

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
الجزء المشترك
الفيزياء جزء الميكانيك

التجاذب الكوني

la gravitation universelle

المحور الأول:
التأثيرات البنائية
الوحدة 1
3 س

1- سلم المسافات :

1-1- الكتابة العلمية ورتبة القدر :

1-1-1- الكتابة العلمية :

الكتابة العلمية لعدد تكتب على الشكل التالي : $N = a \cdot 10^n$ بحيث a عدد عشري ($1 \leq a < 10$) و n عدد صحيح نسبي .

1-1-2- رتبة قدر :

رتبة قدر كمية ما هي أس عدد عشرة الأقرب إلى قيمة هذا المقدار .
إذا كان $a < 5$ فإننا نعتبر $a \approx 1$ وبالتالي تكون رتبة القدر هي 10^n .
إذا كان $a > 5$ فإننا نعتبر $a \approx 10$ وبالتالي تكون رتبة القدر هي 10^{n+1} .

1-1-3- نشاط :

نعتبر الأبعاد المدونة في الجدول أسفله :

رتبة قدر المقدار	القيمة على شكل $a \cdot 10^n$ مع $1 \leq a < 10$ و n عدد صحيح	القيمة	أمثلة
10^0 m	$1,20 \cdot 10^0$ m	1,20 m	عرض باب قاعة
10^{-3} m	$4 \cdot 10^{-3}$ m	4 mm	قد نملة
10^2 m	$1,80 \cdot 10^2$ m	180 m	ارتفاع صومعة حسان
10^3 m	$4,16 \cdot 10^3$ m	4,16 km	ارتفاع جبل توبقال
10^{-7} m	$1,00 \cdot 10^{-7}$ m	100 nm	قد فيروس الزكام
10^{-5} m	$7 \cdot 10^{-6}$ m	7 μ m	قطر كرية دم حمراء
10^7 m	$1,2800 \cdot 10^7$ m	12800 km	قطر كوكب الأرض
10^{22} m	$2,3 \cdot 10^{22}$ m	$23 \cdot 10^{18}$ km	المسافة بين الأرض ومجرة الأندروميد
10^{11} m	$1,50 \cdot 10^{11}$ m	$150 \cdot 10^9$ m	المسافة بين الأرض والشمس

إملاء هذا الجدول إذا علمت أن رتبة قدر مقدار معين هي أس عدد عشرة الأقرب إلى قيمة هذا المقدار .
وفي حالة $a < 5$ تكون رتبة القدر هي 10^n أما إذا كانت $a > 5$ تكون رتبة القدر 10^{n+1} .

الفائدة من رتبة القدر :

تحديد موضع المسافة على سلم المسافات وبالتالي مقارنتها مع مسافات أخرى .
مقارنة مسافتين مختلفتين : حيث نقول إن مسافتين تختلفان بما قيمته n رتبة قدر إذا كان خارج قسمة المسافة الأكبر على المسافة الأصغر هو $a \cdot 10^n$.

مثال : قارن اختلاف قطر كرية دم حمراء $d_1 = 7 \mu\text{m}$ مع قطر كوكب الأرض $d_2 = 12800 \text{ km}$ لدينا $\frac{d_2}{d_1} = \frac{1,280 \cdot 10^7}{7 \cdot 10^{-6}} = 1,83 \cdot 10^{12}$ إذن d_2 و d_1 تختلفان بما قيمته 12 رتب قدر .

2-1- الأرقام المعبرة:

الأرقام المعبرة لعدد هي الأرقام المستعملة في كتابة العدد انطلاقاً من اليسار وابتداءً من الرقم الأول المخالف للصفر .

العدد	1,56	1,506	0,56	0,560	0,013	$4,5 \cdot 10^2$
عدد الأرقام المعبرة	3	4	2	3	2	2

مثال:

ملحوظة:

- ❖ يتعلق عدد الأرقام المعبرة بدقة القياس . فمثلاً 2,30 أدق من 2,3 .
- ❖ تكتب نتيجة عملية الضرب أو قسمة قيم مقادير باستعمال أقل عدد من الأرقام المعبرة المستعملة . فمثلاً : $1,2 \times 3,63 = 4,356$ تكتب نتيجتها على شكل $4,4 \approx 1,2 \times 3,63$.
- أو $\frac{55,8744}{6,2} = 9,012$ تكتب نتيجتها على شكل $9,0 \approx \frac{55,8744}{6,2}$.
- ❖ تكتب نتيجة عملية الجمع أو الطرح لقيم مقادير باستعمال أقل عدد من الأرقام المعبرة العشرية المستعملة . فمثلاً : $1,2 + 3,63 = 4,83$ تكتب نتيجتها على شكل $4,8 \approx 1,2 + 3,63$.

3-1- محور سلم المسافات:

1-3-1- وحدات المسافة:

وحدة المسافة في النظام العالمي للوحدات (ن ع) هي المتر
رمزه **m** .

في المجال الفلكي نستعمل وحدات أخرى :

الوحدة الفلكية **U.A** : هي المسافة المتوسطة الفاصلة بين الأرض و الشمس حيث

$A = 150 \cdot 10^6 \text{ km}$.

السنة الضوئية **A.L** : هي المسافة التي يقطعها الضوء خلال سنة بالسرعة

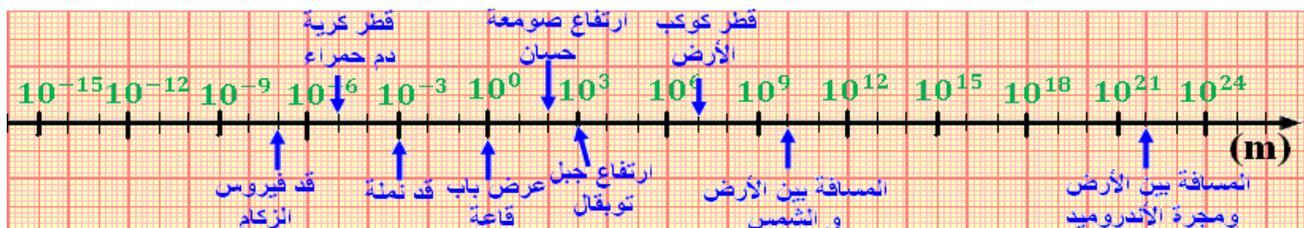
حيث $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$1A.L = 9,5 \cdot 10^{15} \text{ m}$.

أجزاء المتر			مضاعفات المتر		
القيمة	الرمز	الاسم	القيمة	الرمز	الاسم
10^{-3} m	mm	مليمتر	10^3 m	Km	كيلومتر
10^{-6} m	μm	ميكرومتر	10^6 m	Mm	ميكامتر
10^{-9} m	nm	نانومتر	10^9 m	Gm	جيكامتر
10^{-12} m	pm	بيكومتر	10^{12} m	Tm	تيرامتر
10^{-15} m	fm	فيمتومتر			

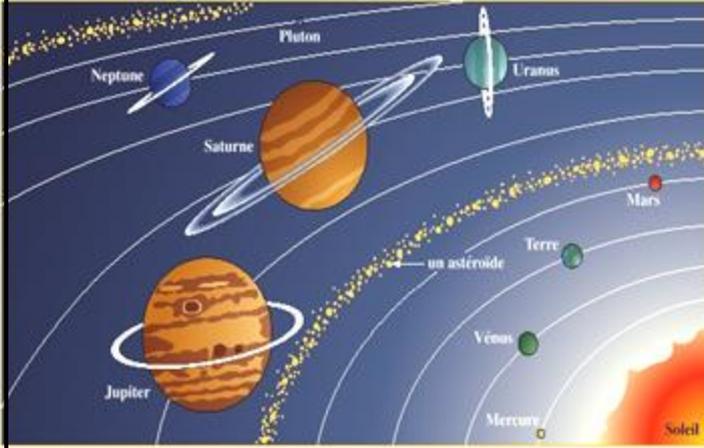
2-3-1- نشاط:

مثل على المحور أسفله رتب قدر الأبعاد الممثلة في النشاط 1-1-1 .



3-3-1- محور سلم المسافات:

محور سلم المسافات هو سلم مدرج بالأش 10 يستعمل لترتيب المسافات في الكون (من الذرة إلى المجرة) بحيث تكون لهذه المسافات نفس الوحدة .

2- التجاذب الكوني :**1-2- قانون التجاذب الكوني (نيوتن 1687):****1-1-2- نشاط :****وجود قوة التجاذب الكوني**

جالت فكرة التجاذب الكوني بذهن إسحاق نيوتن منذ سنة 1666م حين سقطت تفاحة نحو سطح الأرض من شجرة تفاح كان يقبل تحتها نيوتن . و لتفسير ذلك افترض وجود قوة التجاذب بين الأرض و التفاحة . و قد أدت دراسات معمقة قام بها نيوتن إلى اكتشاف **قوى التجاذب الكوني** أي **التأثير البيني التجاذبي** بين الأجسام المادية ، الشيء الذي أتاح تفسير حركة الكواكب حول الشمس و الأقمار حول الكواكب .

تتكون المنظومة الشمسية من كواكب يدور كل منها في مداره الخاص مكونة مجموعة متماسكة .

أ- إلى ماذا يعزى تماسك المنظومة الشمسية ؟

يعزى تماسك المنظومة الشمسية و حركة الكواكب و نظامها الدقيق إلى وجود قوى تجاذب بينها وهي المسؤولة عن حركته و عن بقائه في مداره .

ب- كيف فسّر نيوتن وجود هذه القوة ؟

افترض نيوتن أن الأجسام تتجاذب فيما بينها بفعل كتلتها ، وبالتالي فهي قوى تأثير متبادلة .

ج- كيف تفسر حركة الأرض حول الشمس ؟

تدور الأرض حول الشمس لأن كتلة الشمس أكبر من كتلة الأرض .

2-1-2- نص القانون :

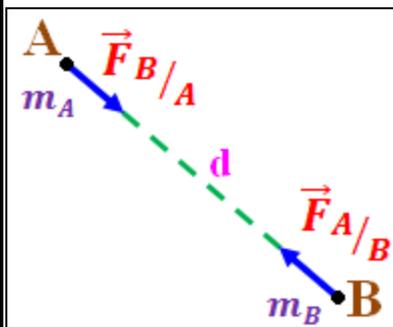
تتجاذب الأجسام بسبب كتلتها فيُطبَّق بعضها على بعض قوى تأثير تجاذبي .

3-1-2- الصيغة الرياضية للقانون :

أ- بالنسبة لجسمين نقطيين :

جسمان نقطيان A و B كتلتاهما على التوالي m_A و m_B وتفصل بينهما المسافة $d=AB$ ، يطبق أحدهما على الآخر قوة تجاذب عن بعد تسمى قوة التجاذب الكوني $\vec{F}_{A/B}$ و $\vec{F}_{B/A}$.

لهتين القوتين :



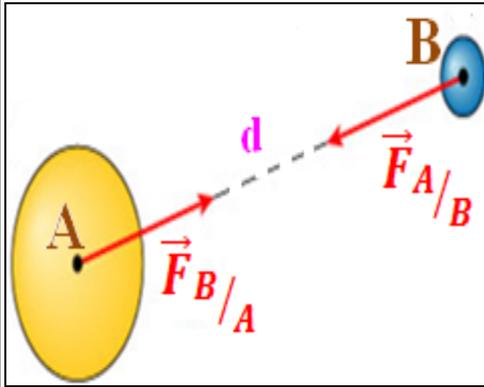
➤ نفس خط التأثير : هو المستقيم (AB) .

➤ منحيان متعاكسان : نحو الجسم الذي يطبق القوة .

➤ نفس الشدة : $F_{A/B} = F_{B/A} = F = G \frac{m_A \times m_B}{d^2}$ حيث F هي الشدة المشتركة لهتين القوتين .

تسمى G ثابتة التجاذب الكوني وقيمتها في (ن ع) هي $G = 6,67 \cdot 10^{-11} N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$.

ب- بالنسبة لجسمين لهما تماثل كروي :



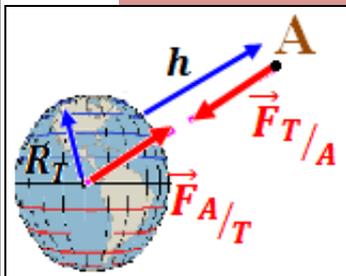
يطبق هذا القانون حتى بالنسبة للأجسام غير النقطية التي لها توزيع كروي للكتلة وهي أجسام تكون كتلتها موزعة بشكل منظم أو موزعة على طبقات متجانسة و متراكزة حول مركزه . و باعتبار أن كتلة كل جسم مركزة في مركزه ، تكون شدة القوة F هي

$$\vec{F}_{A/B} = \vec{F}_{B/A} = F = G \frac{m_A \times m_B}{d^2}$$

مع $d=AB$ والقوتان $\vec{F}_{A/B}$ و $\vec{F}_{B/A}$ مطبقتان في مركزي كل من الجسمين A و B .

ملحوظات :

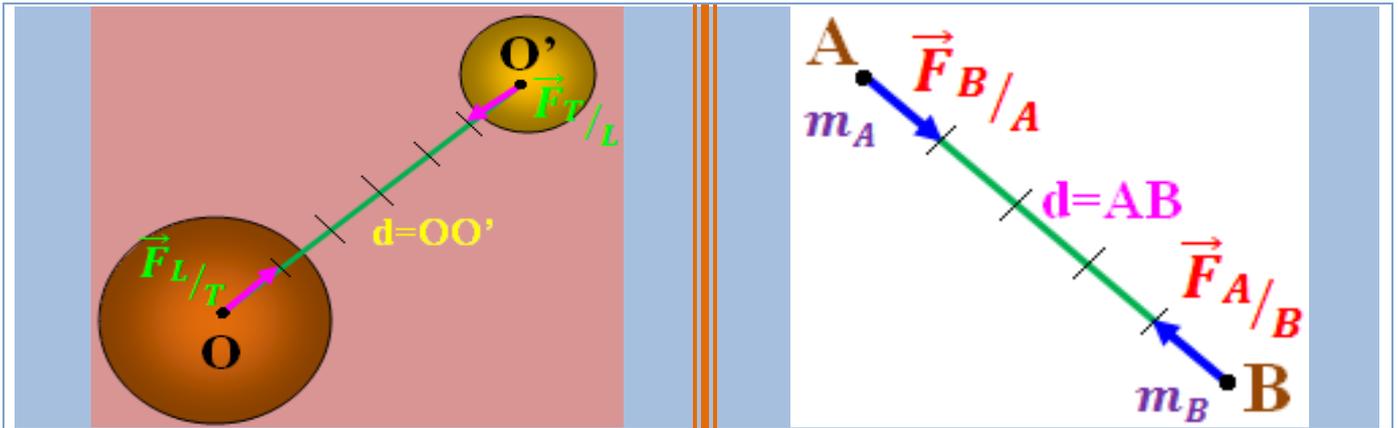
تعتبر النجوم والشمس والأرض وباقي الكواكب أجساما ذات توزيع كروي للكتلة .
 في حالة جسم نقطي A والأرض ، فإن تعبير الشدة المشتركة لقوتي التأثير



البيني التجاذبي هو $F_{T/A} = F_{A/T} = F = G \frac{M_T \times m_A}{(R_T + h)^2}$ مع $M_T = 6.10^{24} kg$ كتلة الأرض و $R_T = 6380 km$ شعاعها .
 في حالة جسمين غير متماثلين كرويا ، فإن تعبير الشدة المشتركة لقوتي التأثير البيني التجاذبي يبقى صالحا باعتبار A و B مركزي كتليهما .

تطبيق :

تطبيق 1 :	تطبيق 2 :
<p>1- حدد مميزات قوى التأثير البيني التجاذبي بين جسمين نقطيين كتلتاهما على التوالي $m_A = 45g$ و $m_B = 100g$ و تفصل بينهما المسافة $AB=50cm$.</p> <p>2- مثل متجهتي القوتين بسلم مناسب .</p>	<p>1- حدد مميزات قوى التأثير البيني التجاذبي بين القمر كتلتها على التوالي $M_L = 7,34.10^{22} kg$ و $M_T = 5,98.10^{24} kg$ و تفصل بينهما المسافة $d = 3,84.10^8 m$.</p> <p>2- مثل متجهتي القوتين بسلم مناسب .</p>
الحل :	الحل :
<p>1- حسب قانون نيوتن للتجاذب فالمتجهتين $\vec{F}_{A/B}$ و $\vec{F}_{B/A}$ لهما نفس خط التأثير : هو المستقيم (AB) . منحيان متعاكسان : نحو الجسم الذي يطبق القوة . نفس الشدة : $F_{A/B} = F_{B/A} = F = G \frac{m_A \times m_B}{d^2}$ ت.ع : $F = 6,67.10^{-11} \frac{45.10^{-3} \times 100.10^{-3}}{(50.10^{-2})^2}$ إذن : $F = 1,2.10^{-12} N$ نلاحظ أن شدة هذه القوة ضعيفة جدا بالنسبة للسلم البشري .</p> <p>2- لتمثيل المتجهتين $\vec{F}_{A/B}$ و $\vec{F}_{B/A}$ يجب اختيار سلم مناسب . السلم المختار هو : $1cm \rightarrow 10cm$ و $1cm \rightarrow 1,2.10^{-12} N$</p>	<p>1- حسب قانون نيوتن للتجاذب فالمتجهتين $\vec{F}_{L/T}$ و $\vec{F}_{T/L}$ لهما نفس خط التأثير : هو المستقيم (OO') . منحيان متعاكسان : نحو الجسم الذي يطبق القوة . نفس الشدة : $F_{L/T} = F_{T/L} = F = G \frac{M_T \times M_L}{d^2}$ ت.ع : $F = 6,67.10^{-11} \frac{5,98.10^{24} \times 7,34.10^{22}}{(3,84.10^8)^2}$ إذن : $F = 1,98.10^{20} N$ نلاحظ أن التأثير التجاذبي بين الأرض والقمر مهم جدا رغم تباعدهما .</p> <p>2- لتمثيل المتجهتين $\vec{F}_{L/T}$ و $\vec{F}_{T/L}$ يجب اختيار سلم مناسب . السلم المختار هو : $1cm \rightarrow 0,510^8 m$ و $1cm \rightarrow 1,98.10^{20} N$</p>

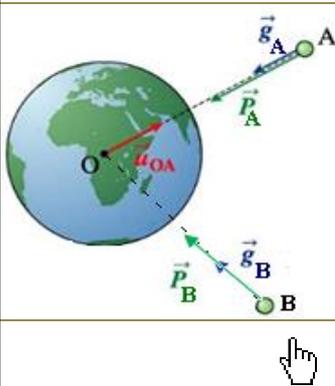


2-2- وزن جسم:

تعريف:

الوزن \vec{P} لجسم هو القوة المقرونة بتأثير الأرض على هذا الجسم عند تواجده بجوارها ، وتسمى قوة الثقالة الأرضية ، ونعبر عنه بالعلاقة : $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$. بحيث m كتلة الجسم (kg) و \vec{g} متجهة مجال الثقالة ($N \cdot kg^{-1}$) .
مميزاته هي :

- نقطة التأثير : مركز ثقل الجسم .
- خط التأثير : الخط الرأسي (الشاقولي) المار من مركز ثقله ومركز الأرض .
- المنحى : نحو الأسفل (مركز الأرض) .
- الشدة : هي $P = m \cdot g$ وحدته النيوتن N .



نسمي وزن جسم \vec{P} كتلته m ويرتفع عن سطح الأرض بمسافة h ، قوة التأثير البيئي التجاذبي \vec{F}

المطبقة من طرف الأرض عليه إذا أهملنا دوران الأرض

حول نفسها . فنكتب $P = F$ أي $m \cdot g = G \frac{M_T \times m_A}{(R_T + h)^2}$

وبالتالي $(1) \quad g = G \frac{R_T}{(R_T + h)^2}$

تبين العلاقة (1) أن شدة الثقالة تتغير حسب الارتفاع h

بالنسبة لنفس خط العرض كما تتغير حسب مكونات القشرة الأرضية .

تعبير شدة الثقالة g_0 على سطح الأرض $h=0$ هو $(2) \quad g_0 = G \frac{M_T}{R_T^2}$

من العلاقة (1) و (2) نستنتج أن $g = g_0 \cdot \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$

ملحوظة: يمكن تعريف وزن جسم على سطح كوكب آخر حيث تتعلق g بالثقالة التي يحدثها هذا الكوكب .

فمثلا : بالنسبة للقمر $g_L = G \frac{M_L}{R_L^2}$ مع g_L شدة الثقالة على سطح القمر .

تطبيق: عند أي ارتفاع h تصبح $g = \frac{g_0}{4}$ ؟

الحل: نعم أن $g = g_0 \cdot \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$ ولدينا $g = \frac{g_0}{4}$ إذن $\frac{g_0}{4} = g_0 \cdot \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$ أي $\frac{1}{4} = \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$

وبما أن R_T و h موجبين فإن $\frac{1}{2} = \frac{R_T}{R_T + h}$ إذن $R_T + h = 2R_T$ وبالتالي $h = R_T = 6380km$