بسم الله الرحمن الرحيم

الجذع المشترك
الفيزياء-جزء الميكانيك

التجاذب الكوني
la gravitation universelle

المحور الأول : التأثيرات البينية
الوحدة 1
3 س

$10^0 = 1$
$10^n . 10^m = 10^{n+m}$
$10^{-n} = \frac{1}{10^n}$
$\frac{10^n}{10^m} = 10^{n-m}$

1- سلم المسافات :

1-1- الكتابة العلمية و رتبة القدر :

1-1-1-الكتابة العلمية :

الكتابة العلمية لعدد تكتب على الشكل التالي : $N = a.10^n$
بحيث a عدد عشري ($1 \leq a < 1$) 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 $a >$ فإننا نعتبر $a \approx 10$ وبالتالي تكون رتبة القدر هي 10^{n+1} .

1-1-3-نشاط :

نعتبر الأبعاد المدونة في الجدول أسفله :

أمثلـــة	القيمة	القيمة على شكل $a.10^n$ مع $1 \leq a < 10$ و n عدد صحيح	ر تبة قدر المقدار
عرض باب قاعة	1,20 m	$1,20.10^0$ m	10^0 m
قد نملة	4 mm	4.10^{-3} m	10^{-3} m
ارتفاع صومعة حسان	180 m	$1,80.10^2$ m	10^2 m
ارتفاع جبل توبقال	4,16 km	$4,16.10^3$ m	10^3 m
قد فيروس الزكام	100 nm	$1,00.10^{-7}$ m	10^{-7} m
قطر كرية دم حمراء	7 µm	7.10^{-6} m	10^{-5} m
قطر كوكب الأرض	12800 km	$1,2800.10^7$ m	10^7 m
المسافة بين الأرض ومجرة الأندروميد	23.10^{18} km	$2,3.10^{22}$ m	10^{22} m
المسافة بين الأرض و الشمس	150.10^9m	$1,50.10^{11}$ m	10^{11} m

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 $a.10^n$.

مثال : قارن اختلاف قطر كرية دم حمراء $d_1 = 7\mu m$ مع قطر كوكب الأرض $d_2 = 12800km$.

لدينا $\frac{d_2}{d_1} = \frac{1,280.10^7}{7.10^{-6}} = 1,83.10^{12}$ إذن d_1 و d_2 **تختلفان بما قيمته 12 رتب قدر** .

1-2- الأرقام المعبرة :

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

مثال :

العدد	1,56	1,506	0,56	0,560	0,013	$4,5.10^2$
عدد الأرقام المعبرة	3	4	2	3	2	2

ملحوظة :

- يتعلق عدد الأرقام المعبرة **بدقة القياس** . فمثلا **2,30 أدق من 2,3** .
- تكتب نتيجة عملية الضرب أو قسمة قيم مقادير باستعمال **أقل عدد من الأرقام المعبرة المستعملة** .

فمثلا : $1,2 \times 3,63 = 4,356$ تكتب نتيجتها على شكل $1,2 \times 3,63 \approx 4,4$.

أو $\frac{55,8744}{6,2} = 9,012$ تكتب نتيجتها على شكل $\frac{55,8744}{6,2} \approx 9,0$.

- تكتب نتيجة عملية الجمع أو الطرح لقيم مقادير باستعمال **أقل عدد من الأرقام المعبرة العشرية المستعملة** . فمثلا : $1,2 + 3,63 = 4,83$ تكتب نتيجتها على شكل $1,2 + 3,63 \approx 4,8$.

1-3- محور سلم المسافات :

1-3-1- وحدات المسافة :

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

مضاعفات المتر		
الاسم	الرمز	القيمة
كيلومتر	Km	$10^3 m$
ميكامتر	Mm	$10^6 m$
جيكامتر	Gm	$10^9 m$
تيرامتر	Tm	$10^{12} m$

أجزاء المتر		
الاسم	الرمز	القيمة
ميليمتر	mm	$10^{-3} m$
ميكرومتر	µm	$10^{-6} m$
نانومتر	nm	$10^{-9} m$
بيكومتر	pm	$10^{-12} m$
فيمتومتر	fm	$10^{-15} m$

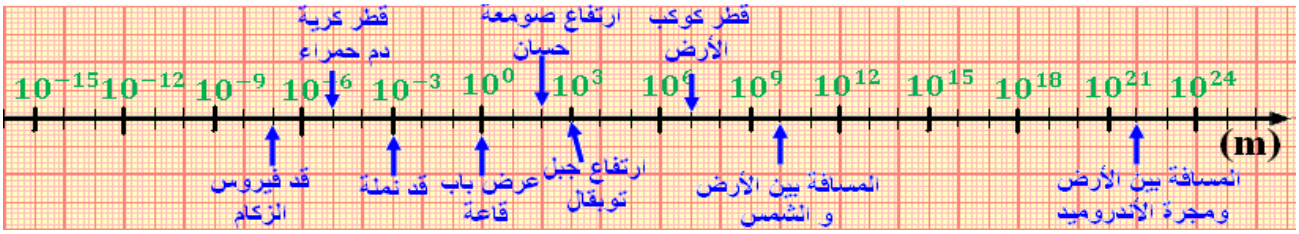
في المجال الفلكي نستعمل وحدات أخرى :

الوحدة الفلكية U.A : هي المسافة المتوسطة الفاصلة بين الأرض و الشمس حيث $A = 150.10^6 km$.

السنة الضوئية A.L : هي المسافة التي يقطعها الضوء خلال سنة بالسرعة $C = 3.10^8 m/s$ **حيث** $1A.L = 9,5.10^{15} m$.

1-3-2- نشاط :

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



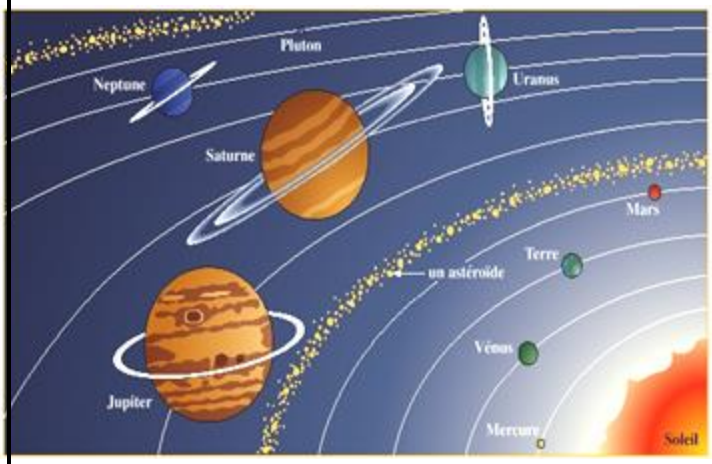
1-3-3- محور سلم المسافات :

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

2- التجاذب الكوني :

2-1- قانون التجاذب الكوني (نيوتن 1687) :

2-1-1-نشاط :



و جود قوة التجاذب الكوني

جالت فكرة التجاذب الكوني بذهن **إسحاق نيوتن** منذ سنة 1666م حين سقطت تفاحة نحو سطح الأرض من شجرة تفاح كان يقيل 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** و هي المسؤولة عن حركته و عن بقائه في مداره .

ب- كيف فسّر نيوتن وجود هذه القوة ؟

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

ج- كيف تفسر حركة الأرض حول الشمس ؟

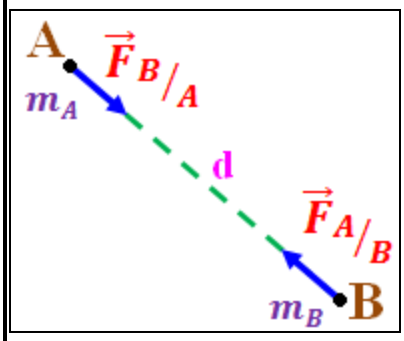
تدور الأرض حول الشمس لأن كتلة الشمس أكبر من كتلة الأرض .

2-1-2-نص القانون :

تتجاذب الأجسام بسبب كتلها فَيُطَبقُ بعضها على بعض قوى تأثير تجاذبي .

2-1-3-الصيغة الرياضية للقانون :

أ- بالنسبة لجسمين نقطيين :



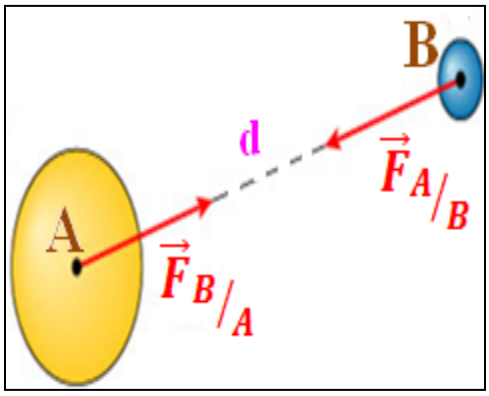
جسمان نقطيان A و B كتلتاهما على التوالي m_A و m_B وتفصل بينهما المسافة d=AB ، يطبق أحدهما على الأخر قوة تجاذب عن بعد تسمى قوة التجاذب الكوني $\vec{F}_{A/B}$ و $\vec{F}_{B/A}$.

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 $G = 6,67.10^{-11} N.m^2.kg^{-2}$.

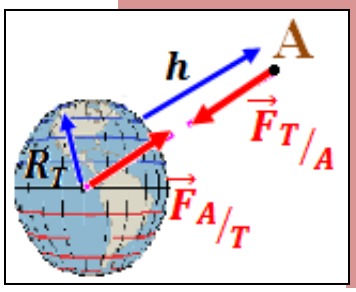
ب- بالنسبة لجسمين لهما تماثل كروي :



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

$F_{A/B} = F_{B/A} = F = G\frac{m_A \times m_B}{d^2}$ مع d=AB والقوتان $\vec{F}_{A/B}$ و $\vec{F}_{B/A}$ مطبقتان في مركزي كل من الجسمين A و B .

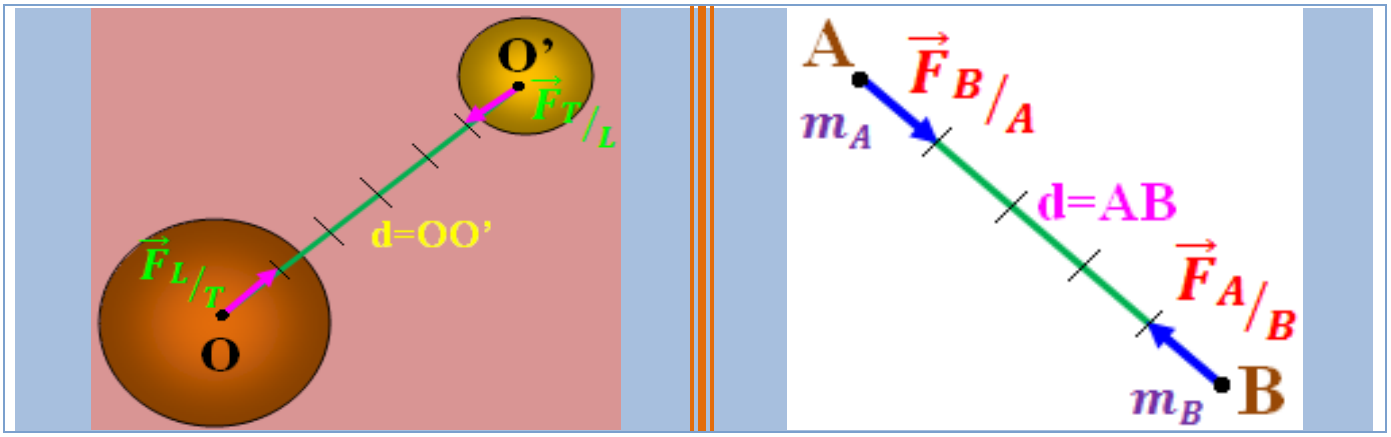
ملحوظات :



- 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 $R_T = 6380km$ شعاعها .
- في حالة جسمين غير متماثلين كرويا ، فإن تعبير الشدة المشتركة لقوتي التأثير البيني التجاذبي يبقى صالحا باعتبار A و B مركزي كتلتيهما .

تطبيق :

تطبيق 1 :	تطبيق 2 :
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 . 2- مثل متجهتي القوتين بسلم مناسب .	1- حدد مميزات قوى التأثير البيني التجاذبي بين الأرض والقمر كتلتاهما على التوالي وتفصل بينهما المسافة $d = 3,84.10^8m$. نعطي : $M_T = 5,98.10^{24}kg$ و $M_L = 7,34.10^{22}kg$ 2- مثل متجهتي القوتين بسلم مناسب .
الحل :	**الحل :**
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 . 2- لتمثيل المتجهتين $\vec{F}_{A/B}$ و $\vec{F}_{B/A}$ يجب اختيار سلم مناسب . السلم المختار هو : $1cm \to 1,2.10^{-12}N$ و $1cm \to 10cm$.	1- حسب قانون نيوتن للتجاذب فالمتجهتين $\vec{F}_{T/L}$ و $\vec{F}_{L/T}$ لهما : نفس خط التأثير : هو المستقيم (OO') . منحيان متعاكسان : نحو الجسم الذي يطبق القوة . نفس الشدة : $F_{T/L} = F_{L/T} = F = G\frac{M_T \times M_L}{d^2}$ 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 . 2- لتمثيل المتجهتين $\vec{F}_{T/L}$ و $\vec{F}_{L/T}$ يجب اختيار سلم مناسب . السلم المختار هو : $1cm \to 0,510^8m$ و $1cm \to 1,98.10^{20}N$.

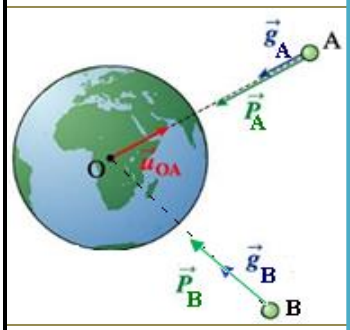


2-2- وزن جسم :

تعريف :

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



نسمي وزن جسم $\vec{P}$ كتلته m ويرتفع عن سطح الأرض بمسافة h ، قوة التأثير البيني التجاذبي $\vec{F}$ المطبقة من طرف الأرض عليه إذا أهملنا دوران الأرض حول نفسها . فنكتب $P = F$ أي $m.g = G\frac{M_T \times m_A}{(R_T+h)^2}$

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

خط العرض	المكان	$g(N.kg^{-1})$
90^0	القطب الشمالي	9,832
49^0	باريس	9,810
34^0	الرباط	9,796
24^0	الداخلة	9,789

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

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

ملحوظة : يمكن تعريف وزن جسم على سطح كوكب أخر 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 : نعلم أن $g = g_0.\frac{R_T^2}{(R_T+h)^2}$ ولدينا $g = \frac{g_0}{4}$ إذن $\frac{g_0}{4} = g_0.\frac{R_T^2}{(R_T+h)^2}$ 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 $h = R_T = 6380km$.