الفصل الثالث

المجموعة الشمسية Solar System

مكونات المجموعة الشمسية

نرتبط مع الشمس مجموعة من الاجرام السماوية تدور حولها في أفلاك وسرعات محدد وتدعى هذه الاجرام السماوية بالكواكب السارة **Planets** والمعروفة منها حتى ألان ثمانية ويمكن وضع ترتبها وحسب تسلسلها بقربها وبعدما للشمس وكالتالي :عطارد **Mercury** ، الزهرة **Venus** ، الارض **Earth** ، المريخ **Mars** ، المشتري**Jupiter** ، زحل **Saturn** ، أورانوس **Uranus** ، نبتون **Neptune** ولمعظم الكواكب السارة توابع أصغر حجما تدور حولها تسمى أقمارا فالأرض لها قمر واحد، للمريخ قمران، المشتري 16 قمرا ، زحل 17 قمرا، أورانوس 5 اقمار، نبتون 6 اقمار أما عطارد والزهرة ليس لهما أقمارا. كذلك يوجد شهب ونيازك Meteors وغبار كوني ويشمل النظام الشمسي أيضا على كويكبات Asteroids ومذنبات Comets وغازات.

ان بلوتو أول جِرم وراء نبتونيٍّ اكتُشف، وذلك في عام ١٩٣٠. وحتى بعد أن أصبح واضحًا صغر حجم بلوتو (وصغر كتلته لاحقًا بفضل اكتشاف أكبر الأقمار التابعة له عام ١٩٧٨)، ظل الناس يعتقدون أن بلوتو هو الكوكب التاسع في كواكب المجموعة الشمسية، ولكن حينما تزايد عدد الأجرام المكتشفة في حزام كايبر **Kuiper Belt** (وهو عبارة عن حزام من الكويكبات تحيط بكوكب نبتون) ليصل إلى مئات الأجرام، ونافس العديد منها بلوتو في حجمه، أصبح من الصعوبة تصنيف بلوتو على أنه كوكب، وتصنيف أجرام حزام كايبر الأخرى على أنها شيء مختلف. وعندما تم التأكد من أن كتلة وحجم الجرم إريس أكبر — على الأرجح — من بلوتو، كان من المنطقي إما أن تُسمى جميع الأجرام الوراء نبتونية كواكب، وإما ألَّا يُطلق على أي منها هذا الاسم. مع ذلك، جادل الكثير من الناس من أجل الإبقاء على بلوتو كوكبًا على أساس عاطفي أو تاريخي.

3. الشمس The Sun

تدور الارض حول الشمس بمدار أهليلجي وان متوسط بعدها عن الارض يبلغ $\mathbf{1.49\times10^{6}\ km}$ ويستغرق الضوء للوصول الى الارض حوالي (**8.3**) دقيقة أما قطر الشمس $\mathbf{1.392\times10^{6}\ Km}$ ومتوسط كثافتها $\mathbf{1.42\ g\ cm^{-3}}$ وكتلتها حوالي $\mathbf{2\times10^{30}\ kg}$ وجاذبيتها عند سطحها فهي أكبر من الارض بسبب كتلتها الضخمة وتعادل جاذبيتها حوالي **28** مره من جاذبية الارض ودرجة حرارتها السطيحة حوالي **6000 K.**

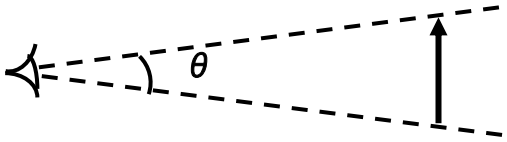
الخواص الفيزيائية للشمس

في هذة الفقره سوف نقوم بدراسة الخواص الفيزيائيه للشمس والارض والقمرحتى نتمكن من التعرف على كيفية معرفة الخواص الفيزيائية لتلك الاجرام.

قياس قطر القمر

لكي نستطيع قياس قطر الشمس او القمر يجب ان نعرف الزاوية التي يصنعها الجسم عند مشاهدته عند نقطة معينه.

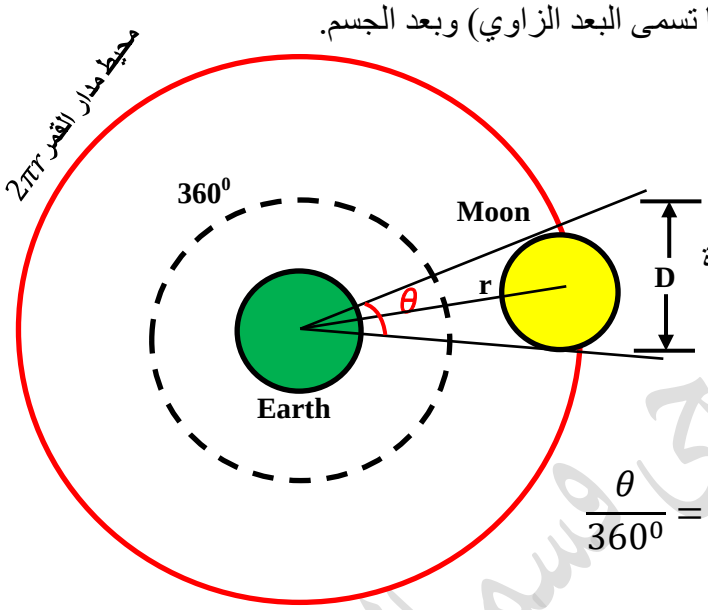
تتغير الزاوية التي يصنعها الجسم عند مشاهدته عند نقاط معينه. حيث تتغير الزاوية θ مع البعد حيث كلما ابتعدنا عن الجسم تصغر الزاوية, وعلية يمكن قياس الزاوية



θ لجسم معين عن طريق قياس عدد الدرجات او اجزاء الدرجات التي يصنعها الجسم كذلك باستخدام أدوات فلكية او حسابها بطرق رياضية وكما سوف نتطرق له لاحقا.

الان يمكن ان نجد علاقة رياضية تربط بين الزاوية θ (واحيانا تسمى البعد الزاوي) وبعد الجسم.

من الشكل لمنظومة الارض والقمر حيث يشاهد الارض القمر بزاوية θ ولكن هذه الزاوية هي جزء من الزاوية الكاملة 360^0 كذلك قطر القمر هو ايضا جزء من محيط الدائرة (مدار القمر حول الارض). لذلك يمكن ان نربط بينهما بعلاقة رياضية كالتالي:



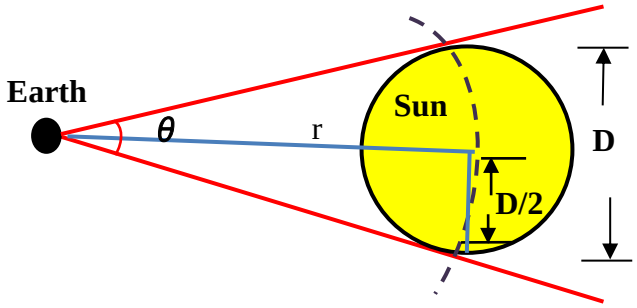
$$\frac{\theta}{360^0} = \frac{D}{2\pi r} \Rightarrow D = \frac{2\pi r\theta}{360^0}$$

$$D = \frac{2\pi\ 384404\ km\ \times 0.5}{360^0} = 3354\ km$$

r هو بعد القمر عن الارض

قياس قطر الشمس

وبنفس بمكن استخراج قطر الشمس $D_\odot$ اذا علمت ان المسافة بينها وبين الارض **r** وذلك بقياس الزاوية θ والتي تبلغ 0.533^0



قياس الزاوية θ

$$tan\frac{\theta}{2}=\frac{D/2}{r}$$

$$\frac{\theta}{2}=tan^{-1}\frac{D}{2r}\Rightarrow\theta=tan^{-1}\frac{D}{r}$$

$$\theta=\frac{1.39\times10^6\,Km}{1.49\times10^6 km}=0.533^0$$

$D_\odot = 2\pi\ r\ \theta\ / 360^0$

بالتعويض عن (r) متوسط المسافة بين الارض والشمس وعن ($\theta = 0.533^0$)

$D_\odot = 2\pi \times 1.49\times10^8 \times 0.533^0 / 360^0 = 1.39\times 10^6$ Km

فان نصف قطر الشمس (R)

$R = D_\odot \div 2 = 6.95\times10^5$ Km

أي ان قطر الشمس أكبر من البعد بين القمر والارض بثلاث مرات تقريبا.

قياس قطر الارض

طريقة إراتوستينس (المعروفة من التاريخ)

وهو عالم يوناني قديم، استخدم طريقة بسيطة وذكية لحساب قطر الأرض من خلال قياس ظل الشمس في موقعين مختلفين على الأرض. إليك الخطوات:

1. في يوم محدد، مثل الانقلاب الصيفي، لاحظ إراتوستينس أن الشمس كانت عامودية تمامًا فوق مدينة أسوان في مصر (أي لم يكن هناك ظل لعصا عمودية). في نفس الوقت، قام بقياس ظل عصا في الإسكندرية.

2. قام بحساب زاوية ميلان الشمس في الإسكندرية عن طريق قياس طول الظل وقسمه على ارتفاع العصا. من هذه القياسات، حسب الزاوية بين أشعة الشمس وسطح الأرض في الإسكندرية والتي كانت حوالي 7.2 درجة.
3. المسافة بين أسوان والإسكندرية كانت معروفة حوالي 800 كيلومتر
4. بما أن الزاوية بين المواقع هي جزء من الدائرة الكاملة (360 درجة)، يمكن استخدام هذه العلاقة لحساب محيط الأرض:

$$\frac{\theta}{360^0} = \frac{\text{المسافة بين المدينتين}}{\text{محيط الارض}}$$

$$\text{محيط الارض} = \frac{360^0 \times 800}{7.2} = 40000\ km$$

وباستخدام علاقة المحيط بالقطر وجد ان قطر الارض هو:

$$\text{القطر} = \frac{\text{المحيط}}{\pi} = \frac{40000km}{3.14} = 12738\ km$$

وهذه القيمة تقريبا نفس المقاسة حاليا عند خط الاستواء.

3.2. كتلة الشمس Solar Mass $M_\odot$

يمكن ان نحسب كتلة الشمس $M_\odot$ باستخدام قانون كبلر الثالث المعدل

$$P^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM_\odot}\right) a^3$$

$$M_\odot = 4\pi^2 \times a^3 / GP^2$$

حيث *(a)* يمثل متوسط البعد الارض عن الشمس$(1.49\times 10^7\ \text{Km})$

(P) زمن دوران الارض حول الشمس (365) يوم أو $(3.157\times10^7 \text{sec})$

$$M_\odot = 4\pi^2 (1.49\times10^{11})^3 / 6.67\times10^{-11}\times (3.157\times10^7)^2 = 1.99\times10^{30}\ \text{Kg}$$

أي ان كتلة الشمس حوالي (334000) مره من كتلة الارض.

وبنفس الطريقة يمكن ان نحسب كتلة القمر

اعداد الدكتور فوزان مجيد قسم الفيزياء

$M_{moon} = 4\pi^2 \times a^3 / GP^2$

a متوسط المسافة بين الأرض والقمر هو حوالي 38400km

P الزمن الدوري (الشهر القمري) هو حوالي 27.32 يومًا أو 2,360,000sec

ملاحظة (الشهر القمري **29.53** يومًا :يعتمد على دورة القمر بالنسبة للشمس، ويُستخدم في حساب الأشهر في التقويم القمري الإسلامي وفي ملاحظة أطوار القمر.

الزمن الدوري لدوران القمر **27.32** يومًا :يعتمد على دورة القمر بالنسبة للنجوم، ويستخدم في الحسابات الفلكية لحركة القمر في مداره.)

$M_{moon} = 4\pi^2 \times (38400)^3 / 6.67\times10^{-11} \times (2,360,000)^2$

$M_{moon} \cong 7.35 \times 10^{22}\ kg$

حساب كتلة الارض

أحد أشهر الطرق لحساب كتلة الأرض هي باستخدام العلاقة بين تسارع الجاذبية على سطح الأرض وثابت الجاذبية العالمي G

$$g = G\frac{M_\oplus}{r_\oplus^2}$$

$$M_\oplus = \frac{gr_\oplus^2}{G} = \frac{9.8\ \frac{m}{s^2} \times (6.371 \times 10^6 m)^2}{6.67 \times 10^{-11}\ \frac{m^3}{kg\ s^2}} \approx 5.97 \times 10^{22} kg$$

كثافة الشمس ρ Solar Density

نقوم عادة بحساب متوسط الكثافة للأجرام السماوية بدلا من الكثافة وذلك لان توزيع مادة الجرم لايكون منتظما في جميع نقاطه ويتم حساب متوسط كثافة الشمس (ρ) كالتالي:

$\rho = M_\odot / V_\odot$

$= 1.99\times 10^{30}$ Kg / 1.41×10^{27} m^3

$= 1411$ Kg / m^3 or 1.4 g / cm^3

أي ان متوسط كثافة الشمس أكبر قليلا من كثافة الماء البالغ $1\ g/cm^3$

درجة الحرارة السطحية للشمس

هنالك عدة طرق لقياس درجة حرارة الشمس السطحية منها:

قانون ستيفان - بولتزمان Stefan-Boltzmann Law

ينص على ان كمية الطاقة الاشعاعية E المنبعثة خلال وحدة الزمن من وحدة مساحة سطحية للجسم المشع تتناسب طرديا مع القوة الرابعة لدرجة الحرارة السطحية المطلقة له وبمكن كتابة القانون على النحو التالي:

$$E = \sigma\ T^4$$

حيث ان:

σ ثابت ستيفان - بولتزمان : $5.67\times 10^{-8}\ J/\ m^2.K^4$ وان T درجة الحرارة المطلقة.

ولقد تم قياس الطاقة الاشعاعية المنبعثة من الشمس لكل متر مربع بالثانية E فوجدت انها تساوي $6.41\times 10^7\ J/\ m^2.s$

$$T = (6.41\times 10^7 / 5.67 \times 10^{-8})^{¼}$$

$$T = 5800\ K$$

أما درجة الحرارة السطحية (T) بالدرجات المئونة فتساوي تقريبا

$$T = 5800 - 237$$

$$\mathbf{T = 5527^0C}$$

حركة الشمس المحورية

تدور الشمس حول محورها كما تدور باقي الاجرام السماوية ونظرا لان الشمس شديدة الحرارة لدرجة ان كتلتها تكون في حالة غازية مما تجعل دورانها حول محورها لايشبه الاجسام الصلبة لذلك فان اجزاءها تدور حول محورها بسرعات متفاوتة ويتراوح فالزمن الدوراني لها بين (25) يوما عند خط الاستواء الشمسي الى (31) يوما قريبا من القطبين وتدور الشمس حول محورها باتجاه عكس عقارب الساعة. فاذا كانت السرعة النسبية لطرف قرص الشمس بالنسبة لمركزها (2 Km/sec) فان $P_\odot$ هو الزمن الدوراني عند خط الاستواء الشمسي

$$P_\odot = 2\ \pi\ R / v = 2\times 3.14\times 6.96\times 10^5 km /\ 2\ Km/sec = 2185440\ sec$$

$P_{\odot}$ = 2185440 sec / 60 * 60 * 24sec/ day= 25 day

الطاقة الشمسية Solar Energy

تتألف الشمس من ٪ 73.4 هيدروجين H و ٪25 هيليوم He وعناصر أخرى مختلفة (كربون و نيتروجين و أكسجين و نيون.... وحديد) .ولقد حدد أينشتاين العلاقة الأساسية التي تحكم تحويل المادة الى طاقة حسب العلاقة:

$E = mc^2$

E الطاقة المتحررة من تحويل كمية من الكتلة m و c سرعة الضوء

ففي باطن الشمس تصل درجة حرارتها الى حوالي 15×10^6 K تتحرر الطاقة النووية الناتجة من تفاعلات إندماجية نووية حيث تحدث سلسلة من تفاعلات نووية تسمى سلسلة بروتون- بروتونpp-chain، وتنتج هذه السلسة من إندماج وإتحاد أربعة نوى من ذرات الهيدروحين (أربعة بروتونات) لتكوين نواة الهليوم، إلا ان الكتلة الكلية لأربعة ذرات من الهيدروجين لا تساوي كتلة ذرة واحدة من الهليوم كما سيتضح من أوزانها الذرية فالهيدروجين وزن ذري (1.008 a.m.u) بينما الوزن الذري للهيليوم 4.003 a.m.u فالفرق بين الذرات الاربعة من الهيدروجين وذرة هيليوم:

$(1.008) \times 4 - 4.003 = 0.029$ a.m.u $= 4.765 \times 10^{-29}$ Kg

$E = mc^2$

$E = 4.765 \times 10^{-29}$ Kg $\times (3 \times 10^8)^2 = 4.28 \times 10^{-12}$ J

وتحويلها لوحدات (eV)

$E = 4.28 \times 10^{-12}$ J $\div 1.6 \times 10^{-19} = 2.68 \times 10^7$ eV = 26.8 MeV

وهذه كمية طاقه كبيره جدا ناتجة من تفاعل اندماجي واحد وتحدث هذه التفاعلات كالتالي:

The p-p chain I

$$^1H + {}^1H \rightarrow {}^2H + e^+ + v$$

$$^{2}H + {}^{1}H \rightarrow {}^{3}He + \gamma$$

$$^{3}He + {}^{3}He \rightarrow {}^{4}He + {}^{1}H + {}^{1}H$$

تطلق سلسلة تفاعل p-p I الكاملة طاقة صافية تبلغ 26.8 MeV. يكون فرع pp I مهيمنًا عند درجات حرارة تتراوح من 10 إلى 14 ميجا كلفن (MK). أقل من 10 ميجا كلفن، لا تنتج سلسلة P-P الكثير من ^{4}He

The p-p chain II

$^{3}He + {}^{4}He \rightarrow {}^{7}Be + \gamma$ **البريليوم (Be)**

$^{7}Be + e^{-} \rightarrow {}^{7}Li + \nu$

$^{7}Li + {}^{1}H \rightarrow {}^{4}He + {}^{4}He$

The p-p chain III

$^{3}He + {}^{4}He \rightarrow {}^{7}Be + \gamma$

$^{7}Be + {}^{1}H \rightarrow {}^{8}B + \gamma$ **البورون (B)**

$^{8}B \rightarrow {}^{8}Be + e^{+} + \nu$

$^{8}Be \rightarrow {}^{4}He + {}^{4}He$