

قانون الحركة الثاني لنيوتن

د. مسلم المياح

قانون التعجيل (العجلة) : The Law of Acceleration

أن كل حركة تحدث لابد أن تكون هناك قوة داخلية أو خارجية وإلا ما حدثت الحركة ، ويكون مقدار الحركة متناسباً مع القوة المؤثرة ، فكلما كانت القوة المستخدمة كبيرة كانت الحركة أكبر ، ومن الطبيعي أن اتجاه حدوث الحركة يتم باتجاه القوة المؤثرة .

و ينص القانون على مايلي:

"يتناسب التسارع المتولد في الجسم مع القوة المحدثه له، ويكون في اتجاهها".

أو "يتناسب معدل التغيير في كمية حركة الجسم مع القوة المحدثه له ، ويحدث ذلك في الخط المستقيم الذي تؤثر فيه هذه القوة".

وهو بذلك يصف كيفية تغيير الجسم لحركته عند تأثير قوة عليه. ويعتمد مقدار تغيير الحركة على مقدار القوة المؤثرة، وكتلة الجسم. فإذا زادت الكتلة، قلّ مقدار تغيير حركة الجسم، والعكس صحيح وذلك عند التأثير بقوة معينة على الجسم. ولذا ففي حالة تأثير القوة نفسها على جسمين، فإن تغيير حركة الجسم الأقل وزناً يكون أكثر. وينص قانون نيوتن الثاني أيضاً على أن تأثير قوة معينة يكون دائماً في اتجاهها؛ فإذا دُفع جسم صوب الغرب، مثلاً، فإنه يتحرك في هذا الاتجاه وليس الاتجاه المضاد. ويكتب قانون نيوتن الثاني على النحو التالي.

$$ق = ك ج$$

حيث (ق) هي القوة المؤثرة، و(ك) الكتلة، و (ج) التعجيل. ويستخدم العلماء هذه العلاقة لوصف حركة جميع أنواع الأجسام وتبعاً لقانون نيوتن الثاني، تنتسب القوى في إحداث تغييرات في حركة الأجسام. لنفترض أنّ شخصاً أطلق رصاصة من ماسورة بنديقيّة في اتجاه أفقي، فحسب قانون نيوتن الأول، فإن الرصاصة تستمر في الحركة في خط مستقيم للأبد ما لم تؤثر عليها قوة ، ولكن جاذبية الأرض تؤثر على الرصاصة وتسقطها نحو الأرض.

يحدث هذا السقوط لأن قوة الجاذبية تجذب الرصاصة إلى أسفل، في اتجاه عمودي على اتجاه الحركة إذا أطلقت الرصاصة أفقياً من ارتفاع 4,9م فوق سطح الأرض، فإن الرصاصة سوف تتسارع بوساطة الجاذبية، وتصطدم بالأرض بعد ثانية واحدة - وهو الزمن الذي يستغرقه جسم ساقط من الارتفاع نفسه سقوطاً حرّاً نحو الأرض. وبسبب الجاذبية، حُدّد للبنادق والمدافع مدى مُعيّن لإصابة الهدف، كما يجب أن تُطلق الرصاصات في اتجاه أعلى قليلاً لزيادة المدى ولتعويض مسافة السقوط.

الحركة فعل أو حدث ينتج عن تغير موضع جسم ما في الفراغ، وهي نسبية وليست مطلقة. ويمكن لجسم ما أن يكون في حالة حركة بالنسبة لجسم آخر، بينما يكون ساكناً بالنسبة لجسم ثالث. فعلى سبيل المثال، هب أنك تركب قطاراً، وتمرّ بشخص ما يقف بجوار سكة القطار، هذا الشخص سوف يراك، كما يرى جميع من بالقطار، في حالة حركة، بينما يراك الشخص الجالس إلى جوارك بالقطار ساكناً بالنسبة له.

وكل مكونات هذا الكون في حالة حركة. فبينما تجلس لقراءة هذه الصفحة، فإنك في واقع الأمر تتحرك بسرعة عالية لأن الأرض تدور حول محورها، كما أنك تدور مع الأرض في دورانها حول الشمس. وبالإضافة إلى ذلك، فإن الشمس والأرض وباقي كواكب مجموعتنا الشمسية مشتركة في الدوران العام حول مركز مجرتنا وفي حركة المجرة في هذا الكون .

يُسمى فرق الحركة بينك وبين الجسم الذي تنتظر إليه الحركة الظاهرية. فلو افترضنا أنك تركب سيارة، بينما تتحرك سيارة أخرى أسرع قليلاً من سيارتك. فإنك سوف تراها كما لو كانت متحركة حركة ظاهرية محدودة بالنسبة لسيارتك، وفي هذه الحالة، تصبح سيارتك هي إطار الإسناد (أو الإطار المرجعي).

ويوجد شكلان مهمان للحركة يسمى أحدهما الحركة المستقيمة، حيث تتحرك الأجسام في خطوط مستقيمة. وتحدث هذه الحركة عادة عندما تتحرك الأجسام حركة حرة طليقة. أما الحركة الثانية التي تتم على مسار متعرج فإنها تسمى الحركة المنعرجة، وفيها تُدفع الأجسام جانباً بواسطة قوى.

وعندما تتغير كمية حركة جسم ما تغيراً مفاجئاً فإن هذا التغير يعني قوة معينة تمت في زمن كما أن للكتلة تأثيراً مهماً في قيم القوة اللازمة فاللاعب ذو الكتلة الكبيرة يحتاج إلى قوة وكمية حركة أكبر من الأصغر كتلة .

مثال : لاعب يزن 120 كجم وآخر يزن 60 كجم قطع الاثنان مسافة 100 متر بزمن 12 ثانية فما مقدار القوة المبذولة

- الحل

100

$$120 \times = 1000 \text{ نيوتن}$$

12

100

$$60 \times = 500 \text{ نيوتن}$$

12

أي أن صاحب الكتلة الأكبر يحتاج إلى قوة أكبر وكمية حركة أكبر من الآخر لقطع المسافة نفسها وفي الزمن نفسه .

الصيغة الرياضية :

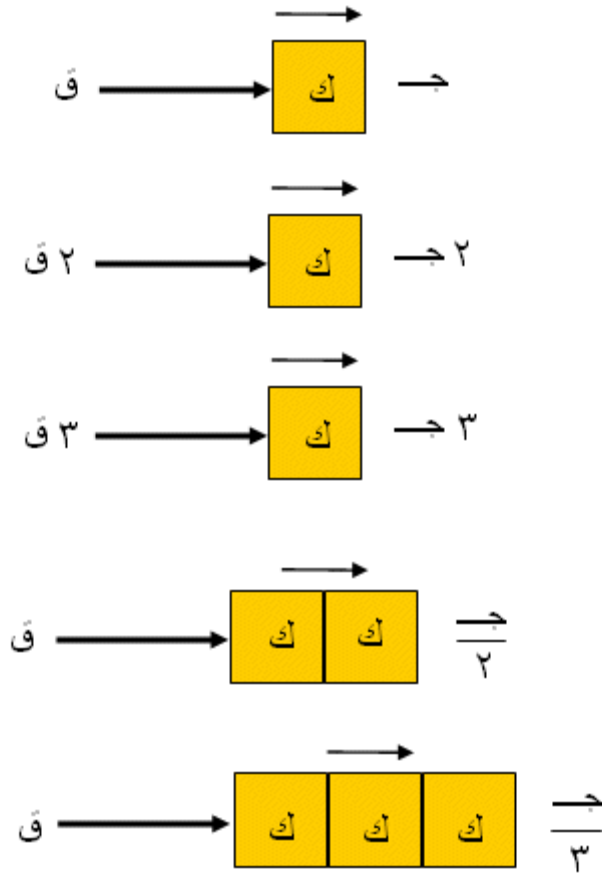
$$\frac{\vec{Q}}{K} = \vec{J}$$

$$\vec{Q} = K \vec{J}$$

حيث :

\vec{Q} : تعني محصلة القوى المؤثرة ، وتقدر بوحدة نيوتن.
 ك : تعني كتلة الجسم ، وتقدر بوحدة كجم.
 ج : تعني عجلة الجسم ، وتقدر بوحدة م/ث^٢.

إذا أثرنا بقوة معينة (ق) على جسم كتلته (ك) يتحرك أفقياً فإن الجسم يكتسب عجلة ، وعندما تزداد القوة المؤثرة عليه فإن عجلته تزداد.



أي أن هناك تناسباً طردياً بين العجلة التي يتحرك بها الجسم والقوة المؤثرة عليه عند ثبات كتلته.

$$\text{ج} \propto \text{ق} \quad (1)$$

وعند ثبات القوة المؤثرة في الجسم، فإنه إذا تضاعفت كتلة الجسم فإن عجلته تنخفض إلى النصف. أي أن العجلة (التسارع) تتناسب عكسياً مع كتلة الجسم، فالجسم ذو الكتلة الأكبر يتحرك بعجلة أقل تحت تأثير نفس القوة والعكس بالعكس.

$$\text{ج} \propto \frac{1}{\text{ك}} \quad (2)$$

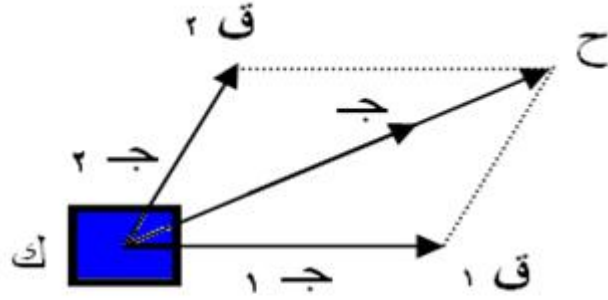
ومن العلاقتين (1) و (2) نجد :

$$\frac{\sum \text{ق}}{\text{ك}} = \text{ج}$$

ومن العلاقة الرياضية لقانون نيوتن الثاني يتضح لنا ما يلي:

تكون العجلة التي يتحرك بها الجسم أو مجموعة الأجسام دائماً باتجاه القوة أو محصلة القوى المؤثرة، فإذا كان اتجاه القوة المؤثرة على جسم ما في نفس اتجاه حركته – أي اتجاه سرعته – فإن العجلة تكون في نفس اتجاه السرعة وتكون عجلة موجبة "تسارع" وهي تسبب زيادة في سرعة الجسم. أما إذا كان اتجاه القوة المؤثرة على الجسم عكس اتجاه حركته فإنها تكون عجلة سالبة "تباطؤ" وهي تسبب تناقص سرعة الجسم حتى يتوقف.

عندما يخضع جسم ما لتأثير قوتين ق1، ق2 باتجاهين مختلفين، فإن كلا من القوتين ستكسب الجسم عجلة، ويكون خط عمل العجلة منطبقاً على خط عمل القوة وبنفس اتجاهها، وعندئذ يتحرك الجسم باتجاه محصلة هاتين القوتين، وبعجلة تساوي محصلة العجلتين كما في الشكل التالي.



$$\vec{Q} = \vec{Q}_1 + \vec{Q}_2$$

عندما تنعدم القوى المؤثرة في الجسم أو تكون محصلتها تساوي صفر فإن عجلة الجسم تساوي صفر، وعندها يكون الجسم إما ساكناً أو يتحرك بسرعة منتظمة في خط مستقيم. وهي نفس النتيجة التي تحقق قانون نيوتن الأول.

الكتلة والوزن:

نعلم أنه إذا ترك جسم حراً من مكان مرتفع فإنه يسقط متجهاً نحو الأرض بتعجيل معين وهو تعجيل الجاذبية الأرضية. وحيث أن الجسم يتحرك بتعجيل فلا بد من وجود قوة تسبب هذا التعجيل (قانون نيوتن الثاني) هذه القوة هي قوة جذب الأرض للجسم وتسمى وزن الجسم أو ثقله ويجب التمييز بين وزن الجسم وكتلته فالوزن قوة أما الكتلة فليست قوة بل هي مقدار ما يحويه الجسم من مادة.

ولما كانت قوة جذب الأرض تؤثر في الجسم بفعل وزنه لذا يمكننا التعويض عن القوة بالوزن لتصبح المعادلة على

الشكل التالي:

$$ج = \text{التعجيل الأرضي للجسم}$$

$$و = ك \times ج$$

و

$$\text{أو } ك = \frac{و}{ج}$$

ج

ولتوضيح الفرق بين الكتلة والوزن نفرض أن لدينا ميزاناً زنبركياً وعلقنا في خطافه جسماً فسجل الميزان قراءة معينة ثم انتقلنا إلى القطب الشمالي نجد أن قراءة الميزان أكبر قليلاً من القراءة الأولى أما إذا انتقلنا إلى خط الاستواء فإننا نجد أن قراءة الميزان أصغر قليلاً من الأولى، وبما أن قراءة الميزان تتوقف على استطالة الزنبرك واستطالة الزنبرك تتوقف على قوة جذب الأرض للجسم أي على وزن الجسم إذن وزن الجسم يتغير من مكان لآخر على سطح الأرض، لكن كتلته ثابتة لا تتغير من مكان لآخر لأنها مقدار ما تجمع في الجسم من مادة.

ويمكن توضيح ذلك بالمثل التالي:

رياضي يزن 980 نيوتن فإن

$$\begin{array}{rcl} & \text{الوزن} & \\ & 980 & \\ & = & \\ & \text{التعجيل} & \\ & 9.8 & \\ & = & \\ & \text{كتلته} & \\ & = & \\ & 100 \text{ كغم} & \end{array}$$