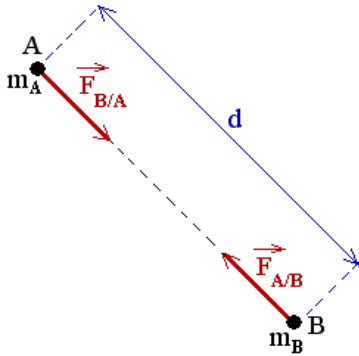


نص قانون التجاذب الكوني:

تتجاذب الأجسام بسبب كتلتها، فيطبق بعضها على البعض قوى تأثير تجاذبي.

الصيغة الرياضية للقانون:

نعتبر جسمان نقطيان A و B كتلتها على التوالي  $m_A$  و  $m_B$ ، وتفصل بينهما المسافة  $d = AB$ ، يحدث بين هاذين الجسمين تأثير بيني قوتاه  $\vec{F}_{A/B}$  و  $\vec{F}_{B/A}$  لهما المميزات التالية:



لهما نفس خط التأثير.

منحنيان متعاكسان.

لهما نفس الشدة، التي نعبّر عنها بالعلاقة التالية:

$$F_{A/B} = F_{B/A} = G \frac{m_A m_B}{d^2}$$

تسمى  $G$  ثابتة التجاذب الكوني، وقيمتها في النظام العالمي للوحدات هي:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$

ملحوظة

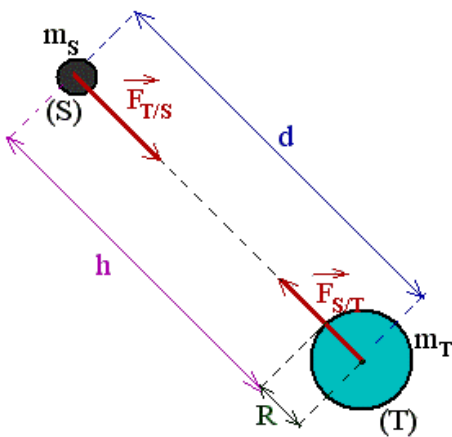
1. يجب الانتباه جيدا إلى الوحدات عند إنجاز التطبيق العددي لحساب شدة القوة المشتركة بين قوتي

التجاذب الكوني، حيث المسافة  $d = AB$  بالمتر (m) و الكتلة بالكيلوغرام (kg).

2. نقطة تأثير القوة  $\vec{F}_{A/B}$  في مركز الجسم B ونقطة تأثير القوة  $\vec{F}_{B/A}$  في مركز الجسم A.

التأثير البيني للأرض وجسم نقطي:

بالنسب لتأثير بيني بين الأرض وجسم نقطي ذي توزيع كروي للكتلة لدينا:



$$F_{T/S} = F_{S/T} = G \frac{m_s M_T}{d^2}$$

نضع:  $d = R + h$

و بالتالي:

$$F_{T/S} = F_{S/T} = G \frac{m_s M_T}{(R + h)^2}$$

علما أن:

$R = 6400 \text{ km}$  شعاع الأرض وقيمته

$$M_T = 6.10^{24} \text{ kg} \text{ كتلة الأرض وقيمتها}$$

### تعريف وزن جسم

الفرق البسيط بين وزن جسم على سطح الأرض، وشدة قوة التجاذب الكوني المطبقة عليه من طرف الأرض، يرجع لدوران هذه الأخيرة حول محورها.

ويإهمال تأثير دوران الأرض حول نفسها، فإن وزن جسم (S) كتلته  $m$  يوجد على ارتفاع  $h$  من سطح الأرض يساوي شدة قوة التجاذب التي تؤثر بها الأرض على الجسم (S).

$$\vec{P}_h = \vec{F}_{T/S}$$

تعبير الثقالة عن ارتفاع  $h$  من سطح الأرض:

$$\vec{P}_h = \vec{F}_{T/S} \quad \text{لدينا:}$$

$$m \cdot g_h = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)^2} \quad \text{أي:}$$

$$(*) \quad g_h = G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \quad \text{إذن شدة الثقالة على ارتفاع } h \text{ من سطح الأرض هي:}$$

شدة الثقالة عندما يوجد الجسم (S) على سطح الأرض ( $h=0$ )

$$(**) \quad g_0 = G \cdot \frac{M_T}{R_T^2}$$

$$\frac{g_h}{g_0} = \frac{G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2}}{G \cdot \frac{M_T}{R_T^2}} \quad \text{من خلال العلاقتين (*) و (***) نستنتج أن:}$$

$$g_h = g_0 \cdot \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$$

وبالتالي:

### ملحوظة:

تتغير شدة الثقالة  $g_h$  حسب قيمة الارتفاع  $h$ ، فكلما ازدادت قيمة  $h$  كلما نقصت قيمة  $g_h$ .

سلم المسافات:

## 1- رتبة القدر:

### تعريف:

نعرف رتبة القدر كمية ما، بكتابة هذه الكمية على الشكل التالي:  $a \cdot 10^n$  بحيث:  $1 \leq a < 10$  و  $n$  عدد صحيح. ويسمى العدد  $10^n$  رتبة قدر كمية ما.

### ملحوظة:

عندما تكون  $a < 5$ , تكون رتبة القدر هي  $10^n$ .

عندما تكون  $a > 5$ , تكون رتبة القدر هي  $10^{n+1}$ .

الفائدة من رتبة القدر، هي تحديد موضع مسافة على سلم المسافات، وبالتالي مقارنتها مع مسافات أخرى.

### أمثلة:

✓ ارتفاع جبل تبقال هو  $h = 4,6 \text{ km}$

نكتب:  $h = 4,6 \text{ km} = 4600 \text{ m} = 4,6 \times 10^3 \text{ m}$

نقول إن رتبة قدر ارتفاع جبل تبقال هي  $10^3$ .

✓ قد نملة هو  $d = 2 \text{ mm}$

نكتب:  $d = 2 \text{ mm} = 0,002 \text{ m} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$

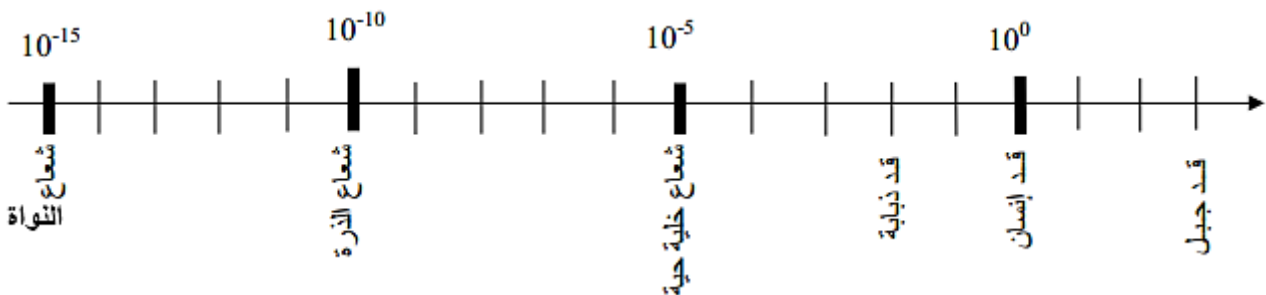
نقول إن رتبة قدر قد نملة هي  $10^{-3}$ .

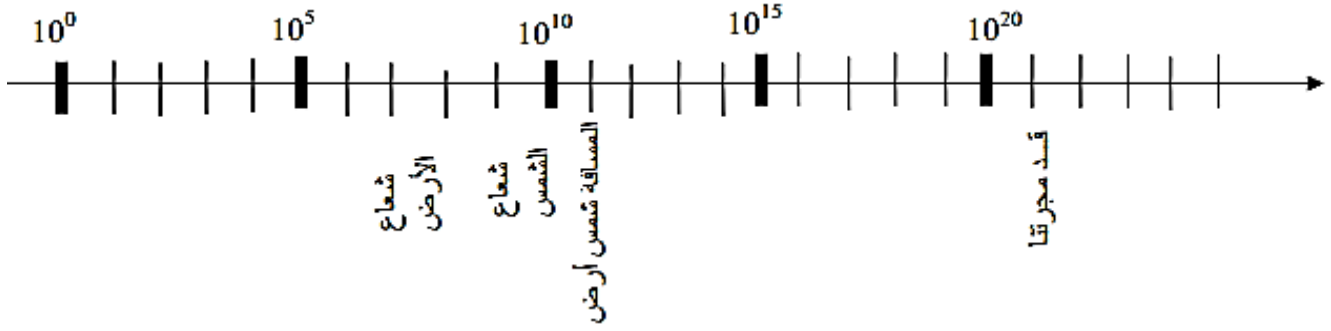
✓ مقارنة ارتفاع جبل تبقال  $h$  وقد نملة  $d$ .

نكتب:  $\frac{h}{d} = \frac{4,6 \times 10^3}{2 \times 10^{-3}} = \frac{4,6}{2} \times 10^3 \times 10^3 = 2,3 \times 10^6$

نقول أن  $h$  و  $d$  يختلفان بما قيمته 6 رتب قدر.

## 2- محور سلم المسافات:





### ملحق وحدات المسافة

#### مضاعفات المتر و أجزائه:

| أجزاء المتر        |                    |                    |                     |                     |                     | مضاعفات المتر     |                   |                   |                    |                    |                    |
|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| mm                 | μm                 | nm                 | pm                  | fm                  | am                  | Km                | Mm                | Gm                | Tm                 | Pm                 | Em                 |
| milli              | micro              | nano               | pico                | fémto               | atto                | Kilo              | Méga              | Giga              | Téra               | Pétra              | Exa                |
| 10 <sup>-3</sup> m | 10 <sup>-6</sup> m | 10 <sup>-9</sup> m | 10 <sup>-12</sup> m | 10 <sup>-15</sup> m | 10 <sup>-18</sup> m | 10 <sup>3</sup> m | 10 <sup>6</sup> m | 10 <sup>9</sup> m | 10 <sup>12</sup> m | 10 <sup>15</sup> m | 10 <sup>18</sup> m |

#### الوحدة الفلكية

هي المسافة المتوسطة الفاصلة بين الأرض والشمس:  $1 \text{ u.A} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km}$   
 السنة الضوئية: هي المسافة التي يقطعها الضوء خلال سنة بالسرعة  $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ويرمز لها بـ (AL).

### تمرين محلول رقم 1

1- نعتبر جسمين نقطيين A و B كتلتيهما على التوالي  $m_A = 1 \text{ kg}$  و  $m_B = 4 \text{ kg}$  تفصل بينهما المسافة  $d = 2 \text{ m}$ .

1-1 ذكر بقانون التجاذب الكوني ؟

2-1 اوجد مميزات قوة التجاذب بين A و B ؟

نعطي قيمة التجاذب الكوني  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$

2- نعتبر الأرض كروية الشكل شعاعها  $R_T = 6400 \text{ km}$  وكتلتها  $M_T$

1-2 أعط شدة الثقالة  $g_0$  على سطح الأرض بدلالة  $R_T$  ,  $M_T$  و  $G$  ؟

2-2 أعط شدة الثقالة  $g$  على علو  $h$  من سطح الأرض بدلالة  $R_T$  ,  $h$  و  $g_0$  ؟

3-2 ما هو وزن جسم (C) على ارتفاع  $h = 6400 \text{ km}$  من سطح الأرض علما ان وزنه على سطح الأرض

$P_0 = 800 \text{ N}$  ؟ ماذا تستنتج ؟

3- نعتبر كوكبا اصطناعيا (S) موجود على المحور (ارض- قمر) على المسافة  $d_L$  من مركز القمر بحيث تنعدم

شدة مجموع القوى المطبقة على (S) من طرف الأرض و القمر...

أوجد المسافة  $d_L$  علماً أن المسافة الفاصلة بين الأرض والقمر هي  $d = 38.10^4 \text{ km}$   
نعطي:  $M_T = 18M_L$  حيث  $M_L$  كتلة القمر.

### حل التمرين

1-1 جسمان A و B كتلتها على التوالي  $m_A$  و  $m_B$  وتفصل بينهما المسافة  $d$  يطبق احدهما على الآخر قوة

$$F = G \frac{m_A m_B}{d^2} \quad \text{تجاذب عن بعد تسمى قوة التجاذب الكوني نعبر عنها بالعلاقة:}$$

2-1 مميزات قوة التجاذب بين A و B

- نقطة التأثير : A أو B

- الاتجاه : المستقيم المار من A و B

- المنحى : من A نحو B أو من B نحو A

$$\text{- الشدة : } F = G \frac{m_A m_B}{d^2} \quad \text{ت-ع } F = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N}$$

$$g_0 = G \frac{M_T}{R_T^2}$$

2-2 1 شدة الثقالة على سطح الأرض :

$$g_h = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$$

2-2 شدة الثقالة على ارتفاع  $h$  :

من خلال جواب السؤال (1-2) لدينا  $g_0 \cdot R_T^2 = G \cdot M_T$

$$g_h = g_0 \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2} \quad \text{إذن :}$$

2-3 وزن الجسم (C) على سطح الأرض :  $P_0 = mg_0 = 800 \text{ N}$

$$P_h = m \cdot g_h = m \cdot g_0 \cdot \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2} = P_0 \cdot \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2} \quad \text{وزن الجسم على ارتفاع } h$$

ت-ع  $P_h = 200 \text{ N}$  نستنتج انه كلما ارتفع جسم ما عن سطح الأرض نقص وزنه  
3- لدينا :

$$F_{T/S} = F_{L/S} \Leftrightarrow G \frac{M_T m_S}{(d - d_L)^2} = G \frac{M_L m_S}{d_L^2} \Leftrightarrow \frac{(d - d_L)^2}{d_L^2} = \frac{M_T}{M_L} = 18$$

إذن:

$$\frac{d - d_L}{d_L} = 3\sqrt{2} \Leftrightarrow d - d_L = 3\sqrt{2} \cdot d_L \Leftrightarrow d = (1 + 3\sqrt{2}) d_L \Leftrightarrow d_L = \frac{d}{1 + 3\sqrt{2}}$$

$$d_L = 7,24 \cdot 10^4 \text{ km} \quad \text{ت-ع}$$

## تمرين محلول رقم 2

تنجز مركبة فضائية كتلتها  $m_s$  مدارا دائريا شعاعه  $r_s$  ومركزها مركز الأرض ذات الكتلة  $M_s$  والشعاع  $R_s$   
 1- عبر بدلالة  $G$ ،  $M_T$ ،  $m_s$  و  $R_T$  عن الشدة المشتركة  $F_0$  لقوتي التأثير البيئي التجاذبي بين الأرض  
 والمركبة عندما تكون هذه الأخيرة على سطح الأرض .

2- عبر بدلالة  $G$ ،  $M_T$ ،  $m_s$  و  $r_s$  عن الشدة  $F$  لقوتي التأثير البيئي التجاذبي بين الأرض والمركبة عندما  
 تكون هذه الأخيرة في مدارها .

3- حدد الارتفاع الذي توجد عليه المركبة عندما تكون  $F = \frac{F_0}{16}$  نعطي  $R_T = 6378 \text{ m}$

## حل التمرين

1- الشدة المشتركة لقوتي التأثير البيئي التجاذبي بين الأرض والمركبة على سطح الأرض :  $F_0 = G \frac{m_s M_T}{R_T^2}$

2- الشدة المشتركة لقوتي التأثير البيئي بين الأرض والمركبة عندما تكون هذه الأخيرة في مدارها

$$F = G \frac{m_s M_T}{r_s^2}$$

3- ليكن  $h$  الارتفاع الذي توجد عليه المركبة بحيث  $F = \frac{F_0}{16}$  نكتب إذن :  $r_s = R_T + h$

$$F = \frac{F_0}{16} \Rightarrow G \frac{m_s M_T}{r_s^2} = G \frac{m_s M_T}{16 R_T^2} \Rightarrow G \frac{m_s M_T}{(h + R_T)^2} = G \frac{m_s M_T}{16 R_T^2} \quad \text{لدينا :}$$

وباستعمال عملية الاختزال نحصل على :  $(R_T + h)^2 = 16 R_T^2 \Leftrightarrow R_T + h = 4 R_T \Leftrightarrow h = 3 R_T$

$$h = 19134 \text{ km} \quad \text{ت-ع}$$



لمزيد من الدروس والتمارين والفروض زوروا باستمرار موقعنا الإلكتروني لعلوم  
 الرياضيات والفيزياء

[www.maths-physique.com](http://www.maths-physique.com)

[www.maths-physique.com](http://www.maths-physique.com)