جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة البصرة

كلية العلوم

محاضرات مادة

فيزياء الفلك والفضاء

لطلبة المرحلة الثالثة – قسم الفيزياء

اعـــــداد

الدكتور فراس محي بلبول

كلية العلوم / قسم الفيزياء

اعداد الدكتور فراس محي - قسم الفيزياء

الفصل الاول

1. علم الفلك Astronomy

يعتبر علم الفلك واحد من اقدم العلوم التي عرفتها الانسانية لأنه بدا مع تشكل وعي الانسان عن هذا العالم. فصورة السماء بنجومها وكواكبها اللامعة تبهر الابصار وتجعل الانسان يتساءل عن كيفية تكوينها وشكل حركتها. لاحظ الانسان حركة الاجرام السماوية فوجدها متباينة فمنها من يتحرك جملة واحدة ومنها من يتحرك بصورة منفردة ومنها من يتحرك بصورة مستقيمة ومنها من يتراجع عن حركته تارة اخرى. بعد ذلك وجد الانسان ان بعضا منها مضيء بذاته فسماها بالنجوم **Stars** وأخرى مستضيئة (اي تعكس الضوء) سماها بالكواكب **Planets** .

2. أهمية علم الفلك قديما

1. **معرفة اوقات الانواء وتغيرات الاحوال الجوية.**

حيث ربطت الحضارات القديمة بين علم الفلك والانواء الجوية ربط اقتراني, حيث عرفوا حصول مثلا رياح ومطر وحر وبرد بضهور بعض النجوم او كوكبات نجمية دون ان تكون لهذه النجوم علاقة مباشرة او غير مباشرة مع تلك الانواء.

وضع البابليون جداول تعرف الفلاح بأوقات الحراثة و الزراعة والحصاد وكذلك حددوا مواسم المطر من خلال ربط هذه الانواء بنجوم معينة.

2. **التنبؤ بأحداث المستقبل.**

وذلك عن طريق معرفة مواقع الشمس والقمر والكواكب في البروج وسموه بعلم التنجيم او احكام النجوم. اكثر من دعم وشجع ذلك هم الملوك والامراء واصحاب الثروة والسبب في ذلك لكي يميزوا اعدائهم مثلا او امور خاصة بالحكم .

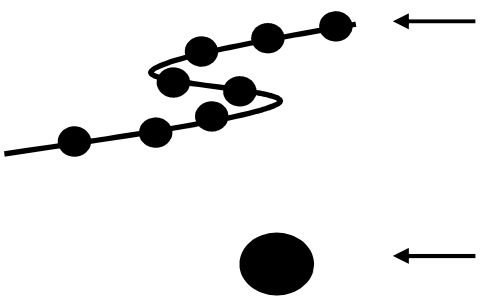
3. **الاهتمام بالنجوم في البر والبحر.**

من المعروف ان خارطة السماء ادق من خارطة الارض اذ لا يعتريها تغير فهي تبقى ثابتة, لذلك كانوا يستخدمون النجوم في المسير ليلا في الصحراء وكذلك في الابحار لمعرفة الاتجاهات.

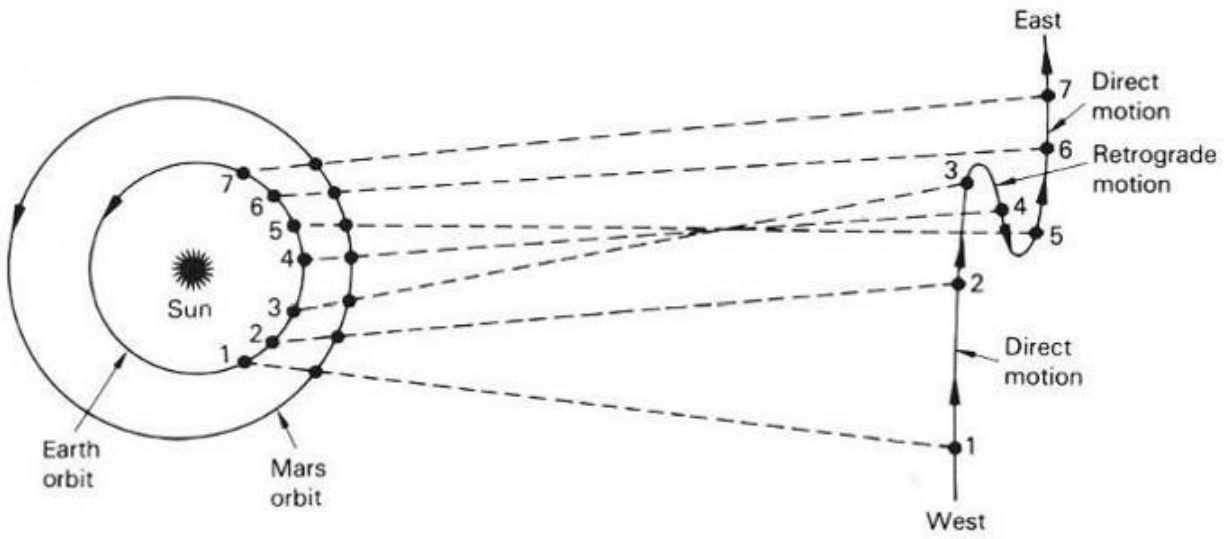
حركة الكواكب Planetary Motion

ربما تكون دراسة حركة الكواكب واحدة من اقدم العلوم . حيث لاحظ الناس انتظام حركة الكواكب والنجوم وتساءلوا عن سبب هذا الانتظام. ما الذي يجعل القمر والنجوم في سماء الليل يتحركون, ما الذي يجعل الشمس تشرق ثم تتحرك في السماء ثم تغرب فتغيب. من هذه الملاحظات المبكرة افترضوا ان الارض هي مركز الكون وان االشمس والقمر وبقية النجوم تدور حولها. سمي هذا النموذج بالنموذج البطليمي **Ptolematic System** اونموذج مركزية الارض **Geocentric Model** ويعود نسبة الى العالم اليوناني كلاديوس بطليميوس.

صمد هذا النموذج لمدة **1500** سنة على الرغم من المشاكل التي فيه ومن اهمها انه لم يفسر الحركة التراجعية لبعض الاجرام السماوية. فمثلا لوحظ ان المريخ وخلال اشهر السنة يتوقف فجأة عن الحركة ثم يعود الى الخلف ثم يتوقف مره اخرى ليواصل تقدمة الى الامام تارة اخرى وكما في الشكل ادناه.



لم يتمكن نظام مركزية الارض **Geocentric Model** من تفسير هذه الحركة الغريبة للكواكب لذلك وفي عام **1543** طرح الفلكي البولندي نيكولاس كوبرنيكوس نموذجا اخر افترض فيه ان الشمس هي المركز **Heliocentric Model** وان الارض وبقية الكواكب تدور حولها بمدارات دائرية. لاقى هذا النموذج استحسانا كبيرا في الاوساط العلمية والفلكية وخصوصا انه فسر الحركة التراجعية بشكل جيد لكنة لم يفسر اختلاف السطوع للكواكب خلال مراحل معينة من السنة.



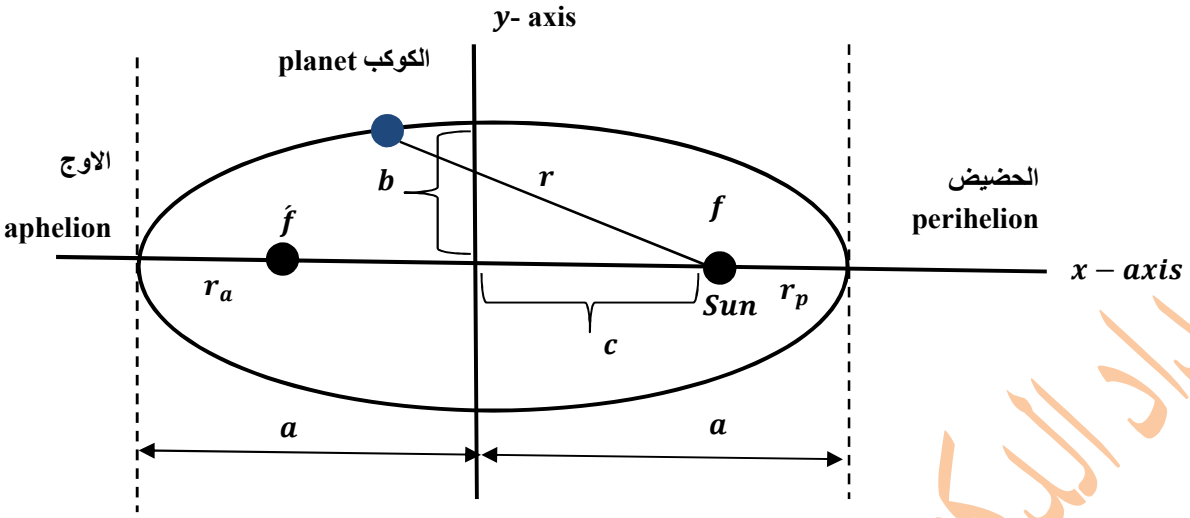
لاقى نموذج كوبرنيكوس معارضة شديده على الرغم من تفسيره الجيد للحركة التراجعية لان نموذج بطليميوس كان مؤيدا من قبل الكنيسة (اضفت الكنيسة قدسية للأرض كون ان السيد المسيح مولود فيها). وكان من اشد المدافعين عن نموذج كوبرنيكوس هو العالم الدنماركي تايكو براهي **Tycho Brahe** وعند سؤاله عن سبب تغير السطوع للكواكب لبعض اجزاء السنة كان دفاعة هو ان الارصاد المتاحة في وقتها والتي كانت بين يدية هي ارصاد خاطئة حيث ان تلك الارصاد هي بابلية واسلامية. لذلك قرر ان يكتب ارصاد وجداول بنفسة لذلك جلس لمدة عشرين عام يرصد السماء ويدون ملاحظاته وجداوله وبالمحصلة النهائية وجد ان هناك تطابق كبير نوعا ما بينه وبين الارصاد القديمة.

4. قوانين كبلر Kepler's Law

بعد موت براهي اخذ تلميذة يوهان كبلر تلك الجداول وقام بتحليلها ودراستها بشكل دقيق واول ملاحظة اكتشفها بان للكوكب سرعتان مداريتان خلال فترة دورانه حول الشمس. احداهما سريعة والاخرى بطيئة ومن خلال ملاحظاته استنتج كبلر كوانينه الثلاثة (هذه القوانين ليست مبنية على اساس نموذج رياضي وانما هي قوانين وضعية).

4.1 قانون كبلر الاول Kepler's First Law

يدور الكوكب حول الشمس بمدار بيضوي (اهليلجي) Ecliptic حيث تقع الشمس في احد بؤرتيه.



$f, \acute{f}$ تمثل البؤرة الاولية والثانوية للقطع الناقص

a و b هما شبة المحور الكبير **Sime-major axis** وشبة المحور المحور الثانوي **Semi-minor axis** الشذوذ المركزي **Eccentricity (e) e = c/a.**

نستنتج من القانون الاول وكما هو موضح بالشكل ان الشمس هي على محور واحد من القطع الناقص وان الكوكب يتحرك على طول مسارة البيضوي. المسافة من الشمس الى الكوكب في اي وقت هي (r) وتمثل نصف قطر المدار حيث تتغير المسافة هذه مع تحرك الكوكب في مدارة فعند اقتراب الكوكب من الشمس فان ($r = r_p$) ويقال ان الكوكب في الحضيض الشمسي. وعندما يكون الكوكب في ابعد نقطة عن الشمس يقال ان الكوكب في الاوج حيث ($r = r_a$). وعلية فمن الشكل يمكن ان نجد ان :

$$r_p + r_a = 2a$$

$$a = \frac{r_p + r_a}{2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

في بعض الحالات الخاصة يتحول القطع الناقص الى دائرة حيث $r_p = r_a = r$ وهو نصف قطر المدار وعلية فالمعادلة (1) تؤل الى:

$$a = \frac{r_p + r_a}{2} = \frac{r + r}{2} = \frac{2r}{2} = r \quad \Rightarrow a = r$$

وبالتالي فان المدار الدائري هو حالة خاصة فقط للمدار البيضوي. ويمكن ان نحسب الشذوذ في المدار من العلاقة التالية:

$$e = \frac{r_a - r_p}{2a} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

وبصورة عامه $r_p - r_a < 2a$

اعداد الدكتور وليد حمدي - قسم الفيزياء

وعلية (e) تكون اقل من واحد فان وفي حال $r_p = r_a = r$ فان:

$$e = \frac{r_a - r_p}{2a} = \frac{r - r}{2a} = 0$$

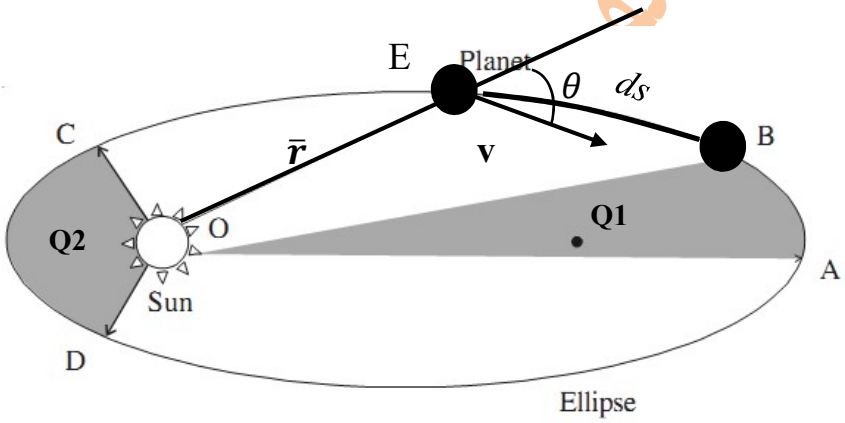
وبالتالي يكون المدار ايضا دائريا لذلك شرط المدار الإهليجي هو:

$$0 < e < 1$$

4.2. قانون كبلر الثاني Kepler's Second Law

ويسمى هذا القانون ايضا بقانون المساحات وينص على ان:

يمسح الشعاع الواصل بين الشمس والكوكب مساحات متساوية في ازمنه متساوية. وهذا يعني ان سرعة الكوكب في المدار ليست ثابتة حيث تزداد سرعة الكوكب كلما قرب من الشمس وتقل كلما بعد عنها.



تفسير هذا القانون وحسب الشكل اعلاه هو ان الزمن اللازم لتحرك الكوكب من **A** الى **B** هو نفس الزمن اللازم لتحرك الكوكب من النقطة **C** الى **D** وعلية فان **Q1= Q2**. وهذه النتيجة مهمه جدا بالنسبة الى المدارات البيضوية وتعني ان سرعة الكوكب ليست ثابتة كما هو الحال في المدارات الدائرية. نفرض ان الكوكب تحرك من النقطة **E** عن الشمس وان **r** هو متجه الموقع وكما في الشكل أعلاه فاذا تحرك الكوكب مساحة ds باتجاه **B** فالزخم الزاوي للكوكب سوف يكون:

$$\bar{L} = \bar{r} \times \bar{p} \dots\dots\dots\dots (3)$$

$$but \quad \bar{p} = m\,\bar{v}$$

$$\bar{L} = \bar{r} \times m\ \bar{v} \dots\dots\dots\dots (4)$$

من خواص الضرب الاتجاهي $\bar{A} \times \bar{B} = AB\ sin\theta$ وعلية:

$$\bar{L} = r\, m\, v\, sin\theta \quad .....(5)$$

يمكن ان تستخدم المعادلة أعلاه لمقارنة سرعة الكوكب عند الحضيض وسرعته عند الاوج. فالزاوية $\boldsymbol{\theta}$ هي الزاوية المحصورة بين امتداد $\boldsymbol{r}$ ومتجه السرعة.

عند الحضيض والاوج يكون مقدار $\boldsymbol{\theta}$ هو **90** درجة وعليه:

$$\overline{L_p} = r_p\, m\, v_p\, sin90$$

$$\overline{L_p} = r_p\, m\, v_p$$

$$\overline{L_a} = r_a\, m\, v_a\, sin90$$

$$\overline{L_a} = r_a\, m\, v_a$$

وبما ان الزخم الزاوي محفوظ فالزخم عند الحضيض يساوي الزخم عند الاوج :

$$\overline{L_p} = \bar{L}_a$$

$$mr_p v_p = mr_a v_a$$

$$v_p = \frac{r_a}{r_p} v_a \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

مثال/ اذا كانت سرعة الارض عند الاوج $2.92 \times 10^4\ m/s$ احسب سرعه الارض عند الحضيض اذا علمت ان الارض تبعد عن الشمس في الاوج $1.53 \times 10^{11}\ m$ وفي الحضيض $1.47 \times 10^{11}\ m$

الحل:

$$v_p = \frac{r_a}{r_p} v_a$$

$$\frac{1.53 \times 10^{11} m \times 2.92 \times 10^4 ms^{-1}}{1.74 \times 10^{11} m} = 3.04 \times 10^4 ms^{-1}$$

مثال/ احسب الزخم الزاوي للأرض عند الحضيض اذا علمت ان سرعة الارض بالحضيض $3.04 \times 10^4 ms^{-1}$ وان الارض تبعد عن الشمس في الحضيض $1.47 \times 10^{11}\ m$ وكتلة الارض $m_\oplus = 5.97 \times 10^{24} kg$

$$\overline{L_p} = r_p\, m\, v_p\, sin\theta$$

$$\overline{L_p} = 5.97 \times 10^{24} kg \times 1.47 \times 10^{11} m \times 3.04 \times 10^4 ms^{-1} \times sin90$$

$$= 2.67 \times 10^{40} kgm^2 s^{-1}$$

اعداد الدكتور فراس محي - قسم الفيزياء

4.3. قانون كبلر الثالث Kepler's Third Law

ويسمى هذا القانون ايضا بقانون الزمن وينص على ان:

مربع زمن دوران أي كوكب حول الشمس يتناسب مع مكعب شبه المحور الرئيسي للمدار البيضوي.

$$P^2 \propto a^3$$

$$\frac{P^2}{a^3} = constant$$

قبل ظهور اسحاق نيوتن حيث هو من استطاع تحديد قيمة هذا الثابت بعد توصله لقوانين الحركة حصر استخدام هذا القانون بالصيغة $\boldsymbol{P^2 = a^3}$ وهذا القانون يوضح العلاقة بين بعد الكوكب عن الشمس والزمن اللازم الذي يتخذه لكي يكمل دوره كاملة حولها. فالعلاقة طردية اي ان كلما زاد بعد الكوكب عن الشمس كلما زاد الزمن الي يستغرقه الكوكب للدوران حولها.

مثال/ تيتان Titan هو اكبر قمر لكوكب زحل Saturn له نصف قطر مداري $1.22 \times 10^9\ m$ والفتره المداريه لهذا القمر 15.95 يوما. هايبرون Hyprion هو احد اقمار زحل ايضا ويدور حوله بمتوسط نصف قطر مقداره $1.43 \times 10^9\ m$ جد الفترة المدارية لقمر هايبرون ؟

الحل: معطيات السؤال

$$a_T = 1.22 \times 10^9\ m$$

$$P_T = 15.95\ \text{day}$$

$$a_H = 1.43 \times 10^9\ m$$

$$P_H = ?$$

$$P_T^2 = a_T^3$$

$$P_H^2 = a_H^3$$

نقسم المعادلتين لنحصل على:

$$\frac{P_T^2}{P_H^2} = \frac{a_T^3}{a_H^3}$$

$$P_H^2 = \frac{P_T^2 \times a_H^3}{a_T^3} = \frac{(15.95\ \text{day})^2 \times (1.43 \times 10^9\ m)^3}{(1.22 \times 10^9\ m)^3} \Rightarrow P_H = 21.3\ day$$

اعداد الدكتور وراس مجيد - قسم الفيزياء

مثال/ افترض ان هناك كويكب Asteroid يدور حول الشمس ويبعد عنها 2AU في الحضيض و 4AU في الاوج. ما هو شبه المحور الرئيسي للكويكب؟ والفترة المدارية له؟ وكم هو مقدار الشذوذ في مدارة؟

الحل:

$$a = \frac{r_p + r_a}{2} = \frac{2AU + 4AU}{2} = 3\ AU$$

$$P^2 = a^3 \Rightarrow P = \sqrt{a^3} \Rightarrow P = \sqrt{3^3} = 5.2\ day$$

$$e = \frac{r_a - r_p}{2a} = \frac{4Au - 2AU}{2 \times 3} \cong 0.33$$

مثال / يدور مذنب حول الشمس بمدار بيضوي 0.98 وصل الى اقرب نقطة من الشمس على بعد $0.33AU$. احسب اقصى بعد له عن الشمس؟ ومدة دورته حولها؟

الحل:

$$r_p + r_a = 2a$$

$$r_a = 2a - r_p \quad \ldots\ldots\ldots 1$$

$$e = \frac{r_a - r_p}{2a}$$

$$r_a = 2a.e + r_p \quad \ldots\ldots\ldots 2$$

عوض 1 في 2

$$2a - r_p = 2a.e + r_p$$

$$2a - r_p - 2a.e - r_p = 0$$

$$2a(1 - e) = 2r_p$$

$$a = \frac{r_p}{(1 - e)} = \frac{0.33}{(1 - 0.98)} = 16.5\ AU$$

$$P^2 = a^3 \Rightarrow P = \sqrt{a^3} \Rightarrow P = \sqrt{(16.5)^3} = 67.023\ \text{year}$$

مثال/ الفترة المدارية لمذنب هالي Hally comet هي 76 سنه فاذا كانت ابعد مسافه يكون فيها المذنب عن الشمس هي 35.3 AU الى اي مدى يمكن ان يقترب المذنب عن الشمس (الحضيض)؟

اعداد الدكتور فراس مجيد - قسم الفيزياء

الحل:

$$P^2 = a^3$$

لكن

$$a = \frac{r_p + r_a}{2}$$

$$P^2 = \left(\frac{r_p + r_a}{2}\right)^3$$

نأخذ الجذر التكعيبي للطرفين:

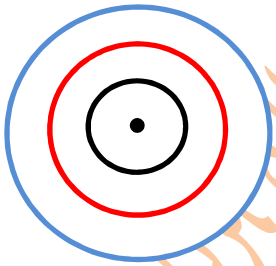
$$r_p + r_a = 2\sqrt[3]{P^2}$$

$$r_p = 2\sqrt[3]{P^2} - r_a$$

$$r_p = 2\sqrt[3]{(76)^2} - 35.3\ \text{AU} = 35.8 - 35.3 = 0.5\ \text{AU}$$

س/ لماذا مدارات الكواكب ليست دائرية؟

لا يوجد في علم الفلك قانون يعارض امكانية دوران الكواكب بمسارات دائرية. ولكن عند دوران عدة كواكب حول نجم ما (وكما هو الحال في مجموعتنا الشمسية) سوف تتأثر المدارات بفعل الجاذبية ليصبح شكلها بيضويا. كذلك تواجد الكواكب على ترتيب معين وبشكل متكرر يزيد من حدة تشوه المدار الدائري لتصبح اكثر بيضوية. فلو رجعنا بالزمن الى بداية تشكل المجموعة الشمسية حيث كانت عبارة عن سحابة من الغبار تحوم بشكل هائج وفوضوي حول الشمس فكيف تمكنت الكواكب بان تدور بشكل منتظم وبدون تقاطع بالمدارات كما هو الحال عليه اليوم؟ وللجواب على هذا السؤال نستند الى قانون هندسي بسيط مفاده انه لا يمكن لدائرتين ذواتي مركز مشترك ان تتقاطعان كما في الشكل.



وهنا فرضت المدارات الدائرية نفسها بقوه في بداية تشكل المجموعة الشمسية لأنها مكنت الكواكب من عدم التصادم فيما بينها ويعد المدار الدائري شرطا اساسيا في لتشكل الكواكب. ففي الواقع عند تشكل المجموعة الشمسية تسببت الاصطدامات المتكرر في دمار الاجسام وساهمت في تكوين اجسام اخرى. لذا نجد وحدها الاجسام التي اتخذت مسارات دائرية ان تتمكن من البقاء والحفاظ على شكلها وحجمها. اما كيفية تحول مداراتها الى الشكل البيضوي فانه يرجع الى الاسباب اعلاه.

اعداد الدكتور وراس فيصل الجبوري - قسم الفيزياء