قوانين نيوتن للحركة Newton's Laws of Motion

كان إسحاق نيوتن هو أول من قدم مفهومي الكتلة والقوة، إلى حد كبير لفهم النتائج التجريبية التي توصل إليها العلماء السابقون وخصوصا العالم غاليليو غاليلي الذي استطاع ان يصف الحركة واثبت ان الاجسام تتسارع في حالة السقوط لكنه لم يستطيع ان يحدد قيمة هذا التسارع. وباستخدام هذه المفاهيم أو المبادئ، كان قادرًا على طرح ثلاثة قوانين أساسية للحركة (أي قوانين نيوتن للحركة) والتي يعتمد عليها الكثير من الفيزياء الكلاسيكية.

قانون نيوتن الاول Newton's First Laws

ويسمى بقانون الاستمرارية Continuity وايضا بقانون القصور الذاتي law of inertia وينص على ان:

يظل الجسم ساكنا أو في حركة منتظمة (بسرعه ثابتة وعلى خط مستقيم) ما لم تؤثر عليه قوة خارجية.

قانون نيوتن الثاني Newton's Second Laws

وينص على ان:

اذا اثرت قوه على جسم فأنها تكسبه تسارعا يتناسب طرديا مع مقدار تلك القوه. اي ان:

$$F \propto a \Rightarrow F = ma$$

الصياغة اعلاه هي صياغة نيوتن نفسة للقانون وبعد فترة زمنية تم اعادة الصياغة بشكل اكثر دقة:

القوه هي المعدل الزمني لتغير الزخم الخطي للجسم

$$F = \frac{dp}{dt} = \frac{dmv}{dt} = m\frac{dv}{dt} = ma$$

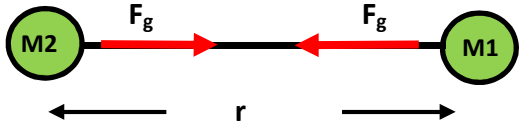
1.3. قانون نيوتن الثالث Newton's Third Laws

ويسمى ايضا بقانون الفعل ورد الفعل وينص على ان :

إذا مارس جسمان قوه على بعضهما البعض، فإن هذه القوه متساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتجاه

2. قانون نيوتن في الجاذبيه Newton's Law of Gravitation

كل جسيم من المادة في الكون يجذب كل جسيم آخر بقوة تتناسب طرديًا مع حاصل ضرب كتل الجسيمات وتتناسب عكسيًا مع مربع المسافة بينهما.



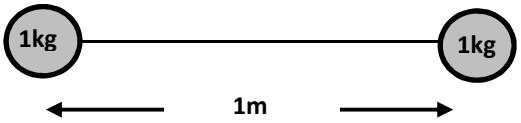
$$F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

حيث ان $\boldsymbol{G}$ هو ثابت التناسب ويطلق علية بثابت الجذب العام وهو احد اهم الثوابت الكونية في الفيزياء وقيمته $\boldsymbol{1.N = kg.m.\ s^{-2}}$ حيث ان $\boldsymbol{6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2\ .kg^{-2}}$

6.1. اختبار قانون الجاذبية

ولاختبار صحه هذا القانون والذي ينطبق على اي كتلتين في الكون نفرض ان لدينا كتلتين مقدار كل واحدة منهما $\mathbf{1\ kg}$ موضوعتين على منضده البعد بينهما $\mathbf{1m}$ والسؤال هو كم مقدار الجاذبية بينهما؟

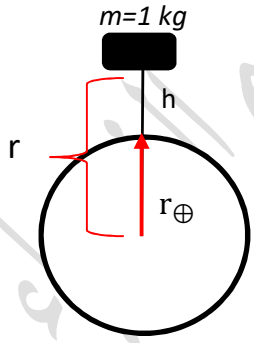


نطبق قانون نيوتن للجاذبية بصورة مباشره لنحصل على:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2} = 6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2\ .kg^{-2}\frac{1kg \times 1kg}{1\ m^2} = 6.67 \times 10^{-11}N$$

وهذه قوه صغيرة جدا جدا لذلك فهي غير كافية لجذب الكتل على الرغم من وجودها.

مثال/ احسب قوة الجذب لجسم كتلته $\mathbf{1\ kg}$ يبعد مسافة $\mathbf{h}$ عن الارض($\mathbf{h}$ اقل من نصف قطر الارض) اذا علمت ان كتلة الارض مقدارها $\boldsymbol{m_\oplus = 5.97 \times 10^{24} kg}$ ونصف قطرها $\mathbf{r_\oplus = 6.371 \times 10^6 m}$؟



الحل:

نحسب المسافة الكلية بين الارض والكتلة m حيث:

$$r = \mathrm{r}_\oplus + h \approx \mathrm{r}_\oplus$$

وذلك لان $\mathrm{r}_\oplus \gg h$

$$F = G\frac{\boldsymbol{m_\oplus} m_2}{r_\oplus^2} = 6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2\ .kg^{-2}\ \frac{5.97 \times 10^{24} kg \times 1\ kg}{(6.371 \times 10^6 \mathrm{m})^2} = 9.82\ N$$

الان وبعد ان اكتشف نيوتن قوانينه في الحركة والجاذبية استطاع ان يحسب قيمة التعجيل الارضي او التسارع الذي استنتجه غاليليو غاليلي في تجاربه ولكنه لم يحدد قيمته؟

$$F = mg$$

حيث g هو التعجيل الارضي

$$F = G\frac{m\ \ m_{\oplus}}{r_{\oplus}^2}$$

$$mg = G\frac{m\ \ m_{\oplus}}{r_{\oplus}^2}$$

$$g = G\frac{m_{\oplus}}{r_{\oplus}^2} = 6.67\ \times\ 10^{-11}\ kg.m.\ s^{-2}.m^2\ .kg^{-2}\ \frac{5.97\times10^{24}kg}{(6.371\times10^{6}\mathrm{m})^2}$$

$$= 9.8\ m.s^{-2}$$

ملاحظة (عوضنا عن N ب $kg.m.\ s^{-2}$)

الان بقي تساؤلان في ذهن نيوتن وهما (1) لماذا تدور الكواكب بمسارات اهليجية حول الشمس و(2) لماذا تدور الكواكب اصلا؟ من المعلوم وكما بينا في المحاضرات السابقة بان قوانين كبلر هي قوانين وصفية استنتجها على اساس الارصاد التي بين يدية وليست على اساس رياضي. انبرى لهذه المهمة نوتن لكي يجيب على تساؤلاته وخصوصا التساؤل الاول ولكي ايضا ان يضع قوانين كبلر ضمن نموذج رياضي منطقي ولأجل الاتيان بهذه المهمة اخترع رياضيات التفاضل والتكامل لتسهيل مهمته.

<u>اشتقاق قوانين كبلر</u>

$$F = ma$$

يمكن ان نكتب المعادلة اعلاه بالشكل التالي:

$$F = m\frac{d^2r}{dt^2} \quad \ldots\ldots\ldots 1$$

$$F = -G\frac{M.m}{r^2}\ \hat{r} \quad \ldots\ldots\ldots 2$$

من مساواة المعادلة 1 و2 نحصل على: $m\frac{d^2\bar{r}}{dt^2} = -G\frac{M.m}{r^2(t)}\hat{r}$

أعداد الدكتور فراس منير - قسم الفيزياء