

بسم الله الرحمن الرحيم
الباب الأول – الفصل الأول
المجال الثقالي

فوائد المجال الثقالي:-

- 1- كل الأجسام الكونية ترتبط بقوة جاذبة.
- 2- تعاقب الليل والنهار 3- تعاقب فصول السنة
- دوران الأرض حول محورها ينتج عنه :
- 1-تعاقب الليل والنهار . 2-زيادة ونقصان الظل

تدور الأرض حول محورها الشمالي الجنوبي من الغرب الى الشرق بسرعة 465متر/ث،(تقريباً
 500 متر/ث = نصف كلم/ث)

الظل ينقص بالتدريج اثناء الصباح و يزيد بعد الظهر بسبب دوران الأرض حول محورها .

دوران الأرض حول الشمس ينتج عنه :

- 1- تعاقب فصول السنة 2- تعاقب السنين .

تدور الأرض حول الشمس بسرعة 29.84 كلم/ث (تقريباً30كلم/ث)

دوران الأرض ناتج عن جذب الشمس لها ، بل التجاذب يمتد حتى يشمل التجاذب بين الشمس وكل
 النجوم و المجرات المختلفة في الكون .

المجرة: بلايين من النجوم تشكل منظومة واحدة تدور حول محورها.

نموذج لها: مجرة درب التبانة أو تسمى بمجرة الطريق اللبني.

مجرة درب التبانة:-

تعريفها: هي مجرة تقع فيها المجموعة الشمسية وبها بلايين من النجوم حيث تجري الشمس حول
 مركزها (ومعها كل المجموعة الشمسية).

المجموعة الشمسية :

تعريفها: هي مجموعة كواكب وأقمار وأجسام فلكية أخرى تدور حول الشمس وخاضعة لجاذبيتها.

سرعتها: تدور المجموعة الشمسية حول مجرة درب التبانة بسرعة 250 كلم/الثانية .

زمنها الدوري: تكمل المجموعة الشمسية دورة كاملة حول مركز درب التبانة في 200 مليون سنة أرضية.

أفرادها: تسعة كواكب مرتبة حسب قربها من الشمس (عزام + مذنب) (عطارد - الزهرة - الأرض -

المريخ - المشتري - زحل - أورانوس - نبتون - بلوتو)

• أقربها من الشمس هو عطارد وأبعدها بلوتو.

• أقربها من الأرض هو الزهرة وأبعدها بلوتو.

• أصغرها زمنياً دورياً حول الشمس عطارد وأكبرها بلوتو.

• أصغرها زمنياً دورياً حول المحور هو المشتري وأكبرها الزهرة.

• أكبرها حجماً المشتري وأصغرها بلوتو .

عدد الأقمار حسب قرب الكوكب من الشمس:-

{0 ، 0 ، 1 ، 2 ، 63 ، 34 ، 27 ، 17 ، 1 }

جذب الأرض للأجسام :

عرف المسلمون منذ القرن التاسع للميلاد القوة الناشئة عن جذب الأرض للأجسام وأطلقوا عليها أسم **القوة الطبيعية .**

إسهامات العلماء في المجال التثاقلي :-**أولاً: المسلمين العرب:-**

1- **البيروني** حيث قال : (لا محالة أن الخلاء الذي في باطن الأرض يمسك الناس حواليتها).

2- **الشريف الإدريسي** في كتابه (نزهة المشتاق في إختراق الآفاق) حيث قال : (أن الأرض جاذبة لما عليها بمنزلة حجر المغنطيس الذي يجذب الحديد).

3- **ابن سينا** في كتابه (الإشارات والتنبيهات) حيث ذكر : (قوة التثاقل تتعاضد كلما كبر الجسم).

4- **الخازني** في كتابه (ميزان الحكمة) حيث قال : (الأجسام الساقطة تتجذب نحو مركز الأرض وأن إختلاف الجذب يرجع إلى المسافة بين الجسم الساقط وهذا المركز).

ثانياً: الأوربيين:-

- 1- جاليليو : (الأجسام ذات الكتل المختلفة والتي تسقط من إرتفاع واحد تصل في نفس الزمن إلى الأرض).
- 2- كبلر: إهتم بحركة القمر حول الأرض وحركة الكواكب حول الشمس.
- 3- نيوتن: صاغ قانون التثاقل الكوني في معادلة رياضية عام 1666 م .

القوى المجالية: هي قوى لها خاصية التأثير عن بعد.

أنواع القوى المجالية (القوى في الكون) ثلاثة:

1/ قوة ثقالية 2/ قوى كهرومغناطيسية 3/ قوى نووية

القوى الكهرومغناطيسية نوعان: 1/ القوة الكهربائية
القوى النووية نوعان:-

1/ شديدة: وهي مسئولة عن ربط مكونات النواة.

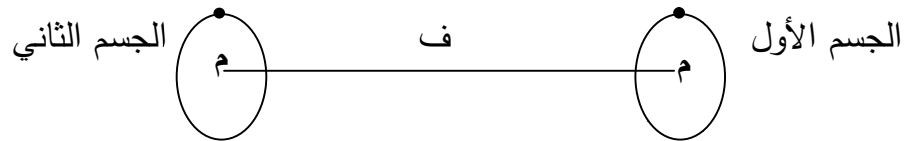
2/ ضعيفة: وهي مسئولة عن النشاط الإشعاعي.

القوى التثاقلية (الجاذبية): أسمائها: ستة:-

- 1- القوة التثاقلية
- 2- القوة الجاذبية
- 3- قوى الجذب العام
- 4- قوى التثاقل (التجاذب)
 - ← الكوني
 - ← المادي
 - ← الكتلي
- 5- قوة الطبيعة
- 6- قوة الوزن.

التعريف (القوة التثاقلية):-

هي قوة التجاذب المتبادلة بين أي كتلتين في الكون تفصل بينهما مسافة (ف) من مركزيهما.



عواملها (عاملان):-

- 1- مقدار الكتلتين {ق₁ ك₁ ق₂ ك₂}
- 2- مربع المسافة الفاصلة من مركزي الكتلتين {ق₁ ك₁ ق₂ ك₂}

$$\frac{ق_1}{ق_2} = \frac{ك_1}{ك_2} ، \frac{ق_1}{ق_2} = \frac{ك_1^2}{ك_2^2}$$

قانون التثاقل الكوني أو قانون الجذب العام لنيوتن :

ينص على : ((أي جسمين كتلتاهما ك₁، ك₂ يتجاذبان بقوة (ق) تتناسب طردياً مع حاصل ضرب كتلتاهما وعكسياً مع مربع المسافة (ف) بين مركزيهما))

والصيغة الرياضية له :

$$Q = \frac{G K_1 K_2}{F^2}$$

حيث :-

ق ≡ قوة التثاقل الكوني وتقاس بالنيوتن

ك₁ ≡ كتلة الجسم الأول وتقاس بالكجم ، ك₂ ≡ كتلة الجسم الثاني وتقاس بالكجم

ج ≡ ثابت التثاقل ويسمى بثابت الجذب العام أو ثابت الجاذبية أو ثابت التثاقل الكوني

$$ج = 6,67 \times 10^{-11} \approx 10^{-11} \times \frac{20}{3}$$

وحدة قياسه: نيوتن.متر²/كجم² = جول.متر/كجم² = متر³/كجم.ث²

(قانون التثاقل الكوني أعلاه يدل على أن الجسم الأول الذي كتلته (ك₁) يجذب أي جسم كتلته (ك₂) بقوة (ق) إذا كانت المسافة بين مركزيهما (ف) كما أن الجسم الثاني يجذب الجسم الأول بنفس القوة)

تحويل الوحدات :-

←	الكلم = 10 ³ متر.	←	
←	السم = 10 ⁻² متر	←	
←	الملم = 10 ⁻³ متر	←	
←	الإنجستروم = 10 ⁻¹⁰ متر	←	(1) المسافة
←	الميكرومتر = 10 ⁻⁶ متر	←	
←	الوحدة الفلكية = 10 ¹⁰ × 15 متر	←	
←	الداين = 10 ⁻⁵ نيوتن	←	
←	الثقل كجم = 9,8 نيوتن	←	(2) القوة
←	الطن = 10 ³ كجم	←	
←	الجرام = 10 ⁻³ كجم	←	(3) الكتلة
←	وحدة الكتل الذرية = 1,66 × 10 ⁻²⁷ كجم	←	

تعريف الوحدات:-

الوحدة الفلكية: هي المسافة بين الشمس والأرض.

السنة الضوئية: المسافة التي يقطعها الضوء في سنة كاملة.

$$1 \text{ سنة ضوئية} = 6300 \text{ وحدة فلكية}$$

النيوتن: القوة التي تكسب جسمًا كتلته 1 كجم تعجيلًا قدره 1 متر/ث².

$$\text{النيوتن} = \text{كجم} \times \text{متر/ث}^2$$

الداين: القوة التي تكسب حيثما كتلته 1 جم تعجيلًا قدره 1 سم/ث².

$$\text{الداين} = \text{جم} \times \text{سم/ث}^2$$

الثقل كجم: القوة التي تكسب جسم كتلته 1 كجم تعجيلًا قدره 9,8 متر/ث².

• الأرض وتوابعها:-

للأرض تابع طبيعي وهو القمر وتوابع صناعية وهي الأقمار الصناعية.

للقمر دورتان :

أ/ دورة حقيقية حول الأرض وتبلغ $27 \frac{1}{3}$ يوم

ب/ دورة ظاهرية حول الأرض وتبلغ 30 يوم وهي ما تسمى بالشهر القمري

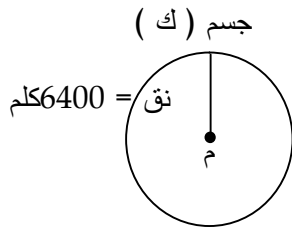
▪ الفرق بين الدورة الظاهرية والحقيقية 2 يوم ناتج من أن القمر يتبع الأرض في دورانها حول الشمس.

• المذنبات: هي أجسام من الصخور والغبار والغازات المتميزة ومن أشهرها.

مذنب هالي: يقترب من الشمس كل 76 سنة وعند إقترابه منها يشكل له ذنب بسبب الرياح الشمسية وبعد إبتعاده من الشمس يخنفي الذنب.

استخدامات قانون التناقل الكوني في إيجاد كل من الآتي:-

- 1- كتلة الأجسام الفلكية مثل كتلة الأرض (ك) .
- 2- عجلة الجاذبية الأرضية للأجسام الفلكية مثل الأرض (د).
- 3- شدة المجال التناقلي (شد).
- 4- الطاقة التناقلية (طو).
- 5- الجهد التناقلي (ج).

**إيجاد كتلة الأرض:-**

من الشكل الهندسي:-

$$و. (وزن الجسم) = ق (قوة التناقل) \quad ك د = \frac{ج ك ك}{نق^2}$$

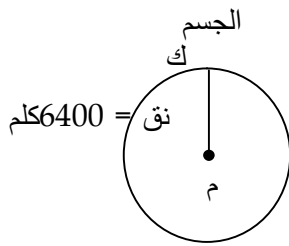
$$ك أ = \frac{د نق^2}{ج} = ك أ , \quad \leftarrow \frac{2(3 \times 10^6 \times 6400) \times 9,8}{11^{-1} \times 10 \times 6.67} = ك أ \approx 6 \times 10^{24} \text{ كجم}$$

إيجاد عجلة السقوط الحر:-

وزن الجسم:- هو قوة جذب الأرض للأجسام. و = ك × د حيث د ≡ عجلة السقوط الحر

عجلة السقوط الحر:-

هي معدل تغير في السرعة بالنسبة للزمن لجسم يسقط سقوطاً حراً في مجال جاذبية المجال التناقلي.

1- إذا كان الجسم على ارتفاع ملامس لسطح الأرض:- (على بعد نق من مركز الأرض)

$$د = \frac{ج ك ك}{نق^2}$$

$$و (الوزن) = ق (التناقل الكوني) \quad ك د = \frac{ج ك ك}{نق^2} = \text{متر/ث}^2$$

$$د = \frac{24 \times 10^6 \times 6 \times 11^{-1} \times 10 \times 6,67}{3 \times 10^6 \times 6400} = د \approx 9,8 \text{ متر/ث}^2$$

2- إذا كان الجسم على ارتفاع (ل) من سطح الأرض (د):-

و (الوزن) = ق (تتاقل الكون)

$$د = \frac{ج ك ك}{ف^2}$$

$$ك د = \frac{ج ك ك}{ف^2}, \quad ف = نق + ل$$

العلاقة بين عجلة الجاذبية عند سطح الأرض (د) وعجلة الجاذبية عند أي ارتفاع (د) :

$$\frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$\frac{\quad}{2} \div \frac{\quad}{1} = \frac{\quad}{\quad}$$

العلاقة بين عجلة الجاذبية عند سطح الأرض (د₁) وعجلة الجاذبية عند أي ارتفاع (د₂) :

$$\frac{\frac{ف_2}{2}}{\frac{ف_1}{1}} = \frac{د_1}{د_2}$$

$$\frac{\frac{ج ك ك}{2}}{\frac{ج ك ك}{1}} = \frac{د_1}{د_2}$$

العلاقة بين الوزن (و) وعجلة الجاذبية (د) :

$$\frac{د}{و} = \frac{د}{و}$$

$$و = ك د ، و = 0 ، ك د = 0 ، \frac{د}{و} = \frac{د}{و} ، \frac{ك د}{و} = \frac{د}{و}$$

العلاقة بين الوزن عند سطح الأرض (و) والوزن عند أي ارتفاع (و) :

$$\frac{د}{و} = \frac{د}{و} ، \frac{د}{و} = \frac{د}{و} ، \frac{د}{و} = \frac{د}{و} ، \frac{د}{و} = \frac{د}{و}$$

العوامل التي عليها عجلة السقوط الحر هي:-

1- كتلة الكوكب .

2- بعد الجسم عن مركز الكوكب .

• ولا تعتمد على كتلة الجسم .

وهذا ما توصل إليه العالم الإيطالي جاليليو من فوق برج بيزا المائل وأثبت ان:

((الأجسام ذات الكتل المختلفة والتي تسقط من إرتفاع واحد تصل إلى الأرض في نفس الزمن))

لأن لها نفس عجلة الجاذبية .

3- إذا كان الجسم ادنى من سطح الأرض:-

كلما غاص الجسم داخل الأرض تتناقص عجلة الجاذبية الأرضية وعندما يصل الجسم إلى مركز الأرض تصبح صفر وينعدم الوزن.

إيجاد شدة المجال الثقالي:-

المجال الثقالي ((مثال له مجال جاذبية الأرض)):-

المجال الثقالي لأي جسم :

هو المنطقة حول هذا الجسم التي يؤثر بها على الأجسام الموجودة فيها .

أو

هو المنطقة التي تحيط بالكتلة المادية من جميع الجهات وتظهر فيها آثار قوة الجذب الثقالية.

خصائص المجال الثقالي:-

ب- إتجاه المجال الثقالي

أ- شدة المجال الثقالي

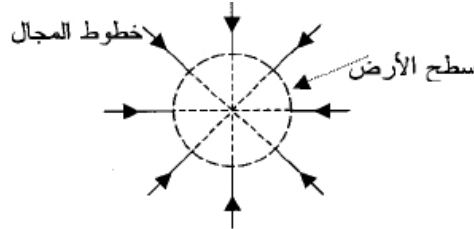
كثافة الفيض الثقالي:-

هو عدد خطوط القوة الثقالية التي تمر عمودياً عبر سطح مساحته وحدة المساحات.

ويقاس بوحدة خط قوة ثقالية/متر²

إتجاه المجال الثقالي: هو إتجاه يبحث عن مركز الكتلة الجاذبة.

خطوط المجال الثقالي بالنسبة للأرض:-



الشكل (1-4) خطوط المجال الثقالي للأرض = خطوط قوة التناقل

خواص خطوط المجال الثقالي :

- 1/ خطوط وهمية
- 2/ تتجه نحو مركز الكوكب
- 3/ خطوط مستقيمة
- 4/ لا تتقاطع
- 5/ تمثل القوة من حيث المقدار والإتجاه .

شدة المجال الثقالي:-

هو قوة التناقل بين كتلة الأرض وبين ما مقداره وحدة الكتلة في نفس النقطة.

$$\text{شد} = \frac{\text{ج ك}}{\text{ف}^2}$$

$$\text{ق} = \frac{\text{ج ك} \cdot \text{ك}_1}{\text{ف}^2} \quad \text{لكن ك}_1 = 1 \text{ كجم وعندها يرمز للقوة بالرمز (شد) .}$$

العلاقة بين شدة المجال الثقالي والقوة الثقالية:

$$\text{ق} = \text{ش} \times \text{ك} , \text{ شد} = \frac{\text{ق}}{\text{ك}}$$

عوامل شدة المجال الثقالي: 1- كتلة الكوكب

2- البعد عن مركز الكوكب

وحدة قياس شدة المجال الثقالي:

$$\text{نيوتن/كجم او متر/ث}^2 \text{ أو جول/كجم} \times \text{متر} , \text{ لأن : شد} = \text{د}$$

طاقة الوضع الثقالية للجسم عند ارتفاع معين (طو) :

هي الشغل المبذول لنقل جسم من مركز الأرض في عكس اتجاه جاذبيتها إلى ذلك الارتفاع.

$$\text{طو} = \frac{-\text{ج ك ك}^2}{\text{ف}}$$

$$\text{طو} = -\text{شغ} , \text{طو} = -\text{ق} \times \text{ف} , \text{طو} = \frac{-\text{ج ك ك}^2}{\text{ف}^2} \times \text{ف} ,$$

وحدة قياس طاقة الوضع الثقالية :-

$$\text{الجول} = \text{نيوتن} \cdot \text{متر} = \text{كجم} \cdot \text{متر}^2/\text{ثانية}^2$$

العوامل التي تعتمد عليها طاقة الوضع الثقالية:-

- 1- كتلة الكوكب 2- البعد عن مركز الكوكب 3- كتلة الجسم

$$\text{طو} = -\text{ق} \times \text{ف}$$

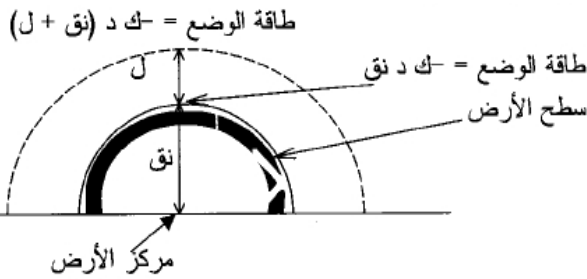
العلاقة بين طاقة الوضع الثقالية والقوة الثقالية:-

$$\text{طو} = -\text{ك} \times \text{د} \times \text{ف}$$

العلاقة بين طاقة الوضع الثقالية وعجلة الجاذبية :

الفرق في طاقة الوضع :

طاقة الوضع على ارتفاع (ل) - طاقة الوضع على سطح الأرض



الشكل (1-5) : الفرق في طاقة الوضع .

$$-\text{ك} \times \text{د} \times (\text{نق} + \text{ل}) - (-\text{ك} \times \text{د} \times \text{نق}) ,$$

$$\text{الفرق في طاقة الوضع} = -\text{ك} \times \text{د} \times \text{ل}$$

طاقة وضع جسم مقارنة مع سطح الأرض = $\text{ك} \times \text{د} \times \text{ل}$

وقد اعتبرت موجبة لتسهيل التعامل مع القانون رغم أنها

نتيجة من شغل سالب ، ولكن اذا سقط الجسم فيقوم بشغل موجب

الجهد الثقالي (ج) :-

هو طاقة الوضع الثقالية لوحدة الكتلة في تلك النقطة.

$$\text{ج} = \frac{-\text{ج ك}^2}{\text{ف}}$$

وحدة قياس الجهد الثقالي:

$$\text{جول/كجم} = \text{نيوتن} \cdot \text{متر/كجم} = \text{متر}^2/\text{ثانية}^2$$

$$\text{ج} = \frac{\text{طو}}{\text{ك}}$$

العلاقة بين الجهد الثقالي (ج) والطاقة الثقالية (طو) : $\text{طو} = \text{ج} \times \text{ك}$ ،

$$\text{ج} = -\text{شد} \times \text{ف}$$

العلاقة بين الجهد الثقالي (ج) وبين شدة المجال الثقالي (شد) :

$$\text{ج} = -\text{د} \times \text{ف}$$

العلاقة بين الجهد الثقالي (ج) وبين عجلة الجاذبية (د) :

$$\text{ج} = \frac{-\text{ق} \times \text{ف}}{\text{ك}}$$

العلاقة بين الجهد الثقالي (ج) وبين القوة الثقالية (ق) :

- كل من طاقة الوضع الثقالية والجهد التناقلي تزدان كلما إرتفع الجسم إلى أعلى.

التحويلات:-

$$\begin{array}{l} \leftarrow \text{الأوج} = 10^{-7} \text{ جول} \\ \leftarrow \text{السعر} = 4,18 \text{ جول} \\ \leftarrow \text{الإلكترون فولت} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ جول} \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{الطاقة}$$

قيم الثوابت:-

- ج \equiv ثابت الجذب العام = $6,67 \times 10^{-11}$ نيوتن.متر²/كجم²
- كأ \equiv كتلة الأرض = 6×10^{24} كجم
- كش \equiv كتلة الشمس = 2×10^{30} كجم
- نق \equiv نصف قطر الأرض = 6400 كلم
- د. \equiv عجلة السقوك الحر على سطح الأرض = 9,8 متر/ث²
- وحدات القياس:-

الكمية الفيزيائية	وحدة القياس
المسافة	متر
الكتلة	كجم = نيوتن×ثانية ² /متر
الزمن	ثانية
القوة	كجم×متر/ثانية ²
الطاقة الثقالية	جول = نيوتن × متر = كجم × متر ² /ثانية ²
الجهد التناقلي	جول / كجم = نيوتن×متر/كجم = متر ² /ثانية ²
ثابت الجذب العام	نيوتن×متر ² /كجم ² = جول×متر/كجم ² = متر ³ /الثانية ² × كجم
عجلة الجاذبية أو شدة المجال التناقلي	نيوتن/كجم = متر/ثانية ²

بسم الله الرحمن الرحيم
الباب الأول – الفصل الثاني

الحركة الدائرية المنتظمة

الحركة الدائرية المنتظمة هي :

هي حركة جسم بانتظام حول محور ثابت.

أو هي حركة جسم في مسار دائري بحيث يقطع أقواساً متساوية في فترات زمنية متساوية ويصنع زوايا متساوية في نفس الفترات المتساوية.

نموذج لها: المراوح والإطارات.

نماذج لحركات بيضاوية (إهليجية):

- 1- حركة الكواكب حول الشمس.
- 2- حركة الإلكترونات حول النواة.
- 3- حركة القمر حول الأرض.
- 4- الأقمار الصناعية حول الأرض.

مصطلحات الحركة الدائرية:- (سبعة):-

1- **الإزاحة المماسية (س):** هي المسافة التي يقطعها الجسم على محيط الدائرة. أو هي طول القوس المقطوع في (ن) ثانية.

2- **السرعة المماسية (ع):**

هي طول القوس المقطوع في واحد ثانية.

أو هي معدل الإزاحة المماسية بالنسبة للزمن.

$$س = ع \times ن \quad \text{متر} \quad ع = \frac{س}{ن} \quad \text{متر/ث}$$

3- **الزاوية المزاحة (هـ):-**

هي زاوية مركزية يصنعها حركة الجسم من مركز الدائرة أثناء سيره على محيط الدائرة.

4- **السرعة الزاوية (w):-**

هي الزاوية المزاحة في واحد ثانية.

أو هي معدل الإزاحة الزاوية بالنسبة للزمن.

$$w = \frac{هـ}{ن} \quad \text{راديان/ثانية}$$

$$هـ = w \times ن \quad \text{راديان}$$

$$\boxed{\frac{س}{نق} = هـ}$$

قانون إيجاد الزاوية المزاحة بالراديان (هـ) :-
 الزاوية المزاحة (هـ) = $\frac{\text{طول القوس (س)}}{\text{نصف القطر (نق)}}$

الراديان :-

هي الزاوية المزاحة التي طول قوسها على محيط الدائرة يساوي نصف قطر تلك الدائرة.

العلاقة بين الدورة والدرجة والراديان:

$$\{ 1 \text{ دورة} = 360 \text{ درجة} = \pi 2 \text{ راديان} \}$$

التحويل من درجة إلى راديان :-

$$\text{مثال حول } 90^\circ \text{ إلى راديان.}$$

$$\text{راديان} \frac{\pi}{2} = \frac{\pi \times 90}{180}$$

العلاقة بين ع و ω :-

$$\frac{س}{نق} = س \quad \frac{س}{نق} = هـ \quad \frac{هـ}{ن} = \omega$$

$$\omega = \frac{ع}{نق} \leftarrow \{ \omega = ع \text{ نق} \}$$

5- الزمن الدوري :-

هو الزمن اللازم لإكمال دورة كاملة.

أو هو الزمن اللازم لقطع مسافة تساوي محيط الدائرة.

$$ع = \frac{س}{ن} \text{ لكن عندما س} = \text{المحيط (نق} \pi 2) \text{ عندها ن} = \text{ز الزمن الدوري.}$$

$$\boxed{\frac{\pi 2}{ز} = \omega} \quad \frac{2\pi \text{ نق}^2}{ز \text{ نق}} = \omega \quad \frac{\pi 2 \text{ نق}}{ز} = ع$$

وعليه نجد أن :-

$$\frac{\pi 2}{\omega} = \frac{\text{محيط الدائرة (نق} \pi 2)}{\text{السرعة المماسية (ع)}} = \frac{\text{زمن الدوران (ن)}}{\text{عددها (عد)}} = \text{الزمن الدوري}$$

وحدة قياس الزمن الدوري هي : الثانية

6- التردد (ذ):-

هو عدد الدورات الكاملة في الثانية.

$$ذ = \frac{1}{ز} \quad \text{نجد أن:}$$

$$\text{التردد (ذ)} = \frac{ع}{ن} = \frac{ع}{\pi^2 \text{نق}^2} = \frac{ع}{\pi^2}$$

وحدة قياسه: دورة/ ثانية وتختصر (هيرتز).

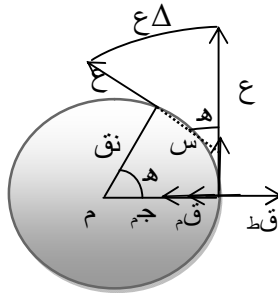
• علاقة (ω) ب (ز) و (ذ):

$$\frac{\pi^2}{ز} = \omega = \pi^2 \text{ذ} = \frac{\pi^2}{ن}$$

الدورة الكاملة: هي رحلة الذهاب والإياب التي يستغرقها الجسم لكي يعود إلى نفس النقطة في نفس اتجاه حركته الإبتدائية.

7- عجلة الجذب المركزية (ج م):-

هي معدل تغير اتجاه السرعة المماسية بالنسبة للزمن لجسم يتحرك في مسار دائري .



عجلة الجذب المركزية:-

$$ج م = \frac{ع^2}{نق} = \omega^2 \text{نق} = ع \times \omega = \frac{2\pi^4}{ز^2} \text{نق} = 2\pi^4 \text{ذ}^2 \text{نق}$$

العوامل التي تعتمد عليها عجلة الجذب المركزية:-

i/ مقدار السرعة المماسية ii/ نصف قطر المسار الدائري

8- قوة الجذب المركزية (ق م):-

هي تلك القوة التي تربط أو تشد الجسم المتحرك على محيط الدائرة بمركز الدائرة هي القوة

اللازمة لبقاء الجسم في حالة دوران وتعمل دوماً في اتجاه نحو مركز الدائرة.

$$ق = ك \times ج م = \frac{ك \times ع^2}{نق} = ك \omega^2 \text{نق} = ك \omega ع = ك \frac{2\pi^4}{ز^2} \text{نق} = ك 2\pi^4 \text{ذ}^2 \text{نق}$$

العوامل التي تعتمد عليها قوة الجذب المركزية:

1- مقدار كتلة الجسم 2- مقدار السرعة المماسية 3- نصف قطر المسار الدائري

9- قوة الطرد المركزية (قظ):-

هي قوة غير أصلية تنشأ كرد فعل لقوة الجذب المركزية وتكون مساوية لها في المقدار ومعاكسة لها في الإتجاه.

ويطلق عليها غير أصلية لأن أثرها لا يظهر إلا في غياب قوة الجذب المركزية. وإتجاهها بعيداً عن مركز المسار الدائري. وتتولد بفعل السرعات العالية في مسارات دائرية.

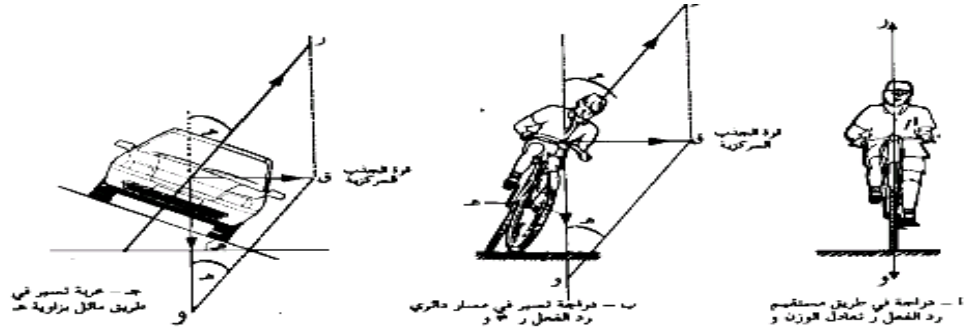
$$\text{قظ} = \frac{\text{ك} \times \text{ع}^2}{\text{نق}} \text{ نيوتن}$$

تستخدم في:-

- 1- في الطب لفرز البلازما عن الدم.
 - 2- في الصناعة لفرز الزبدة عن اللبن.
 - 3- في مصانع السكر لفرز السكر عن المولاص.
- والجهاز المستخدم في الفرز يسمى بالنابذة وهو جهاز يستخدم لفصل المحاليل ذات الكثافة المختلفة.

الحركة الدائرية على سطح الأرض

- الحركة في المنعطفات طرق المرور المائلة على الأفقى بزاوية هي:-



أ/ دراجة في طريق مستقيم (لايوجد ميلان) رد الفعل تعادل الوزن.

$$\text{هـ} = \text{صفر} \quad \text{ظاه} = \frac{\text{ك} \times \text{ع}^2}{\text{نق}} = \frac{\text{ق}}{\text{و}} \quad \text{ظاه} = \text{صفر}$$

$$\text{ق} = \text{و} = \text{قظ} = \text{صفر}$$

ب/ في حالة الدراجة (السيارة) المائلة بزاوية (هـ) على الأفقى:-

$$\text{ق} = \text{ر جا هـ} \quad \text{ق} = \text{ر جا هـ}$$

$$\text{ظاه} = \frac{\text{ق}}{\text{و}}$$

$$\text{ق} = \text{ك} \times \text{ع}^2 \times \text{ظاه}$$

حيث:-

ق \equiv قوة الجذب المركزية الناتجة عن الميلان.

هـ \equiv الزاوية التي يميل بها الجسم مع المحور الأفقي.

تعتمد قوة الجذب الناتجة عن الميلان على:-

1- وزن المركبة
2- ظل زاوية ميلان الطريق على الأفقي

السرعة المناسبة للطريق :

تكون السرعة مناسبة للطريق عندما تولد قوة طرد مركزية مساوية لقوة الجذب المركزية

$$ق_{\text{ط}} = و \text{ ظاه} ، \quad ك \times ع^2 = \frac{ك \times د \times ظاه}{نق}$$

$$ع^2 = نق \times د \times ظاه \quad \boxed{ع = \sqrt{نق \times د \times ظاه}}$$

السرعة المناسبة للطريق وهي تعتمد على:-

1- نصف قطر الطريق المنحني
2- عجلة السقوط الحر

3- ظل زاوية ميلان الطريق على الأفقي

وقد تم رصف طرق المرور السريع في المنحنيات بحيث تميل على المستوى الأفقي بزاوية لإمداد السيارات بقوة الجذب المركزية. ويزداد ميلان الطريق كلما كانت السرعة المسموح بها عالية.

ملخص التعليقات

المجال التناقلي :

1- أن الأجسام ذات الكتل المختلفة و التي تسقط من إرتفاع واحد تصل إلى الأرض في نفس الزمن.

• لأن لها نفس عجلة الجاذبية

2- بالرغم من وجود قوة التناقل بين الأجسام على سطح الأرض إلا أنها تتحرك نحو بعضها .

• لأن قوة جذب الأرض لها كبيرة مقارنة مع قوة التجاذب مع بعضها البعض

3- أكبر عجلة الجاذبية على سطح المشتري .

• لأنه أكبر الكواكب كتلة و عجلة الجاذبية تتناسب طرديا مع كتلة الكوكب

4- إذا طارت طائرة من الغرب إلى الشرق بسرعة أقل من دوران الأرض حول محورها فإن الطائرة لن تسبقها.

• لأن الطائرة جء من الغلاف الجوي للأرض

- 5- أكبر قيمة لوزن الجسم عند سطح الكوكب .
- لأن الوزن يتناسب طردياً مع عجلة الجاذبية و أكبر قيمة لها على سطح الكوكب
- 6- تسقط الأجسام على سطح الأرض ولا تتحرك الأرض نحو الأجسام
- لأن كتلة الأرض كبيرة مقارنة من كتل الأجسام على سطح الأرض
- 7- أكبر قيمة لعجلة الجاذبية عند سطح الكوكب .
- لأن عجلة الجاذبية تتناسب طردياً مع الإرتفاع من مركز الكوكب وحتى سطحه ,

الحركة الدائرية المنتظمة :

- 1- سهولة دوران جسم مربوط في خيط طويل.
- لأن قوة الجذب المركزية تتناسب عكسياً مع نصف القطر الذي هو طول الخيط.
- 2- لا تعتبر قوة الطرد المركزية قوة أصلية.
- لأن أثرها لا يظهر إلى عند غياب قوة الجذب المركزية.
- 3- ترصف طرق المرور السريع في المنحنيات بحيث يكون مستوى سطحها مائلاً نحو مركز المنحنى.
- لكي يولد قوة جذب مركزية تعادل قوة الطرد المركزية الناتجة عن سرعتها العالية.
- 4- تتولد عجلة الجذب المركزية في الحركة الدائرية المنتظمة رغم أن السرعة المماسية ثابتة المقدار.
- لأن العجلة ناتجة من تغيير إتجاه السرعة المماسية بالنسبة للزمن.
- 5- تميل الدراجة النارية نحو مركز المسار الدائري عندما تدخله بسرعة عالية.
- لأن الميلان يمد الدارجة بقوة جذب مركزية تعادل قوة الطرد المركزية الناتجة من سرعتها العالية.
- 6- يقل مقدار عجلة الجذب المركزية كلما كبر نصف قطر المسار الدائري.
- لأنها تتناسب عكسياً مع نصف قطر المسار الدائري.
- 7- بعض السيارات يحدث لها إنقلاب عند إنعطافها رغم وجود ميلان في الطريق.
- لأنها تسير بسرعة أكبر من السرعة المسموح بالسير بها فأدت إلى توليد قوة الطرد مركزية أكبر من قوة الجذب المركزية.
- 9- يهدئ السائق السيارة من سرعتها أثناء إنعطافها.
- حتى لا تولد السرعة قوة طرد مركزية تفوق قوة الجذب المركزية.
- 10- سائق الدراجة النارية عن المنعطف يزيد من ميلانها كلما زادت سرعتها.
- لزيادة قوة الجذب المركزية التي يولدها الميلان.
- 11- عند ملئ جردل به حبل بالماء و ثم تحريكه بسرعة عالية في دائرة رأسية نلاحظ أن الماء لا ينسكب منه عندما يكون الجردل منكساً إلى أسفل.
- لأن السرعة العالية تولد على الجردل قوة طرد مركزية أكبر من قوة وزن الماء.

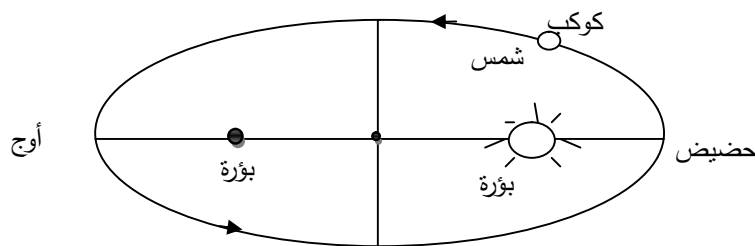
الباب الأول – الفصل الثالث

حركة الكواكب والأقمار الإصطناعية

قوانين كبلر لحركة الكواكب حول الشمس :

قانون كبلر الأول (قانون المدارات) :

ينص على "كل كوكب يتحرك في مدار اهليجي بحيث تكون الشمس في إحدى بؤرتي هذا المدار الاهليجي".



تعريف المصطلحات:

المدار الاهليجي "البيضاوي": هو مسقط الشكل البيضي المنتظم

المحور الأكبر: هو الخط المستقيم الذي يصل بين نقطتين الأوج والحضيض وعليه تقع بؤرتا المدار الاهليجي.

المحور الأصغر : هو الخط المستقيم المار بمنتصف المحر الأكبر و العمودي عليه .

نصف قطر المحور الأكبر: هو المسافة بين نقط تقاطع المحورين وأبعد نقطة على محيط المدار الاهليجي.

نصف قطر المحور الأصغر: هو المسافة بين نقط تقاطع المحورين وأقرب نقطة على محيط المدار الاهليجي.

بؤرتا المدار الاهليجي:

هما نقطتان تقعان على المحور الأكبر في منتصف المسافة بين نقطة تقاطع المحورين وأبعد نقطة على محيط المدار.

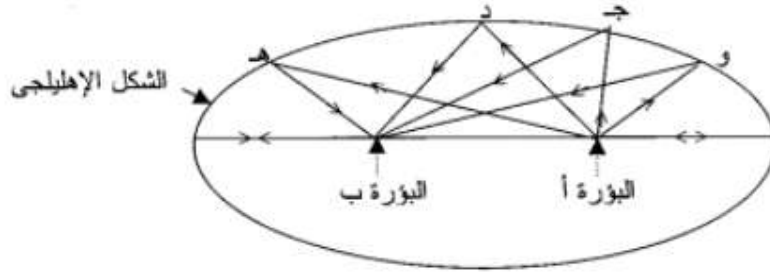
الأوج: هو أبعد نقطة في مدار الكوكب من الشمس وتقع على المحور الأكبر.

الحضيض: هو أقرب نقطة في مدار الكوكب من الشمس وتقع على المحور الأكبر

قاعدة المسافات:

تنص على: "المسافة من إحدى البؤرتين إلى محيط الشكل إلى البؤرة الأخرى ثابتة النقاط على المحيط"

شكلها الهندسي:



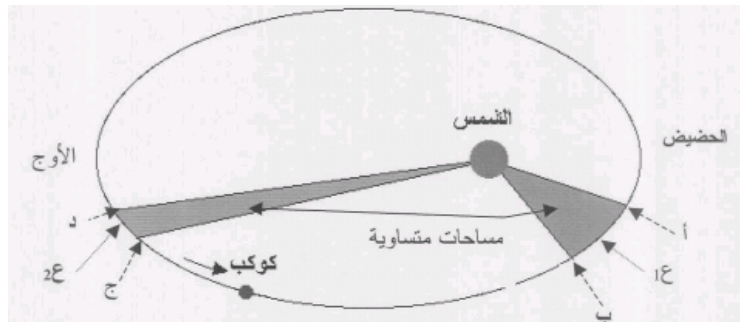
رياضياً:

$$أ ج + ج ب = أ د + د ب$$

متوسط المسافة بين الكوكب والشمس (نق) = $\frac{\text{نصف قطر المحور الأكبر} + \text{نصف قطر المحور الأصغر}}{2}$

قانون كبلر الثاني "قانون المساحات":

ينص على: "الخط الواصل بين الشمس وكل كوكب يرسم مساحات متساوية في أزمنة متساوية"



مساحة الشكل أ ه و = مساحة الشكل ج ه د

وبالتالي الزمن الذي يستغرقه الكوكب للتحرك من ب إلى أ هو نفس الزمن الذي يستغرقه الكوكب للتحرك من د إلى ج

ما يعني أن سرعة الكوكب عند الحضيض أكبر من سرعته عند الأوج { $1ع < 2ع$ }

كلما يقترب الكوكب من الشمس (عند الحضيض) تزداد سرعته وكلما يبتعد عن الشمس (عند الأوج) تقل سرعته ، لأنه عند الحضيض تكون قوة جذب الشمس له كبيرة .

قانون كبلر الثالث (قانون الزمن الدوري) :

ينص على "مكعب متوسط المسافة بين الشمس والكوكب يتناسب طردياً مع مربع الزمن الدوري لكوكب (أي مربع دوران الكوكب حول الشمس)".

$$\text{نق}^3 \propto \text{ز}^2 \quad \text{ن}^2 = 3 \text{ ثابت} \times \text{ز}^2$$

$$\text{ثابت} = \frac{\text{نق}^3}{\text{ز}^2} \quad \text{ووجد أن الثابت} = 3,35 \times 10^{18} \text{ متر}^3/\text{ثانية}$$

$$\frac{\text{نق}^3}{\text{ز}^2} = 3,35 \times 10^{18} \text{ متر}^3/\text{ثانية}$$

البرهان:

شرط تواجد الكوكب في مداره حول الشمس هو:

قوة الطرد المركزية = قوة التناقل بين الكوكب والشمس

$$\frac{\text{ك} \text{ع}^2}{\text{نق}} = \frac{\text{ج ك ش}}{\text{نق}^2} = \text{ع}^2 = \frac{\text{ج ك ش}}{\text{نق}}$$

$$\text{ع} = \text{نق} \times \text{و}, \quad \frac{\pi 2}{\text{ز}} = \text{و}, \quad \frac{\text{ج ك ش}}{\text{نق}} = \text{ع}^2 = \text{نق}^2 \frac{2 \pi 4}{\text{ز}^2} = \frac{\pi 2}{\text{ز}}$$

$$\frac{\text{ج ك ش}}{\text{نق}} = \frac{\text{نق}^3}{\text{ز}^2} = \frac{10 \times 6,67 \times 10^{11} \times 2 \times 10^{30}}{4 \left(\frac{22}{7}\right)^2} = \frac{\text{ج ك ش}}{\pi 4} = \frac{\text{نق}^3}{\text{ز}^2}$$

تطبيقات على قانون كبلر الثالث :

1/ إيجاد كتلة الشمس:

$$\text{ك ش} = \frac{4 (3,13)^2 \times 10^{18} \times 3,35}{10^{11} \times 6,67} = 2 \times 10^{30} \text{ كجم}$$

كتلة الشمس تساوي تقريباً 333333 مرة كتلة الأرض

2/ ينطبق على دوران القمر الاتصالات حول الأرض على ارتفاع (ف) من مركز الأرض:

$$\frac{\text{ف}^3}{\text{ز}^2} = \frac{\text{ج ك أ}}{\pi 4} = 10^{13} \text{ متر}^3/\text{ثانية}^2$$

3/ يكتب قانون كبلر بمقارنة حركة كوكبين حول الشمس على الصورة:

$$\frac{\text{نق}_1^3}{\text{ز}_1^2} = \frac{\text{نق}_2^3}{\text{ز}_2^2}$$

4/ إيجاد متوسط المسافة بين الشمس والأرض:

$$\text{نق}^3 = 3,35 \times 10^{18} \times \text{ز}^2$$

والأرض تكمل دورة حول الشمس في سنة

$$\text{ز} = 365,24 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ ثانية}$$

$$\text{نق} = \sqrt[3]{(60 \times 60 \times 24 \times 365,24) \times 10^{18} \times 3,35}$$

$$\text{نق} = 149,5 \times 10^9 \text{ متر} = 150 \text{ مليون كيلو متر} = \text{واحد وحدة فلكية}$$

الوحدة الفلكية: هي المسافة بين الشمس والأرض

5/ إيجاد متوسط المسافة بين الأرض والقمر:

$$\text{نق}^3 = 10^{13} \times \text{ز}^2$$

والقمر يكمل دورة حول الأرض في $27 \frac{1}{3}$ يوم وبالتالي الزمن الدوري بالثواني:

$$\text{ز} = 27,3 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ ثانية}$$

$$\text{نق} = \sqrt[3]{(60 \times 60 \times 24 \times 27,3) \times 10^{13}}$$

$$= 38 \times 10^7 \text{ متر}$$

$$= 38 \times 10^4 \text{ كيلو متر} = 380 \text{ الف كيلو متر}$$

أي أن المسافة بين الشمس والأرض تعادل 400 مرة تقريباً بعد القمر عن الأرض

6/ سرعة الأرض في مدارها حول الشمس:

طول مدار الأرض حول الشمس = 2π نق

$$= 2 \times 3,14 \times 699 \times 10^6 = 936 \times 10^6 \text{ كيلومتر}$$

متوسط سرعة الأرض في مدارها حول الشمس (المحيط) :

$$ع = \frac{\text{المحيط}}{\text{الزمن الدوري}} = \frac{936 \times 10^6}{10 \times 3,15} = 29,66 \times 10^3 \text{ متر/ث}$$

$$ع = 29,6 \text{ كم/ث} = 30 \text{ كم/ث} \#$$

7/ سرعة دوران الأرض حول نفسها:

$$ع = \frac{\text{المحيط}}{\text{الزمن الدوري}} = \frac{2\pi \text{ نق}}{24 \times 60 \times 60} = \frac{2 \times 3,14 \times 64 \times 10^5}{24 \times 60 \times 60}$$

$$ع = 465 \text{ متر/ث} = 500 \text{ متر/ث} = \frac{1}{2} \text{ كلم/الثانية}$$

أي أن سرعة دوران الأرض حول محورها 465متر/ث أكبر من سرعة الصوت في الهواء 340متر/ث تقريباً.

الأقمار الاصطناعية

هي عبارة عن أجهزة مصممة لأغراض معينة تدور على ارتفاعات مختلفة عن الأرض ، ويمكن أحياناً وضعها في مدارها بواسطة صواريخ وأحياناً تحمل في السفن الفضائية لوضعها في مداراتها.

الأقمار الاصطناعية نوعان:

أ/ أقمار على ارتفاعات منخفضة (من ارتفاع 300 إلى 1000 كلم أو أكثر) ومنها أقمار التجسس ومن استخداماتها:

1. نقل صور المنشآت العسكرية (بواسطة أقمار التجسس).
2. التصنت على المحادثات اللاسلكية (أقمار التجسس).
3. تصوير ودراسة سطح الأرض وثرواتها.
4. الإرساد الجوي وتصوير السحب وحركة الرياح.
5. تحديد موضع إنسان معين على سطح الأرض بواسطة أقمار (GPS)

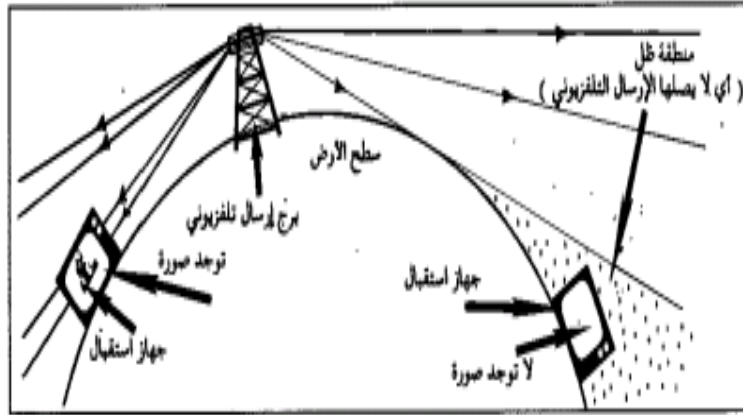
ب/ أقمار على ارتفاعات مرتفعة (36000 كلم) عن سطح الأرض ومنها أقمار الاتصالات ومن استخداماتها:

- 1/ البث التلفزيوني
- 2/ البث الإذاعي
- 3/ نقل المكالمات الهاتفية

شروط وضع قمر الإتصالات :

- 1- أن توضع على ارتفاع 36000 كلم فوق سطح الأرض .
- لكي يصبح الزمن الدوري لها نفس زمن دوران الأرض حول محورها
- 2- أن تدور حول الأرض من الغرب إلى الشرق .
- لكي يكون إتجاه دورانها حول الأرض هو نفس إتجاه دوران الأرض حول محورها
- 3- أن توضع فوق خط الاستواء .
- لأنه لا تتوفر الإستدارة الكاملة للأرض إلا عند خط الإستواء .
- لذلك يبدو القمر الإصطناعي عل نقطه ثابتة فوق سطح الأرض ، لأنه يدور مع الأرض بنفس الإتجاه و الزمن الدوري للأرض حول محورها .

تستخدم أقمار الاتصالات بدلاً عن أبراج الاتصالات:



لأن من عيوب أبراج الاتصالات:

1. إشعاعها الكهرومغناطيسي ينتشر في خطوط مستقيمة ولا ينحني مع إنحناء سطح الأرض لذلك لا يصل إلى أجهزة الاستقبال التي توجد على مسافة أكثر من 60 كلم مما تجعل تلك الأجهزة واقعة في منطقة ظل.
2. لتغطية كل سطح الأرض بإشعاعها الكهرومغناطيسي يجب تكرار تلك الأبراج كل 60 كلم وهذا يكلف الدول مادياً.
3. إشعاعها الكهرومغناطيسي لا يصل لمسافات بعيدة لأنه تعترض طريقه الجبال والمباني الشاهقة فتمتص جزء كبير من طاقته.

حساب ارتفاع قمر الاتصالات:

$$10^{13} = \frac{\text{نق}^3}{2^z} \quad \text{ز} = 60 \times 60 \times 24 = 86400 \text{ ث}$$

$$\begin{aligned} \text{نق} &= \sqrt[13]{10^{13} \times 2^{86400}} \\ \text{ل} &= \sqrt[17]{10^{17} \times 2^{86400}} = 6400000 - \sqrt[17]{10^{17} \times 2^{86400}} \\ \text{ل} &= 36000 \text{ كلم} \end{aligned}$$

كيفية إطلاق الأقمار الاصطناعية من سطح الأرض:

يتم ذلك عادة بواسطة صاروخ متعدد المراحل (عادة 3 مراحل) بحيث لا تقل سرعة مرحلته الأخيرة عن 8 كلم/ث وتسمى السرعة الحركية أو السرعة الكونية أو السرعة الفلكية الأولى.

السرعة الفلكية الأولى: (1ع)

هي أقل سرعة تسمح للقمر الاصطناعي بأن يكون مساراً دائرياً حول الأرض دون أن يسقط.

▪ ولكي يدور القمر الاصطناعي حول الأرض في مدار دائري لا بد من أن تتساوى قوة الطرد

المركزية اللازمة للدوران حول الأرض مع قوة التثاقل الكوني بين هذا القمر والأرض.

$$ق = \frac{ك ع^2}{ف} = \frac{ج ك أ}{ف^2} = ع^2 = \frac{ج ك أ}{ف}$$

$$ع = \sqrt{\frac{ج ك أ}{ف}} = \sqrt{د ف} \text{ ولكن } ف = ن ق$$

س

$$ع = \sqrt{\frac{24 \cdot 10 \times 6 \times 11 \cdot 10 \times 6,67}{6 \cdot 10 \times 6,4}} = 8000 \text{ متر/ث} = 8 \text{ كلم/ث}$$

طريقة أخرى:

$$ع = \sqrt{د ف} = \sqrt{6 \cdot 10 \times 6,4 \times 9,8} = 8000 \text{ متر/ث} = 8 \text{ كلم/ث}$$

▪ السرعة لا تتوقف على كتلة القمر الاصطناعي ولكن الكتلة الكبرى تحتاج إلى صاروخ أقوى.

▪ السرعة إذا قلت عن 8 كلم/ث يسقط إلى الأرض وإذا كانت تساوي 8 كلم/ث يدور في مسار

دائري وإذا زادت عن 8 كلم/ث يصبح المدار اهليجياً وإذا وصل إلى 11 كلم يفلت من مجال

الجاذبية الأرضية وتسمى بسرعة الإفلات أو السرعة الكونية الثانية أو سرعة الهروب أو

سرعة الانعتاق أو السرعة الفلكية الثانية.

السرعة الفلكية الثانية: (2ع)

هي السرعة اللازمة لصاروخ ينطلق من الأرض للإفلات من مجال التثاقل الأرضي

▪ لكي يفلت القمر من الجاذبية لابد من طاقة حركة أكبر من أو تساوي طاقة الوضع

$$\sqrt{2} = \frac{\sqrt{2JK}}{F} = \sqrt{2} \quad \sqrt{2} = \sqrt{2} \quad \sqrt{2} = \sqrt{2}$$

البرهان: حسب قانون حفظ الطاقة :

طاقة الإطلاق = طاقة الإفلات

$$\begin{aligned} (ط + ح) \text{ إطلاق} &= (ط + ح) \text{ إفلات} \\ \frac{1}{2} ك ع^2 - \frac{ج ك أ}{2} &= \frac{1}{2} ك ع^2 - \frac{ج ك أ}{2} \\ \frac{ج ك أ}{2} &= \frac{ج ك أ}{2} \end{aligned}$$

$$\sqrt{2} = \frac{\sqrt{2JK}}{F} = \sqrt{2} \quad \sqrt{2} = \sqrt{2} \quad \sqrt{2} = \sqrt{2}$$

السرعة الفلكية الثالثة:

هي سرعة الإفلات من جاذبية الشمس وبالتالي الخروج من المجموعة الشمسية.