الفعل المتبادل الجاذب

تصميم الدرس

- تمهيد
- قانون الجذب العام
- تعيين قوة الجاذبية على سطح كوكب
- شدة حقل الثقالة
- تماسك المادة على المستوى الفلكي

تمهيد:

ـ ما هي القوى التي تسير حركة الكواكب والمجرات والأجسام السماوية الأخرى؟

ـ حسب القانون الثالث (قانون الأفعال المتبادلة)، فإن سقوط الأجسام نحو الأرض تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية ، يرافقه قوة جذب هذه الأجسام للأرض: قوتان لهما نفس الشدة . ما هو تأثير هذه القوى على تماسك الكون؟

• قانون الجذب العام:

تؤثر الأرض على القمر بقوة $\vec{F}_{T/L}$ ، وكذلك يؤثر القمر على الأرض بقوة $\vec{F}_{L/T}$ (حسب مبدأ الأفعال المتبادلة) ، وهما قوتا تجاذب، لهما نفس الحامل ، ونفس الشدة وجهتاهما متعاكستان.

ندعو قوة الجذب العام، الفعل المتبادل المطبق بين جميع الأجسام نتيجة لكتلها، وهي المسؤولة في غالب الأحيان عن ثقل الأجسام.كما أنها تسير بصفة خاصة حركة الكواكب وتطور الكون.

قانون الجذب العام ، وضعه نيوتن عام 1687، ويعبر عن قوة جذب مؤثرة عن بعد بين أجسام ذات كتل ، ويمكن صياغته كما يلي :

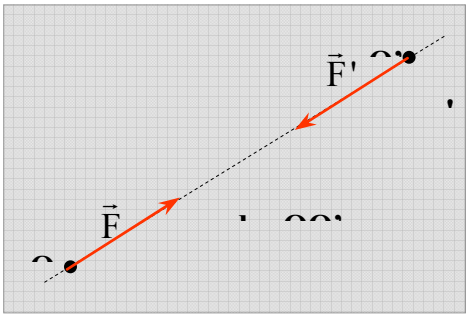
يؤثر جسمان نقطيان كتلتاهما m و m' متباعدان بالمسافة (d) كل واحد على الآخر بقوتي تجاذب (F) و (F') لهما نفس المنحى و الشدة، وجهة متعاكسة :

$$F = F' = G\frac{m.m'}{d^2}$$

حيث : $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ ($N.m^2.kg^{-2}$)

هو ثابت الجذب العام.

(m) و (m') بالكيلوغرام (kg) و (d) بالمتر(m).



قوى التجاذب بين جسمين

ـ رتبة مقدار قوة التجاذب

نظرا لصغر قيمة ثابت الجذب العام ، فإن قوة التجاذب ، ليس لها أفعال هامة إلا من أجل الأجسام التي تكون كتلة أحدها على الأقل هامة .وهي الحالة الوة المطبقة بين الكواكب والنجوم ، أو بين الأرض وجسم موجود على سطحها أو قريب منه.

مثال :

ـ القوة المطبقة بين جسمين ، كتلة كل منهما 1 (kg) ، المسافة بينهما 1 (m).

$$\mathbf{F} = G\frac{m.m'}{d^2} = 6{,}67.10^{-11}\frac{1.1}{1^2}$$

$$\mathbf{F} = 6{,}67.10^{-11}\frac{1.1}{1^2} \quad , \quad \mathbf{F} = 6{,}67.10^{-11}\,N$$

قوة التجاذب المطبقة بين الجسمين غير محسوسة(صغيرة جدا).

ـ قوة التجاذب المطبقة بين الأرض(T) و القمر (L).حيث :

كتلة الأرض :. $M_T = 5{,}98.10^{24}$kg ، كتلة القمر : $M_L = 7{,}34.10^{22}$ kg

المسافة بين الأرض والقمر : $d = 3{,}84.10^{8}$ m

$$F = G\frac{M_T.M_L}{d^2} = 6{,}67.10^{-11}\frac{5{,}98.10^{24}\times 7{,}34.10^{22}}{\left(3{,}84.10^{8}\right)^2}$$

$$F = 1{,}99\ .\ 10^{20}\ N$$

ـ قوة التجاذب المطبقة بين الأرض(T) و القمر (L) هائلة (كبيرة جدا)

• تعيين قوة الجاذبية على سطح كوكب :

كل جسم كتلته m يقع بالقرب من سطح كوكب ما ، يخضع لتأثير قوة شاقولية تسمى قوة الثقالة (أو الثقل) : $P = m.g$

حيث : ـ وحدة قوة الثقل P في الجملة (S.I) هي النيوتن (N).

ـ كتلة الجسم m مقدرة بالكيلو غرام (kg).

ـ g يمثل شدة حقل الثقالة في المكان المعتبر ($N.kg^{-1}$).

تمثل قوة الثقل بشعاع $\vec{p}$ شاقولي مبدؤه مركز ثقل الجسم G.

مثال :

على سطح الأرض ، يميز ثقل جسم، الفعل الذي تؤثر به الأرض عليه. وهو قوة بعدية ، تؤثر على الجسم حتى ولو كان بعيدا عن سطح الأرض.

مميزات قوة الثقل $\vec{P}$ هي :

ـ المنحى : يحدده شاقول المكان الذي يتواجد فيه الجسم .

ـ الجهة : نحو الأسفل ، جهة حركة جسم يترك دون سرعة ابتدائية .

ـ الشدة : في مكان معين، القيمة P للثقل $\vec{P}$ لجسم متناسبة طردا مع كتلته .

يجسد الخيط شاقول المكان

ثابت التناسب هو: *شدة الجاذبية الأرضية* في المكان الذييتواجد فيه الجسم.

باعتبار الثقل مقدار شعاعي ، نكتب:

$$\vec{P} = m.\vec{g}$$

تتغير شدة الجاذبية الأرضية بتغير المكان: تتناقص مع الارتفاع عن سطح الأرض ، وتتزايد مع خطوط العرض. والقيمة المتوسطة لـ g هي : $g = 9.81\ N.kg^{-1}$

مثال :

احسب ثقل رائد فضاء كتلته 80 (kg) على سطح الأرض ، وعلى سطح القمر حيث تكون قيمة g هي $g_L = 1.6\ N.kg^{-1}$.

- على سطح الأرض:

$P_T = m.\ g_T$, $P_T = 80 \times 9.81 = 785\ N$

- على سطح القمر:

$P_L = m.\ g_L$, $P_L = 80 \times 1.6 = 128\ N$

• شدة حقل الثقالة :

بالرغم من الاختلاف البسيط، يمكن اعتبار قوة الثقل وقوة التجاذب متماثلتان على كوكب ما.

من أجل جسم كتلته m (بالكيلو غرام kg) على سطح كوكب نصف قطره R (بالمتر m) وكتلته M (بالكيلو غرام kg) ، لدينا (من قانون الجذب العام) :

$$P = F \Leftrightarrow m.g = G\frac{m.M}{R^2}$$

ومنه : $$g = G\frac{M}{R^2}$$

مثال :

شدة حقل الجاذبية على سطح كوكب الزهرة (vénus) ، والذي كتلته: $M = 4.83 \times 10^{24}\ kg$

ونصف قطره هو : $R = 6\ 260\ km$ هي :

$$g = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \frac{4{,}83 \times 10^{24}}{(6{,}260 \times 10^{6})^2} = 8{,}22\ N.kg^{-1}$$

• تماسك المادة على المستوى الفلكي :

ـ تجذب الكرة الأرضية الأجسام المادية إليها وخاصة جزيئات الجو المحيط بها.

الحياة على سطح الأرض، تصبح مستحيلة في غياب **الفعل المتبادل التجاذبي**.

ـ في حالة القمر مثلا ، الفعل المتبادل التجاذبي غير كاف لإبقاء أي جو محيط به.

إن الأفعال المتبادلة الجاذبة هي التي تسير حركة الكواكب والمجرات والأجسام السماوية الأخرى.

تطبيق :

في إحدى رحلات أبولو نحو القمر ، كان رواد الفضاء (astronautes) مجهزون بلباس يسمح لهم بالخروج من المركبة إلى سطح القمر ، كتلته $m = 60\ kg$.

1 ـ احسب ثقل هذا التجهيز على سطح الأرض P_T ، ثم ثقله P_L على سطح القمر.

2 ـ ما هي الكتلة m' لجسم على سطح الأرض ثقله P'_T يساوي ثقل التجهيز الذي يحمله رواد الفضاء على سطح القمر؟

3 ـ هل يمكن حمل التجهيز الخاص برواد الفضاء بسهولة على سطح الأرض ؟ و على سطح القمر؟ علل.

يعطى : $g_L = 1,6\ N.kg^{-1}$.

الحل :

1 ـ حساب ثقل التجهيز على سطح الأرض :

$$P_T = m \cdot g_T$$

$$P_T = 60 \times 9,8 = 5,9.10^2\ N$$

1_حساب ثقل التجهيز على سطح القمر :

$$P_L = m.g_L$$

$$\mathbf{P_L = 60 \times 1,6 = 96}$$

2 ـ حساب الكتلة m' :

لدينا : $P_T(m') = P_L(m)$

ومنه :

$$m'.g_T = m.g_L$$

$$m' = mg_L/g_T$$

$$m' = 9,8 \text{ kg}$$

3 . ـ يكون حمل التجهيز على سطح القمر سهلا ، حيث يشعر رائد الفضاء وكأنه يحمل تجهيزا كتلته $m' = 9,8 \text{ kg}$.

أما على سطح الأرض ، فإنه لا يمكنه حمل هذا التجهيز ($m = 60kg$).