بسم الله الرحمن الرحيم

المحاضرة الرابعة

ديناميكا الجسيم

قوانين نيوتن

قانون الجذب العام

أهداف المحاضرة الرابعة

- دراسة علم الديناميكا ومعرفة الفرق بينه وبين علم الكينمتيكا.
- دراسة قانون نيوتن الأول.
- التعرف عن قرب على الأجسام المتزنة والأجسام الغير متزنة.
- دراسة قانون نيوتن الثاني.
- دراسة قانون نيوتن الثالث.
- دراسة قانون الجذب العام.
- استنتاج العلاقة بين ثابت الجذب العام وتسارع الجاذبية الأرضية.

ديناميكا الجسيم

علم الديناميكا هو العلم الذي يبحث في القوي المؤثرة في الجسم، وما تحدثه هذه القوي من تسارعات.

ويمكن تعريف علم الديناميكا بأنه العلم الذي يهتم بدراسة حركة الأجسام تحت تأثير القوي المختلفة.

في الجزء السابق "علم الكينماتيكا" ركزنا على وصف الحركة من إزاحة وسرعة وتسارع دون النظر الى مسبباتها.

وفي هذه المحاضرة سوف نتعرض إلى كمية فيزيائية هامة وهي القوة.

وسوف ندرس قوانين نيوتن للحركة بالإضافة لقانون الجذب العام.

قانون نيوتن الأول

ينص هذا القانون على " يبقي كل جسم على حالته من حيث السكون أو الحركة بسرعة منتظمة ما لم تؤثر عليه قوه خارجية تغير من حالته السكونية أو الحركية".

ونفهم من هذا القانون أن الجسم الساكن يظل ساكناً ما لم تؤثر فيه قوي تحركه.

والجسم المتحرك بسرعة منتظمة وبخط مستقيم يظل متحركاً هكذا ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من سرعته أو إتجاهه أو كلاهما معاً.

والسؤال الآن: هل يمكن تحقيق قانون نيوتن الأول عند التأثير على الجسم بمجموعة من القوى الخارجية؟

والإجابة: نعم، ويتحقق ذلك عندما تكون محصلة تلك القوى مساوية الصفر.

ونستنتج من ذلك أن محصلة القوي المؤثرة علي الجسم الساكن أو الجسم المتحرك بسرعة منتظمة تساوي صفراً، ويسمي الجسم في هاتين الحالتين بالجسم المتزن.

أي أن الجسم المتزن هو الجسم الذي تكون محصلة القوي المؤثرة عليه مساوية للصفر.

أمثلة للأجسام المتزنة:

كتاب مستقر علي سطح المكتب.

مظلة تهبط بإتجاه سطح الأرض بسرعة ثابتة وبخط مستقيم.

قمر صناعي يدور حول الأرض في مدار ثابت وبسرعة زاوية ثابتة.

رجل يتزلج علي الجليد في مسار دائري وبسرعة زاوية منتظمة.

قطرة المطر وهي تسقط بإتجاه سطح الأرض بسرعة ثابتة وبخط مستقيم.

الكرة المعدنية في تجربة ستوكس لتعيين اللزوجة،وهي تسقط بسرعة ثابتة وبخط مستقيم.

أمثلة لأجسام غير متزنة:

جسم يتحرك رأسياً في مجال الجاذبية الأرضية.

سيارة متحركة وسرعتها تتناقص لإستخدام المكابح.

صاروخ يرتفع بتسارع ثابت.

مصعد يرتفع إلي أعلي.

قانون نيوتن الثاني:

ينص هذا القانون على "إذا أثرت قوة (أو محصلة قوى) في جسم، بحيث تعطيه حركة انتقالية، فإن مقدار التسارع الذي يكتسبه الجسم يتناسب طردياً مع القوة المؤثرة ويكون في اتجاهها وثابت التناسب هو كتلة الجسم".

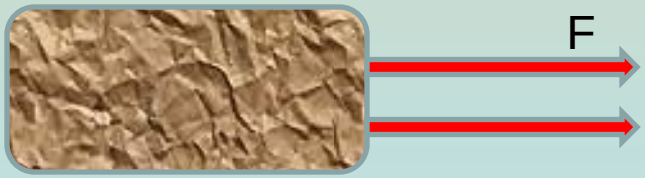
ويمكن التعبير عن هذا القانون رياضيا على الصورة:

$$F = ma$$

يجب أن نلاحظ أن القوة F هي محصلة القوى المؤثرة، a هو التسارع و m هي الكتلة.

ويوضح الشكل التالي قانون نيوتن الثاني، حيث تؤثر القوة F على جسم ما فتجعله يتحرك حركة انتقالية.

وإذا زاد مقدار قوة الشد هذه نلاحظ تزايد سرعة الجسم وبالتالي تسارعه.



وبذلك نستنتج تناسب القوة مع التسارع تناسباً طردياً.

وحدة قياس القوة في النظام MKS هي النيوتن وفي النظام CGS هي الداين.

مثال (1):

أحسب وزن ولد كتلته 20 Kg علماً بأن تسارع تسارع السقوط الحر يساوي $10\ m/sec^2$.

الحل:

وزن الولد يعطى من:

$$W = mg = 20 \times 10 = 200\ N$$

مثال (2):

احسب محصلة القوى المؤثرة في جسم كتلته 0.3 Kg إذا كان تسارعه $20\ m/sec^2$.

الحل:

$$m = 0.3\ Kg, \quad a = 20\ m/sec^2$$

$$F = ma = 0.3 \times 20 = 6\ N$$

مثال (3):

يتحرك مصعد الى أعلى بتسارع $6\ m/sec^2$، ويقف على أرضيته رجل كتلته $80\ Kg$. احسب مقدار القوة التي تؤثر بها أرضية المصعد علي الرجل، علماً بأن تسارع السقوط الحر $10\ m/sec^2$.

الحل:

إذا فرضنا أن وزن الرجل W لأسفل، ورد فعل أرضية المصعد عليه هو N لأعلي. وبالتالي فان محصلة القوى المؤثرة علي الرجل هي N-W لأعلي في إتجاه التسارع a. وبتطبيق قانون نيوتن الثاني:

$$N - W = ma$$

$$N - (80 \times 10) = 80 \times 6$$

$$N = 1280\ N$$

مثال (4):

في المثال السابق لو فرضنا أن المصعد يتحرك لأسفل بنفس التسارع. احسب مقدار القوة التي تؤثر بها أرضية المصعد علي الرجل، علماً بأن تسارع السقوط الحر $10\ m/sec^2$.

الحل:

إذا فرضنا أن وزن الرجل W لأسفل، ورد فعل أرضية المصعد عليه هو N لأعلي. وبالتالي فان محصلة القوى المؤثرة علي الرجل هي N-W لأعلي عكس إتجاه التسارع a. وبتطبيق قانون نيوتن الثاني:

$$N - W = - ma$$

$$N - (80\times10) = - 80\times6$$

$$N = 320\ N$$

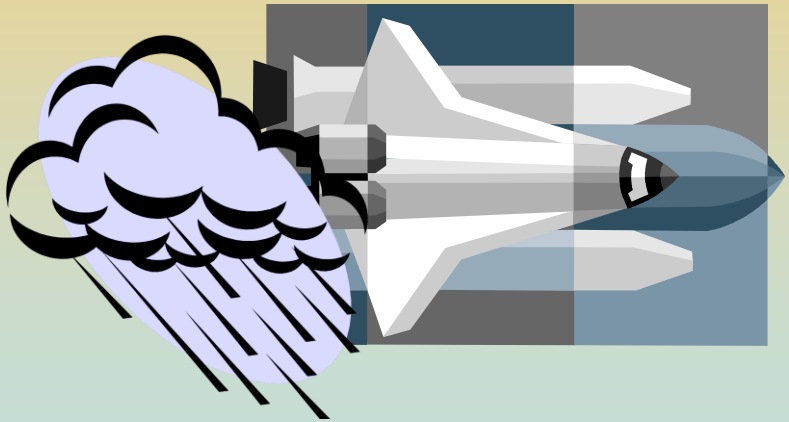
قانون نيوتن الثالث:

ينص القانون على "لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه".

ويكتب رياضياً على الصورة:

$$\mathbf{F} = -\mathbf{F}'$$

يوضح الشكل التالي فكرة قانون نيوتن الثالث، حيث ينطلق الصاروخ للأمام نتيجة رد الفعل المعاكس لقوة اندفاع الغازات من الخلف.



ملحوظة:

الفعل ورد الفعل لا يؤثران في جسم واحد بل يؤثران في جسمين مختلفين. فعند الضغط بيدك على منضدة فإن قوة الفعل تؤثر في المنضدة بينما قوة رد الفعل تؤثر على اليد.

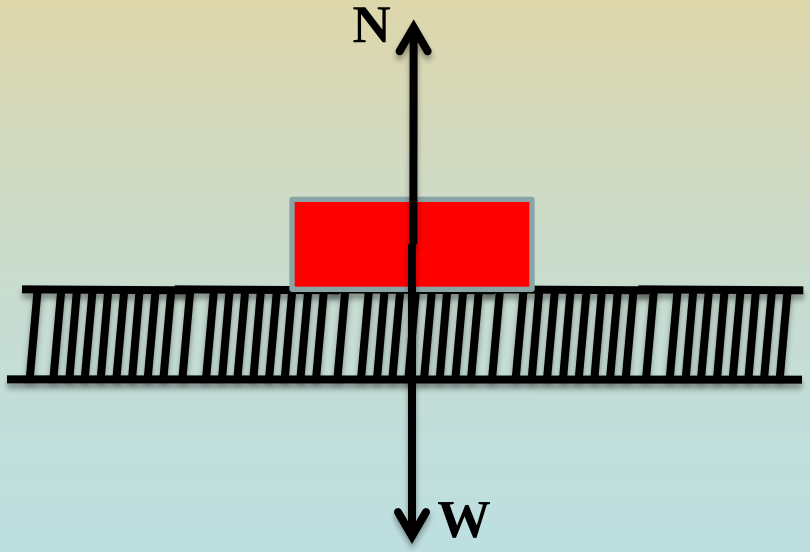
مثال (5):

جسم وزنـة N 10 يستقر على سطح طاولـة أفقيـة، احسب رد فعل سطح الطاولة على الجسم مع الرسم.

الحل:

يوضح الشكل المرافق أن الجسم يضغط على سطح الطاولة بقوة فعل هي وزنـه W وأن سطح الطاولة يؤثر علي الجسم بقوة رد فعل N.

ومن قانون نيوتن الثالث:

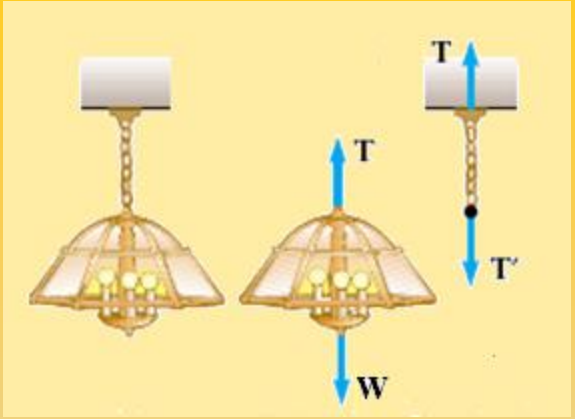


$$W = N$$

$$N = 10 \text{ نيوتن}$$

مثال (6):

علقت ثريا وزنها 15 نيوتن بواسطة حبل مهمل الوزن إلى سقف غرفة، فإذا كانت الثريا متزنة فاحسب الشد في الحبل وبين قوى الفعل ورد الفعل.



الحل:

القوتين المؤثرتين في الثريا هما الوزن W إلى أسفل وقوة الشد في الحبل T إلى أعلى. وحيث أن الثريا متزنة فإن:

$$T-15 = 0 \longrightarrow T = 15\ N$$

وعند نقطة التعليق في السقف تكون قوة الفعل هي الشد في الحبل T' وتؤثر في سقف الغرفة إلى أسفل بينما قوة رد الفعل فهي القوة T التي يؤثر بها سقف الغرفة في الحبل وإتجاهها إلى أعلي.

لاحظ أن القوتين متساويتين في المقدار وعلي خط عمل واحد.

قانون الجذب العام:

ينص القانون على "كل جسمين في الكون يتجاذبان بقوة تتناسب طردياً مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسياً مع مربع المسافة بينهما".

أول من توصل إلى هذا القانون هو العالم الإنجليزي اسحق نيوتن ويكتب رياضيا على الصورة:

$$F = G\frac{M\,m}{r^2}$$

حيث أن: F هي قوة التجاذب بين الجسمين

M كتلة الجسم الأول m كتلة الجسم الثاني

r المسافة بين الجسمين G ثابت الجذب العام

وقيمة ثابت الجذب العام G في النظام KMS هي $6.67\times10^{-11}\ N\ m^2/Kg^2$

وقوة التجاذب بين أي جسيمين في الكون تكون متبادلة أي تحقق قانون نيوتن الثالث (الفعل ورد الفعل)، بمعني أن الجسم الأول يجذب الجسم الثاني بقوة F، وهذه القوة تساوي القوة التي يجذب بها الجسم الثاني الجسم الأول 'F.

يرجع الفضل إلى قوى التجاذب في تماسك الكون فالشمس مثلا تجذب نحوها الكواكب، كالأرض والمريخ و.....، والأرض تجذب نحوها القمر والأقمار الصناعية.

علاقة ثابت الجذب العام مع تسارع الجاذبية الأرضية:

إذا كان لدينا جسما كتلته m موجود بالقرب من سطح الأرض التي كتلتها M ونصف قطرها R_E، فان قوة جذب الأرض للجسم هي:

$$F = G\frac{Mm}{(R_E)^2}$$

وبفضل هذه القوة يكتسب الجسم تسارعاً g يعطى من قانون نيوتن الثاني على الصورة:

$$F = mg$$

ومن العلاقتين الأخيرتين يمكننا الحصول على علاقة بين g، G عندما يكون الجسم قريب جداً من سطح الأرض:

$$g = \frac{GM}{(R_E)^2}$$

أما إذا كان الجسم يرتفع عن سطح الأرض بمسافة h بحيث يكون بعده عن مركز الأرض d، فإن العلاقة السابقة تكتب على الصورة:

$$g = \frac{GM}{d^2}$$

حيث: $d = R_E + h$

ويلاحظ أن g تتناسب عكسياً مع بعد الجسم d عن مركز الأرض، أي أن g تتناسب عكسياً مع إرتفاع الجسم h عن سطح الأرض.

مثال (7):

احسب كتلة الأرض إذا علمت أن $G = 6.67\times10^{-11}\ N\ m^2/Kg^2$،
$g = 9.8\ m/sec^2$ ، $R_E = 6.37\times10^6\ m$

الحل:

من العلاقة التي تربط بين ثابت الجذب العام G وتسارع الجاذبية الأرضية g نجد أن:

$$M = \frac{g(R_E)^2}{G}$$

$$M = \frac{9.8\times\left(6.37\times10^6\right)^2}{6.67\times10^{-11}}$$

$$= 5.96\times10^{24}\ kg$$

تمرين:

القمر الصناعي عرب سات يدور حول الأرض علي ارتفاع ٣,٦ × ١٠^{٧} متر. فإذا كانت كتلته ١٠^{٣} كجم ونصف قطر الأرض ٦,٣ × ١٠^{٦} متر، وكتلتها ٦ × ١٠^{٢٤} كجم، وثابت الجذب العام 6.67×10^{-11} نيوتن متر^{٢} / كجم^{٢}، احسب السرعة الخطية للقمر ليظل في نفس المدار، ثم احسب الزمن الدوري لدوران القمر والقوى المؤثرة عليه.