعه:

1- العربية:

- ابن الهيثم، أبو علي محمد بن الحسن، **الشكوك على بطليموس**،تحقيق عبد الحميد صبره، القاهرة : مطبعة دار الكتب 1971 .
- الدفاع ، علي عبد الله ، **رواد علم الجغرافيا في الحضارة العربية الإسلامية**،1993.
- العقاد،عباس محمود، أثر العرب والإسلام في الحضارة الأوربية، الهيئة العامة المصرية للتأليف والنشر، القاهرة، 1970 .
- العقيقي، نجيب ، **المستشرقون** ، دار المعارف المصرية ، 1964.
- العرضي، مؤيد الدين ،**تاريخ علم الفلك العربي، كتاب الهيئة**، بيروت: مركز دراسات الوحدة العربية،1990 .

- النشار، علي سامي، **مناهج البحث عند مفكري الإسلام واكتشاف المنهج العلمي في العالم الإسلامي**، دار المعارف،مصر، 1967.
- أورسيوس ، باولوس ، **تاريخ العالم** ، تحقيق عبد الرحمن البدوي . بيروت ،1982 .
- باشا، أحمد فؤاد ، **بحوث ومراجعات فى ترشيد الفكر العلمي**، نيو بوك للنشر والتورزيع، القاهرة، 2017 .
- بدوي، عبد الرحمن ، **موسوعة المستشرقين**، در العلم للملايين، بيروت، 1993.
- حربي محمود وحسان حلاق، **العلوم عند العرب: أصولها وملامحها الحضارية**، دار النهضة العربية للطباعة والنشر، بيروت، 1995.
- رشدي، راشد، **موسوعة تاريخ العلوم العربية** ، مركز دراسات الوحدة العربية ومؤسسة عبد الحميد شومان، بيروت، 1997.
- سارتون، جورج ، **تاريخ العلم** ، ترجمة أحمد فؤاد الأهواني، دار المعارف، 1979.
- سيزكين، فؤاد، **موسوعة تاريخ التراث العربي** ،جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية – جامعة الملك سعود –السعودية ، 1991 .

_____ ، **محاضرات في تاريخ العلوم**، مطابع جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية، الرياض، 1979.

- طوقان ، قدري ، **العلوم عند العرب** ، مكتبة مصر للمطبوعات ، القاهرة ،1998

_____ ، **تراث العرب العلمي في الرياضة والفلك**، دار الشروق، 1963.

- عبد الغني، مصطفى لبيب ، **دراسات في تاريخ العلوم عند العرب**، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة، 2001.
- فروخ، عمر ، "**تاريخ العلوم عند العرب**"، دار العلم للملايين، بيروت، 1970.
- **كتاب الفوائد في أصول علم البحر والقواعد** : تحقيق إبراهيم خوري . دمشق :مطبوعات مجمع اللغة العربية، 1971 .
- مرحبا، محمد عبد الرحمن ، **الموجز في تاريخ العلوم عند العرب**، دار الكتاب اللبناني، بيروت، 1970.
- نالينو، كارلو ألفونسو، **علم الفلك: تاريخه عند العرب في القرون الوسطى**، روما، 1911.

2- الانكليزية:

- Al-Battani, **Encylopedia of Islam,** Leiden, 1960.
- Biography in Encyclopaedia Britannica.
- F J Ragep, **Al-Battani, cosmology, and the early history of repidation in Islam**, in From Baghdad to Barcelona, Zaragoza, Barcelona, 1996.
- Hill, Donald, R., "**Science and Technology in Ninth-Century Baghdad**" Science in Western and Eastern Civilization in Carolingian Times", Eds. Butzer and Lohrmann, Birkhauser Verlag, Basel, 1993.
- K Maghout, **al-Battani : un grand astronome et mathématicien arabe**, Bull. Études Orient. (1989/90).
- N Swerdlow, **Al-Battani 's determination of the solar distance**, Centaurus 17 ,1972.
- P Kunitzsch, **New light on al-Battani's Zij**, Centaurus 18 ,1973/74.
- Penchèvre, Erwan**, La "Nihaya al-sul fi tashih al-usul" d'Ibn al-Shatir: Édition, traduction et commentaire mathématique** , 2017.
- Ragep, Faiz Jamil . " **Cosmography in the Tadhkira of Nasir al-Din al-Tusi**" (Doctoral Dissertation, Harvard University, Department of History of sciences, 1982.
- Salam, Abdus, "**Islam and Science**", UNESCO Lecture, Paris, 1986.
- Sarton, George, "**Introduction to the History of Science**", Vol I, Krieger, NY,1975.
- Swerdlow, Noel M. "**ptolemy's theory of the Distances and Sizes of the planets: A Study of the scientific Foundations of Medieval Cosmolog"** (Doctoral Dissertation, Yale University, 1968).

- W Hartner, **Biography in Dictionary of Scientific Biography** (New York 1970-1990).

- Y Maeyama, Determination of the Sun's orbit (**Hipparchus, Ptolemy, al-Battani, Copernicus, Tycho Brahe**), Arch. Hist. Exact Sci. 53 (1) (1998).