

الوحدة ٠٢ : الفعل المتبادل الجاذب

— ما هي القوى التي تسيير حركة الكواكب والمجرات والأجسام السماوية الأخرى؟
— 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؟

١ — قانون الجذب العام

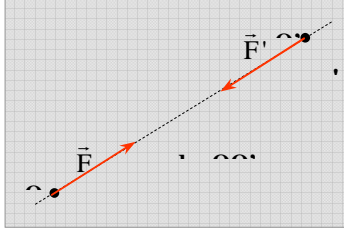
تؤثر الأرض على القمر بقوة $\vec{F}_{T/L}$ ، وكذلك يؤثر القمر على الأرض بقوة $\vec{F}_{L/T}$ (حسب مبدأ الأفعال المتبادلة) ، وهما قوتان تجاذب، لهما نفس الحامل ، ونفس الشدة وجهتهما متعاكستان .

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

قانون الجذب العام ، وضعه نيوتن عام ١٦٨٧ ، 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 :

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



قوى التجاذب بين جسمين

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

هو ثابت الجذب العام.

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

— 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 :

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

$$F = G \frac{m \cdot m'}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{1 \cdot 1}{1^2}$$

$$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{1 \cdot 1}{1^2} , \quad F = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N}$$

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

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

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

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

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

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

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

٢ – تعيين قوة الجاذبية على سطح كوكب

كل جسم كتلته m يقع بالقرب من سطح كوكب ما ، يخضع لتأثير قوة شاقولية تسمى

$$P = m \cdot g \text{ : (أو الثقل)}$$

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

– كتلة الجسم m مقدره بالكيلو غرام (kg).

– g يمثل شدة حقل الثقالة في المكان المعتبر (N.kg⁻¹).

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

مثال :



يجسد الخيط شاقول المكان

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

مميزات قوة الثقل \vec{P} هي :

– المنحى : يحدده شاقول المكان الذي يتواجد فيه الجسم .

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

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

ثابت التناسب هو : شدة الجاذبية الأرضية في المكان الذي يتواجد فيه الجسم .

باعتبار الثقل مقدار شعاعي ، نكتب :

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

تتغير شدة الجاذبية الأرضية بتغير المكان : تتناقص مع الارتفاع عن سطح الأرض ، وتزيد مع

خطوط العرض . والقيمة المتوسطة لـ g هي : $g = 9.81 \text{ N.kg}^{-1}$

مثال :

احسب ثقل رائد فضاء كتلته 80 (kg) على سطح الأرض ، وعلى سطح القمر حيث تكون قيمة

هي $g_L = 1.6 \text{ N.kg}^{-1}$.

– على سطح الأرض :

$$P_T = m \cdot g_T \quad , \quad P_T = 80 \times 9.81 = 785 \text{ N}$$

– على سطح القمر:

$$P_L = m \cdot g_L \quad , \quad P_L = 80 \times 1.6 = 128 \text{ N}$$

٣ – 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) :

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

$$g = G \frac{M}{R^2} \quad : \text{ومنه}$$

مثال :

شدة حقل الجاذبية على سطح كوكب الزهرة (Venus) ، والذي كتلته: $4.83 \times 10^{24} \text{ kg}$
 $M =$ ونصف قطره هو : $R = 6260 \text{ km}$ هي :

$$g = 6.67 \times 10^{-11} \frac{4.83 \times 10^{24}}{(6.260 \times 10^6)^2} = 8.22 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

٤ – تماسك المادة على المستوى الفلكي :

– تجذب الكرة الأرضية الأجسام المادية إليها وخاصة جزيئات الجو المحيط بها.
الحياة على سطح الأرض، تصبح مستحيلة في غياب الفعل المتبادل التجاذبي.

– في حالة القمر مثلا ، الفعل المتبادل التجاذبي غير كاف لإبقاء أي جو محيط به.
إن الأفعال المتبادلة الجاذبية هي التي تسيطر حركة الكواكب والمجرات والأجسام السماوية الأخرى.
تطبيق :

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

١ – احسب ثقل هذا التجهيز على سطح الأرض P_T ، ثم ثقله P_L على سطح القمر.

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

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

يعطى : $g_L = 1,6 \text{ N.kg}^{-1}$

الحل :

١ – حساب ثقل التجهيز على سطح الأرض :

$$P_T = m \cdot g_T$$

$$P_T = 60 \times 9,8 = 5,9 \cdot 10^2 \text{ N}$$

حساب ثقل التجهيز على سطح القمر :

$$P_L = m \cdot g_L$$

$$P_L = 60 \times 1,6 = 96$$

٢ - حساب الكتلة m' :

$$P_T(m') = P_L(m) \quad \text{لدينا :}$$

ومنه :

$$m' \cdot g_T = m \cdot g_L$$

$$m' = m g_L / g_T$$

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

٣ - 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 ($m = 60 \text{ kg}$) .