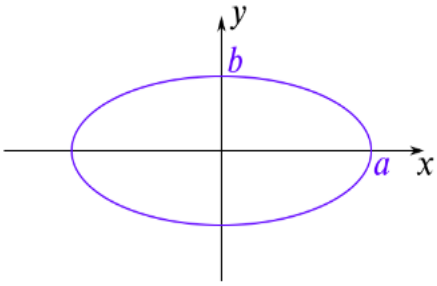
(I) مـــراجعـة: عمومـيات حـول الميـكانيـك الكلاسيـكي

1 – الكتلة و الثقل : الكتلةه ي خاصية لجسم ما حيث تعبر عن عدد البروتونات و النوترونات و الالكترونات التي يحويها. أما الثقل فهو قوة تأثير جاذبية الارض (أو القمر أو غيرها) على هذا الجسم.

2– الحجم و الكثافة الجمية: الحجم هو مقدار الفضاء الذي يشغله الجسم ، وحدته m^3 (فحجم كرة مثلا هو $4/3\,\pi R^3$). أما الكتلة الحجمية فهي نسبة كتلة الجسم على حجمه، و حدتها kg/m^3 و تعرف ب . $\rho = m/V$.

3– معادلات الاشكال التالية:
- $x^2+y^2=R^2$: دائرة نصف قطرها R و مركزها $(0,0)$
- $x^2+y^2\leq R^2$: قرص نصف قطره R و مركزها $(0,0)$
- $x^2+y^2+z^2=R^2$: سطح كرة نصف قطرها R و مركزها $(0,0,0)$
- $x^2+y^2+z^2\leq R^2$: كرة نصف قطرها R و مركزها $(0,0,0)$
- $x^2/a^2+y^2/b^2=1$: قطع ناقص (أو شكل إهليجي) نصفي قطريه الأعظم و الأصغر a و b .



مساحته $S=\pi\,a\,b$. أنظر الشكل.

4– الطاقة الحركية و الطاقة الكامنة: الطاقة الحركية هي الطاقة التي يكتسبها الجسم عند حركته فهي تتعلق بكتلته و سرعته، تعطى بــ: $T=\frac{1}{2}mv^2$ ، و حدتها الجول J . أما الطاقة الكامنة فهي طاقة يكتسبها الجسم بسبب تفاعله مع الوسط الخارجي (مثل تاثير الجاذبية الارضية أو تأثير القوي الكهرمغناطيسية ...). مثلا تعطي الطاقة الكامنة الثقالية بــ: $V=mgz$ ، الطاقة الكامنة المرونية بــ: $V=\frac{1}{2}\,k\,x^2$ ، ...

5– قــوة الجاذبية و الطاقة الكامنة المرفقة بها: تعطي قوة الجاذبية بين كتلتين m و M بقانون نيوتن للجذب العام و الذي عبارته هي: $|\vec{F}|=\frac{G\,m\,M}{d^2}$. حيث أن $G=6.67\times10^{-11}\,m^2/kg/s^2$ هو ثابت الجذب العام و d هي المسافة بينهما. أما الطاقة الكامنة المرفقة هي: $V=-\frac{d}{-GmM}$.

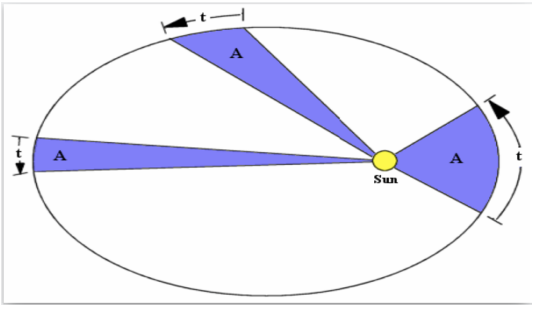
6– تعطى كمية الحركة بـــ: $\vec{p} = m\vec{v}$ ، حيث $\vec{v}$ هو شعاع سرعة الجسم أما العزم الحركي فيعرف بالجداء الشعاعي بين شعاع الموضع و شعاع كمية الحركة و تعطى عبارته بما يلي: $\vec{L} = \vec{r} \wedge \vec{p}$.

7– قـــوانيـــن كـــبلر: وضع العالم الألماني يوهانس كبلر ($Johannes\,Kepler$) قوانينه حول حركة الكواكب بين عامي 1609 و 1619 ، بناءً على البيانات الدقيقة التي جمعها تيخو براهي ($Tycho\,Brahe$) عن مدارات الكواكب، خاصة كوكب المريخ. وهي بالترتيب كما يلي:

–1 القانون الأول: مدارات الكواكب إهليلجية. أنظر الشكل أدناه.

–2 القانون الثاني: المساحات الممسوحة في أزمنة متساوية تكون متساوية أنظر الشكل أدناه.

–3 القانون الثالث: نسبة مربع الدور على مكعب نصف القطر الأعظم ثابتة بالنسبة لكل الكواكب ($\frac{A^3}{T^2} =$ ثابت). أنظر الشكل أدناه.



8– قـــوانيـــن نـــيوتن:

–1 القانون الأول (مبدأ العطالة): الجسم الساكن يبقى ساكناً، والجسم المتحرّك يبقى متحركاً، مالم تؤثر عليه قوى ما.

–2 القانون الثاني(المبدأ الأساسي للتحريك): في معلم غاليلي، مجموع القوى الخارجية المطبقة على جسم كتلته m في التسارع ($\sum \vec{F} = m\vec{\gamma}$)، حيث أن $\vec{F}$ و $\vec{\gamma}$ هما على التوالي شعاعي القوة و التسارع.

–3 القانون الثالث (مبدأالفعل و رد الفعل):إذا مارس الجسم A قوة $\vec{F}_{A-B}$ على الجسم B فإن الجسم B يمارس نفس القوة على A و لكن في الاتجاه المعاكس ($\vec{F}_{A-B} = -\vec{F}_{B-A}$).

9– :القوة التي يمارسها كوكبي الأرض و المشتري على شخص كتلته $65kg$ موجود على سطح الأرض

ـ الأرض:

$$F_T = \frac{GmM_T}{R^2} = \frac{6.672 \times 10^{-11} \times 65 \times 5.97 \times 10^{24}}{(6378000)^2} = 636\,kg \cdot m/s^2 = 636\,N$$

.

ـ المشتري:

$$F_T = \frac{GmM_J}{D_{T-J}^2} = \frac{6.672 \times 10^{-11} \times 65 \times 2 \times 10^{27}}{(6.3 \times 10^{11})^2} = 2.2 \times 10^{-5}\,kg \cdot m/s^2 = 2.2 \times 10^{-5}\,N$$

.

نلاحظ أن القوة التي يمارسها المشتري ضعيفة جدا مقارنة بالقوة التي تمارسها الأرض.

10– قوة الجاذبية بين شخصان المسافة بينهما $1/3m$:

$$F = \frac{Gm_1m_2}{d^2} = \frac{6.672 \times 10^{-11} \times 65 \times 65}{(0.33)^2} = 3.1 \times 10^{-6}\, kg \cdot m/s^2 = 3.1 \times 10^{-6}\, N$$

.

إذن هي قوة ضعيفة جدا لذلك نهملها عادة.

11– حساب سرعة التحرر: يمكن حساب سرعة التحرر أو الإفلات باستعمال مبدأ إنحفاظ الطاقة الميكانيكية. فالطاقة الميكانيكية الابتدائية لصاروخ كتلته m عند انطلاقة من سطح الأرض هي:

$$E_i = T_i + V_i = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GmM_T}{d}$$

الهدف هنا هو حساب سرعة التحرر الدنيا أو بعبارة السرعة الابتدائية التي يجب إعطاؤها للصاروخ حتى يتحرر من جاذبية الأرض و لكن يكونا ساكنا، و هذا يعني أن طاقته الحركية النهائية تكون معدومة ($T_f = 0$). و بما أن الصاروخ تحرر من الجاذبية، فان طاقته الكامنة النهائية تكون معدومة ($V_f = 0$). إذن فالطاقة الميكانيكية و بما انها محفوظة فيجب أن تكون معدومة، أي:

$$E_i = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GmM_T}{d} \equiv E_f = T_f + V_f = 0$$

و منه فأن السرعة الابتدائية التي يجب إعطاؤها للصاروخ كي يتحرر هي:

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{d}}$$

فيما يخص مركبة أبولو أو أي مركبة أخرى، فان سرعة التخرر هي:

$$v = \frac{6.672 \times 10^{-11} \times 5.97 \times 10^{24}}{6378000} = 7.72 \times 10^3\, m/s = 7.72\, km/s = 27792\, km/h$$

.

12– دالتي لاجرونج و هاملتون:

ـ لاجرونج: $L = T - V$

ـ هاملتون: $H = T + V$

13– إيجاد معادلة الحركة للمهتز التوافقي ($\ddot{x} + \omega^2 x = 0$) باستعمال الطرق الثلاث التالية:

القوة المرونية المطبقة على كتلة m من طرف نابض ثابت مرونته k تعطى بـــ: $F = -kx$. و منه فان الطاقة الكامنة الموافقة تعطى بـــ: (حيث فرضنا أن الحركة تتم على المحور x)

$$V = -\int F\, dx = -\int (k\, x)\, dx = \frac{1}{2}\, k\, x^2$$

ـ المبدأ الاساسي للتحريك: $\vec{F} = m\,\vec{\gamma}$

$$F = m\,\ddot{x} \iff -k\,x = m\,\ddot{x} \iff \ddot{x} + \left(\sqrt{\frac{k}{m}}\right)^2 x \iff \boxed{\ddot{x} + \omega^2\,x = 0}$$

و هي معادلة خركة النواس، حيث النبض $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$. الحل العام لهذه المعادلة التفاضلية يكتب من الشكل: $x(t) = \cos(\omega\,t + \phi)$.

ـ معادلات أولر لاجرونج: $\frac{\partial L}{\partial x} - \frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial \dot{x}} = 0$

دالة لاجرونج لهذه الجملة تعطى بـ:

$$L = T - V = \frac{1}{2}m\dot{x}^2 - \frac{1}{2}kx^2 \;\; et \;\; \frac{\partial L}{\partial x} = -kx \;\; et \;\; \frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial \dot{x}} = \frac{d}{dt}\,(m\,\dot{x}) = m\ddot{x} \iff \boxed{\ddot{x} + \omega^2\,x = 0}$$

ـ معادلات هاملتون جاكوبي: $\dot{x} = \frac{\partial H}{\partial p_x}$ و $\dot{p}_x = -\frac{\partial H}{\partial x}$

دالة هاملتون لهذه الجملة تعطى بـ:

$$H = T + V = \frac{1}{2}m\dot{x}^2 + \frac{1}{2}kx^2 \equiv \frac{p_x^2}{2m} + \frac{1}{2}kx^2 \qquad (1)$$

و منـــــه:

$$\dot{x} = \frac{\partial H}{\partial p_x} = \frac{p_x}{m} \iff \ddot{x} = \frac{\dot{p}_x}{m} - - - - > (I) \qquad \dot{p}_x = -\frac{\partial H}{\partial x} = -kx - - - - > (II) \qquad (2)$$

مـــن المعادلتين I و II نستنتج مباشرة مـــعادلة الحركة نفسها التي و جدناها سلفا: $\boxed{\ddot{x} + \omega^2\,x = 0}$.

(II) تـصحيح السلسلة الأولـــى:

1– مراحل تطور علم الفلك الخمسة هـــي:

١ـ مرحلة العصر القديم (و التي تمتد من سنة 3000 إلى سنة 1000 قبل الميلاد)

٢ـ مرحلة مركزية الأرض للكون (و التي تمتد من سنة 1000 إلى سنة 1500 بعد الميلاد)

٣ـ مرحلة مركزية الشمس للكـــون (و التي تمتـــد من سنة 1500 ميلادية الى سنة 1780 أي بداية الثورة الصناعية)

٤ـ مرحلة ظهور علم الفلك (و التي تمتد من 1780 إلى 1920)

٥ـ ظهور الفيزياء الفلكية المعاصرة (من 1930 حتى الفترة الحالية)

2– أهم مســـاهمات حضارات العصر القديم في تطور العلم بصفة عامة و علم الفلك بصفة خاصة:

١ـ إختراع الكتابة: الكتابة مهمة جدا في تطور أي علم، و ذلك للطبيعة التراكمية للمعرفة.فقد لجأ الانسان للكتابة قبل 5000 سنة. في البداية، كانت الكتابة مقطعية مثل المسمارية و المصرية (3200 قبل الميلاد) ثم تطورت إلى أبجدية من طرف الفينيقيين سنة 1400 قبل الميلاد.

-٢ إختراع الرياضيات:(لغة الفيزياء):طور الانسان الرياضيات في البداية من أجل إحتياجاته اليومية مثل البيع، الشراء، تقسيم الأراض ... إلخ. فقد عرف الانسان القديم عمليات الجمع، الطرخ، الضرب و القسمة. كما أحدث أيضا جداول للضرب، النظام الستيني، الجذور التربيعية ...

-٣ ربط الزمن بالظواهر الفلكية:

ملاحظة حركة الشّمس و القمر المتكرّرة، سمحت باحداث وحدات زمن ظروريّة من أجل الزّرعة و السفر عبر البحر أو الصّحاري ...

- تم ربط الزّمن بحركة الأرض، السّاعة الطّبيعيّة للانسان
- فاليوم هو زمن دورة الرض حول نفسها. البابليين و المصريّن قسموا اليوم إلى 12 ساعة مضاءة (نهار) و 12 ساعة مظلمة (ليل) .
- كما صنع القدماء السّاعة الشّمسيّة $(cadransolaire)$.
- ربط الشّهر بالدّورة القمريّة: الدّورة القمريّة هي الزّمن الّذي يفصل قمرين جديدين، و هي تقدّر بـ: 29 يوم و 12 ساعة و 44 دقيقة و 2.8 ثانيّة.
- إحداث التّقويمات مثل التّقويمات الشّمسيّة و القمريّة.
- ...

-3 مختلف أطوار القمر: محاق (تولد القمر) - هلال أول الشهر - تربيع أول (ربع الشهر) - أحدب متزايد - بدر (نصف الشهر) - أحدب متناقص - تربيع ثاني (ثلاث أرباع الشهر) - هلال آخر الشهر.

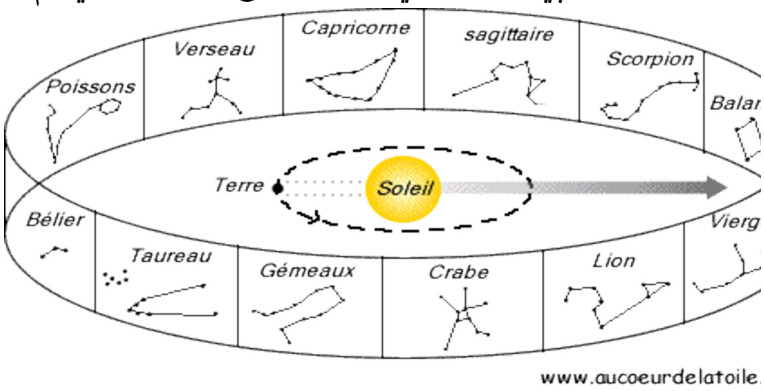
يمر القمر بمختلف أطواره بسبب دورانه حول الأرض وتغير موضعه بالنسبة للشمس والأرض. القمر لا يصدر ضوءًا من نفسه، بل يعكس ضوء الشمس، وعندما يدور حول الأرض، نرى أجزاء مختلفة من نصفه المضاء بالشمس، مما يؤدي إلى تغير شكله الظاهري في السماء. يعد العالم المسلم البيروني من أوائل العلماء الذين شرحوا تغير أطوار القمر و كذلك ظاهرتي الخسوف و الكسوف بطريقة علمية.

4- الأبراج السماوية: ظهرت الأبراج لأول مرة في حضارة بلاد الرافدين (البابليون) حوالي 3000 قبل الميلاد، حيث راقب الفلكيون القدماء حركة الشمس والقمر والنجوم عبر السماء، ولاحظوا أن الشمس تمر عبر 12 مجموعة نجمية رئيسية على مدار السنة، فأطلقوا عليها أسماء معينة. سبب إحداث هذه ألابراج في البداية كان أجل إستعمالها في تحديد الزمن و الأشهر خاصة أثناء السفر عبر البحر أو الفلة لمدد طويلة حيث يكن الانسان يملك ساعة لتحديد الزمن و لا بوصلة لتخديد موضعه. و لكن سرعان ما تم ربطوها بالأساطير والمعتقدات الدينية.

ننوه بأن التقسيم التقليدي للأبراج يعتمد على 12 برجًا فقط، لكن في علم الفلك، هناك برج إضافي يسمى الحواء ($Serpentaire$) وهو يقع بين العقرب والقوس. هذا البرج لم يُعتمد في التنجيم التقليدي، لكنه يظهر في التقسيم الفلكي الحديث لأنه يتداخل مع مسار الشمس.

Bélier	مارس - أفريل	21 مارس – 19 أفريل	**الحمل**
Taureau	أفريل - ماي	20 أفريل – 20 ماي	**الثور**
Gémeaux	ماي - جوان	21 ماي – 20 جوان	**الجوزاء**
Cancer	جوان - جويلية	21 جوان – 22 جويلية	**السرطان**
Lion	جويلية - أوت	23 جويلية – 22 أوت	**الأسد**
Vierge	أوت - سبتمبر	23 أوت – 22 سبتمبر	**العذراء**
Balance	سبتمبر - أكتوبر	23 سبتمبر – 22 أكتوبر	**الميزان**
Scorpion	أكتوبر - نوفمبر	23 أكتوبر – 21 نوفمبر	**العقرب**
Ophiuchus (Serpentaire)	نوفمبر - ديسمبر	29 نوفمبر – 17 ديسمبر	**الحواء**
Sagittaire	ديسمبر	18 ديسمبر – 21 ديسمبر	**القوس**
Capricorne	ديسمبر - جانفي	22 ديسمبر – 19 جانفي	**الجدي**
Verseau	جانفي - فيفري	20 جانفي – 18 فيفري	**الدلو**
Poissons	فيفري - مارس	19 فيفري – 20 مارس	**الحوت**

5– المحيط الكوكبي للشمس هي نفسها الأبراج السماوية التي تم ذكرها في السؤال السابق. أنظر الشكل أدناه.



6– تطور مفهوم الكون عبر الزمن: تطور مفهوم الكون عبر التاريخ من الأساطير إلى العلم الحديث. في العصور القديمة، اعتقدت الحضارات أن الأرض مسطحة و هي مركز الكون و الذي يتكون من بعض الكواكب و النجوم. في القرن الثاني، اقترح بطليموس نموذج مركزية الأرض للكون حيث تدور الشمس والكواكب حول الأرض، وبقي هذا النموذج سائدًا حتى القرن السادس عشر، عندما قدّم كوبرنيكوس النموذج الهليوسنتركي، (إضافة إلى أعمال الطوسي و ابن الشاطر) مؤكدًا أن الشمس هي المركز. دعمت اكتشافات غاليليو وكيبلر ونيوتن هذا النموذج علميًا. في القرن العشرين، أثبت إدوين هابل أن الكون يتمدد، مما أدى إلى نظرية الانفجار العظيم. حاليًا، يُعتقد أن الكون يتوسع بسرعة بسبب الطاقة المظلمة، وهناك احتمالات لوجود أكوان متعددة، مما يجعل فهمنا للكون في تطور مستمر.

7- التفريق بين الكواكب و النجوم بالعين المجردة:

ـ النجوم: تبقى ثابتة نسبيًا في مواقعها بالنسبة لبعضها البعض، وتتحرك مع دوران الأرض.

لا لكواكب: تتحرك ببطء نسبيًا بين النجوم على مدى أيام أو أسابيع، وهذا ما جعلها تُسمى بـ النجوم المتجولةْ قديمًا.

ـ النجوم: تختلف ألوانها (أزرق، أبيض، أصفر، أحمر) حسب حرارتها، وبعضها يظهر بلون متغير.

ـ الكواكب: عادةً ما تكون أكثر إشراقًا من معظم النجوم ولها لون مميز (الزهرة أبيض لامع، المريخ أحمر، المشتري أصفر فاتح).

بعض الكواكب مثل الزهرة والمشتري تكون ساطعة جدًا وتُرى حتى قبل الشروق أو بعد الغروب. النجوم تظهر فقط ليلاً وعادةً لا تكون بنفس سطوع الكواكب الأكثر وضوحًا. باختصار، إذا رأيت جسمًا في السماء يلمع بثبات، يتحرك ببطء بين النجوم على مدى الأيام، ولا يتلألأ بشدة، فمن المرجح أنه كوكب وليس نجمًا.

8- الكواكب التي عرفها القدماء: عرف القدماء خمسة كواكب يمكن رؤيتها بالعين المجردة، وهي:

ـ عطارد: أقرب كوكب للشمس، ويظهر لفترات قصيرة عند الشروق أو الغروب.

ـ الزهرة: ألمع كوكب في السماء، يُعرف بنجمة الصباح أو المساء.

ـ المريخ: يتميز بلونه الأحمر، وكان يُربط بالحرب عند الرومان واليونانيين.

ـ المشتري: أكبر كوكب في النظام الشمسي، يظهر كنقطة لامعة جدًا.

ـ زحل: يظهر كنجم أصفر باهت، ويمكن رؤية حلقاته بالتلسكوب.

لم يكن القدماء يعرفون أورانوس، نبتون، وبلوتو لأنها بعيدة جدًا وغير مرئية بالعين المجردة، ولم تُكتشف إلا بعد اختراع التلسكوب في العصر الحديث. كما كان القمر يعتبر كوكبا عند القدماء.

9- فرضية مركزية الأرض للكون:

فرضية مركزية الأرض للكون، أو النموذج الجيوسنتري هي نظرية قديمة كانت تُفترض أن الأرض هي مركز الكون وأن جميع الأجرام السماوية (مثل الشمس والقمر والكواكب والنجوم) تدور حولها. هذا النموذج كان سائدًا في الفكر الفلكي لعدة قرون، خاصة في الحضارات القديمة مثل اليونانية والرومانية و الاسلامية، وكان مرتبطًا بأسماء فلاسفة وعلماء مثل أرسطو وبطليموس و البيروني.

أبرز أســس فرضية مركزية الأرض:

ـ الأرض ثابتة: وفقًا لهذه الفرضية، تكون الأرض ثابتة في مركز الكون ولا تتحرك.

ـ الأجرام السماوية تدور حول الأرض: الشمس والقمر والكواكب والنجوم تدور حول الأرض في مسارات دائرية بسرعات ثابتة.

ـ المدارات الدائرية: اعتقد أرسطو أن الحركات السماوية يجب أن تكون دائرية وكاملة، لأن الدائرة كانت تعتبر الشكل المثالي.

تطوير النموذج: قام عالم الفلك اليوناني بطليموس ب (و علماء أخرين)تطوير هذا النموذج في القرن الثاني الميلادي في كتابه المجسطيْ، حيث قدم نظامًا معقدًا يسمى بفرضية أفلاك التدوير لتفسير الحركات المرصودة للكواكب،

والتي بدت أحيانًا وكأنها تتراجع في مسارها.

10– فرضية أفلاك التدوير ($Epicycle$): هي مفهوم فلكي قديم استُخدم لتفسير تزايد و تناقص سرعة الكواكب المرصودة خاصة المريخ في النموذج الجيوسنتري (مركزية الأرض). وفقًا لهذه الفرضية، تتحرك الكواكب في مسارات دائرية صغيرة تُسمى أفلاك التدوير ($Epicycle$)، بينما تتحرك مراكز هذه الأفلاك بدورها في مسارات دائرية أكبر تُسمى الدوائر المحورية حول الأرض ($Deferents$) . اذن فحركة الكوكب الناتجة هي تراكب حركتين: حركته على فلك التدوير وحركة مركز فلك التدوير على الدائرة المحورية.
الهدف من إحداث هذه الفرضية هو تفسر التراجع الظاهري للكواكب (عندما يبدو كوكبًا وكأنه يتحرك للخلف في السماء لفترة قصيرة) و كذلك تزايد و تناقص سرعة هذه الكواكب على مدار السنة.

11– نظام بطليموس: جمع بطليموس أفكاره في كتابه الشهير المجسطيْ، الذي أصبح المرجع الرئيسي لعلم الفلك في العالم الغربي والعالم الإسلامي لعدة قرون.
تضمن الكتاب جداول فلكية وحسابات دقيقة لحركات الكواكب والنجوم. كما قدم لنا نظاهه الشهير و الذي يقر بمكزية الارض للكون و فرضية أفلاك التدوير مع إزاحة الأرض قليلا عن المركز للتمكن من التنبؤ بحركة الكواكب بدقة.
مع مرور الوقت، أصبح النظام معقدًا بسبب الحاجة إلى إضافة المزيد من الدوائر التدويرية لشرح الحركات الفلكية بدقة. يعد العالم المسلم ابن الهيثم من أشهر من انتقدوا بطليموس و نظامه في كتابه شكوك حول بطليموس.

12– مزدوجة الطوسي:
مزدوجة الطوسي ($CoupledeTusi$) هي مفهوم رياضي وفلكي طوره العالم المسلم نصير الدين الطوسي في القرن الثالث عشر الميلادي. تُعتبر هذه الفكرة واحدة من الإسهامات العلمية المهمة في تاريخ الرياضيات والفلك، وقد ساعدت في تفسير الحركات الفلكية المعقدة دون الحاجة إلى استخدام النموذج البطلمي التقليدي الذي يعتمد على فرضية أفلاك التدوير. تنص مزدوجة الطوسي على ما يلي:
تخيل دائرة كبيرة ثابتة. داخل هذه الدائرة، توجد دائرة صغيرة تدور بسرعة معينة. إذا كانت الدائرة الصغيرة تدور بسرعة مناسبة، فإن نقطة على محيطها ستتحرك في خط مستقيم. هذا المبدأ الرياضي كان ثوريًا لأنه أظهر إمكانية تحويل الحركة الدائرية إلى حركة خطية، وهو ما ساعد في تفسير العديد من الظواهر الطبيعية والفلكية.
كانت مزدوجة الطوسي خطوة مهمة نحو تطوير نماذج فلكية أكثر دقة، وقد أثرت لاحقًا على علماء مثل كوبرنيكوس، الذي استخدم أفكارًا مشابهة في نموذجه مركزية الشمس للكون. باختصار، مزدوجة الطوسي هي إنجاز علمي مهم يعكس تقدم الفكر الرياضي والفلكي في الحضارة الإسلامية، وقد ساهمت في تطور النماذج الفلكية اللاحقة. أعاد العلماء في عصر النهضة الأوروبية اكتشاف أعمال الطوسي، مما ساهم في نقل المعرفة العلمية من العالم الإسلامي إلى أوروبا.

13– نموذجي الطوسي و ابن الشاطر: نظاما الطوسي وابن الشاطر هما نموذجان فلكيان طورهما عالمان مسلمان في

العصور الوسطى، وهما نصير الدين الطوسي وابن الشاطر. ساهمت هذه النماذج في تطوير علم الفلك وتقديم تفسيرات أكثر دقة لحركة الكواكب، مما مهد الطريق لاحقًا للثورة الكوبرنيكية في أوروبا.

ـ نظام الطوسي: نصير الدين الطوسي (1201–1274) كان عالمًا فارسيًا مسلمًا قدم مساهمات كبيرة في الرياضيات والفلك. من أشهر إنجازاته آمزدوجة الطوسيْ والتي استخدمها لتطوير نموذج فلكي بديل للنموذج البطلمي. هذه الفكرة سمحت بتحويل الحركة الدائرية إلى حركة خطية، مما ساعد في تبسيط تفسير الحركات الفلكية خاصة في تفسير الحركات التراجعية، للكواكب أنظر السؤال السابق.

ـ نظام ابن الشاطر: ابن الشاطر ((1304–1375) كان عالم فلك ومهندسًا عربيًا من دمشق. قام بتحسين النموذج البطلمي بشكل كبير، وقدم نموذجًا فلكيًا أكثر تطورًا ودقة. ففي النموذج البطلمي، كانت فكرة المعدل المساوي تُستخدم لشرح الحركة غير المنتظمة للكواكب، لكنها كانت تعتبر غير متناسقة مع مبادئ الحركة الدائرية المنتظمة. استبدل ابن الشاطر هذه الفكرة بترتيب هندسي أكثر دقة يعتمد على دوائر متداخلة. قدم ابن الشاطر نموذجًا يعتمد على دوائر متعددة (بدلًا من الدوائر التدويرية البطلمية) لتفسير حركة الكواكب. هذا النموذج كان أكثر دقة في وصف الحركات السماوية، خاصة حركة عطارد والقمر.

ـ تأثيره على كوبرنيكوس:

تشير بعض الدراسات إلى أن كوبرنيكوس قد استفاد من أعمال ابن الشاطر في تطوير نموذجه الهيليوسنتري. هناك تشابه كبير بين النموذج الذي قدمه ابن الشاطر والنموذج الذي استخدمه كوبرنيكوس لاحقًا. لذلك يعد ابن الشاطر أول من شكك في صحة مركزية الأرض للكون.

14– جهاز الاسترولاب: الأسطرلاب هو جهاز فلكي قديم كان يُستخدم لقياس المواقع السماوية وحل المشكلات المتعلقة بموقع الشمس والنجوم والكواكب. يعود تاريخه إلى العصور القديمة، وقد تم تطويره وتحسينه بشكل كبير في العصر الإسلامي، حيث أصبح أداة أساسية لعلماء الفلك والملاحين.

* مكوناته: الأسطرلاب هو جهاز ميكانيكي يعتمد على مبادئ الهندسة الكروية، ويتكون من عدة أجزاء تشمل:

ـ اللوحة الأم: القاعدة الدائرية للجهاز.

ـ الشبكة: جزء دائري يحتوي على نقاط تمثل النجوم الرئيسية.

ـ الطبق: أقراص معدنية مسطحة تحتوي على إسقاطات لدوائر سماوية مثل دائرة الاستواء والأفق.

ـ العضادة: ذراع دوار يستخدم لقياس الزوايا.

* استعمالاته: كان الأسطرلاب أداة متعددة الاستخدامات، حيث استُخدم في عدة مجالات، منها

ـ تحديد مواقع النجوم والكواكب: كان يُستخدم لقياس ارتفاع الأجرام السماوية فوق الأفق.

ـ حساب الوقت: كان يُستخدم لتحديد الوقت ليلاً أو نهارًا بناءً على موقع الشمس أو النجوم.

ـ تحديد أوقات الشروق والغروب: كان يُستخدم لحساب وقت شروق الشمس وغروبها.

ـ تحديد خطوط العرض: كان يُستخدم لحساب خط العرض الجغرافي بناءً على ارتفاع النجم القطبي أو الشمس.

ـ الملاحة: استخدمه البحارة لتحديد مواقعهم في البحر.

ـ تحديد اتجاه القبلة: كان يُستخدم لتحديد اتجاه مكة المكرمة لأداء الصلاة.

ـ حساب أوقات الصلاة: كان يُستخدم لتحديد أوقات الصلوات الخمس بناءً على موقع الشمس.
ـ التنجيم : استخدمه المنجمون لتحليل مواقع الكواكب والنجوم.
ـ التعليم : كان يُستخدم كأداة تعليمية لشرح المفاهيم الفلكية.

14– مساهمات العلماء المسلمين في تطور علم الفلك: قدم العلماء المسلمون مساهمات كبيرة ومؤثرة في تطور علم الفلك خلال العصور الوسطى، حيث طوروا نظريات وأدوات وأساليب جديدة أسهمت في تقدم هذا العلم.
١. تطوير الأدوات الفلكية:
ـ الأسطرلاب: قام العلماء المسلمون بتحسين وتطوير الأسطرلاب، الذي كان يُستخدم لقياس المواقع السماوية وحساب الوقت وتحديد اتجاه القبلة. من أشهر من طوروا الأسطرلاب: محمد الفزاري، البيروني، والخوارزمي.
ـ الإسطرلاب البحري: طور المسلمون نسخة من الأسطرلاب خصيصًا للملاحة البحرية، مما ساعد البحارة على تحديد مواقعهم في البحر.
ـ الربع المجيب: تم تطوير أنواع مختلفة من الأرباع الفلكية، مثل الربع المقنطر، الذي استخدمه العلماء لقياس ارتفاع الأجرام السماوية بدقة.
٢. المراصد الفلكية: أنشأ المسلمون مراصد فلكية متطورة، مثل مرصد مراغة في إيران (بقيادة نصير الدين الطوسي) ومرصد سمرقند (بقيادة أولوغ بيك). كانت هذه المراصد مجهزة بأدوات دقيقة لرصد النجوم والكواكب.
ـ جداول فلكية دقيقة تسمى الزيج: قام العلماء المسلمون بتجميع جداول فلكية دقيقة تحدد مواقع النجوم والكواكب، مثل الزيج الصابئ للبتاني وَالزيج الإيلخانيْ لنصير الدين الطوسي.
٣. تطوير النماذج الفلكية: قام علماء مثل ابن الهيثم وابن الشاطر بانتقاد النموذج البطلمي واقترحوا تحسينات عليه. قدم ابن الشاطر نموذجًا فلكيًا أكثر دقة ألغى الحاجة إلى المعدل المساويْ الذي كان يستخدمه بطليموس. كما طور نصير الدين الطوسي مفهوم آمزدوجة الطوسيْ، الذي سمح بتحويل الحركة الدائرية إلى حركة خطية، مما ساعد في تفسير الحركات الفلكية المعقدة.
٤. قياسات دقيقة:
ـ قام العالم المسلم الخوارزمي بقياس محيط الأرض بدقة كبيرة باستخدام الأساليب الهندسية.
ـ كما قام البيروني بحساب محيط الأرض باستخدام طريقة مبتكرة تعتمد على قياس زاوية الأفق.
ـ قام العلماء المسلمون بحساب المسافات بين الأجرام السماوية، مثل المسافة بين الأرض والقمر.
٥. اكتشافات فلكية:
ـ قام العلماء المسلمون بتسجيل ملاحظات دقيقة عن النجوم والكواكب، بما في ذلك اكتشافات جديدة مثل السديم.
ـ قام عبد الرحمن الصوفي بتأليف كتاب آصور الكواكبْ، الذي وصف فيه مواقع النجوم وأحجامها.
ـ قدم العلماء المسلمون تفسيرات أكثر دقة لحركة الكواكب، خاصة الحركة التراجعية .
* أشهر علماء الفلك المسلمين:
ـ الخوارزمي (780 – 850 م): قام بتأليف جداول فلكية دقيقة.
ـ البتاني (858 – 929 م): قام بقياس طول السنة الشمسية بدقة.

- ابن الهيثم (965 – 1040 م): قدم انتقادات للنموذج البطلمي.
- البيروني (973 – 1048 م): قام بقياس محيط الأرض وحساب المسافات الفلكية.
- نصير الدين الطوسي (1201 – 1274 م): طور مزدوجة الطوسي وأسس مرصد مراغة.
- ابن الشاطر (1304 – 1375 م): قدم نموذجًا فلكيًا أكثر دقة أثر على كوبرنيكوس
- جابر بن حيان 721–815) م): يُعتبر ءبو الكيمياءْ، حيث قدم تجارب منهجية في التحليل الكيميائي. طور تقنيات مثل التقطير والتبلور. كتب العديد من الكتب التي أصبحت مراجع أساسية في الكيمياء.
- الكندي 801–873) م): كتب عن حركة الكواكب والنجوم. قدم أعمالًا في علم البصريات ودرس انكسار الضوء. كان من أوائل العلماء الذين جمعوا بين الفلسفة والعلوم التجريبية.
- ثابت بن قرة 826–901) م): قدم تحسينات في فهم حركة الكواكب. ترجم أعمالًا يونانية مهمة وأضاف إليها تعليقات علمية. ساهم في تطوير علم المثلثات.
- أبو الريحان البيروني 973–1048) م): قام بقياس محيط الأرض بدقة عالية. كتب عن حركة الكواكب والنجوم. درس الثقافات المختلفة وكتب عن تاريخ الهند.
- ابن سينا (980–1037 م): كتب القانون في الطبْ، الذي أصبح مرجعًا طبيًا لأكثر من ٦٠٠ عام. قدم نظريات عن حركة الكواكب. درس تأثير النجوم على الأحداث الأرضية.
- عمر الخيام (1048–1131 م): طور تقويمًا شمسيًا دقيقًا يعرف باسم التقويم الجلاليْ. قدم أعمالًا مهمة في الجبر وحل المعادلات التكعيبية.
- ابن رشد (1126–1198 م): كتب عن حركة الكواكب وانتقد النموذج البطلمي. دافع عن الفلسفة العقلانية وأثر على الفكر الأوروبي في عصر النهضة.
- ابن النفيس (1213–1288 م): اكتشف الدورة الدموية الصغرى .كتب عن الفلك ودرس حركة الكواكب.
- تقي الدين الشامي (1526–1585 م): أسس مرصدًا فلكيًا في إسطنبول. طور أدوات فلكية دقيقة، مثل الأسطرلاب والساعات الفلكية.
- أولوغ بيك (1394–1449 م): أسس مرصد سمرقند، الذي كان أحد أكثر المراصد تطورًا في ذلك الوقت. قام بتجميع آزيج أولوغ بيكْ، وهو جدول فلكي دقيق لمواقع النجوم.
- ابن خلدون (1332–1406 م):

كتب عن تأثير النجوم على الأحداث التاريخية. يُعتبر مؤسس علم الاجتماع الحديث.
- ابن ماجد (1432–1500 م): كتب عن فنون الملاحة واستخدام النجوم في تحديد الاتجاهات. ساعد في تطوير أدوات الملاحة البحرية.
- ابن يونس 950–1009) م): قام بملاحظات فلكية دقيقة وسجلها في كتابه الزيج الحاكميْ. ساهم في تطوير علم المثلثات.
- أبو حامد الغزالي 1058–1111) م): كتب عن العلاقة بين العلم والدين. درس تأثير الأفلاك على الأحداث الأرضية.
- ابن البناء 1256–1321) م): كتب عن الحساب والجبر. قدم أعمالًا في علم الفلك وحساب المواقيت.