دولة ليبيا
وزارة التعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الفيزياء

للسنة الثانية بمرحلة التعليم الثانوي

القسم العلمي

الاسبوع التاسع عشر

المدرسة الليبية بفرنسا ـ تور

العام الدراسي:
1441 / 1442 هـ . 2020 / 2021 م.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة 11

القوة والحركة

Force and motion

مخرجات التعلم

في هذه الوحدة، سوف

- ☐ تفهم قانون نيوتن الأول.
- ☐ تعرف بعض أنواع القوى.
- ☐ تفهم قانون نيوتن الثاني وكيفية تطبيقه على الأجسام التي تتحرك في خط مستقيم.
- ☐ فهم فكرة التوازن.

1-11 قانون نيوتن الأول (Newton's First Law)

درسنا كيف نستعمل الرياضيات لنصف حركة جسم، وأجاب العالم الإنجليزي إسحاق نيوتن (1643-1727) (Isaac Newton) عن السؤال الذي يقول «كيف نستطيع باستخدام الرياضيات شرح لماذا تتحرك الأجسام بهذه الطريقة؟» في كتاب ضمنه ثلاثة قوانين سُميت بقوانين نيوتن للحركة (Newton's Law of Motion)، ومن الحقائق المذهلة أن تكون كل الميكانيكا التي ندرسها هي نتاج تطبيق هذه القوانين.

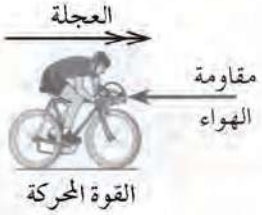
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

قانون نيوتن الأول:
كل جسم يبقى على حالته من السكون أو الحركة المنتظمة في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوى خارجية تغير من حالته.

من الصعب أن نرى هذا القانون مطبقًا على سطح الأرض أو قريبًا منها، وذلك لاستحالة التخلص من كل القوى. وقد حاول مخترعون اختراع آلات دائمة الحركة ولكنهم فشلوا.

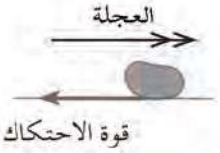
ولكن يمكن أن نقترب من تطبيق القانون كما في المثال التالي:

فعندما تركب دراجة وتقودها على سطح مستوٍ فإنه بإمكانك قيادتها بسرعة منتظمة لفترة ما، ولكن بعد فترة ستتناقص هذه السرعة بفعل مقاومة الهواء- مثلًا، وهذا موضح في(شكل11- 1)حيث عبرنا عن مقاومة الهواء بسهم في عكس اتجاه الحركة.



شكل11- 1

مثال آخر: عندما تقذف بحجر على سطح بحيرة متجمدة، فإن الحجر سيتوقف في النهاية مهما كانت نعومة الجليد، وذلك بسبب الاحتكاك بين سطح الحجر والسطح الجليدي (انظر شكل11- 2).



شكل11- 2

الذي يقوله قانون نيوتن الأول هو: إذا كانت سرعة الجسم تتزايد أو تتناقص، فإنه لابد من وجود شيء ما يسبب في هذا التغير، وهذا الشيء أسماه نيوتن بالقوة (Force).

فمقاومة الهواء والاحتكاك نوعان من أنواع القوة.

11-2 القوة والعجلة
Force and Acceleration

من قانون نيوتن الأول نعرف فقط أن هناك قوة تسبب في تغيير سرعة الجسم، ولكننا لا نعرف شيئًا عن مقدار القوة ولا مقدار العجلة التزايدية أو التناقصية الناتجة عن تأثير هذه القوة، وهذا موضوع قانون نيوتن الثاني.

افرض أن السيارة التي تقودها نفذ منها الوقود على بعد مسافة قصيرة من محطة وقود. يمكن أن تقنع الراكبين معك في دفع السيارة إلى المحطة، وهو ما نوضحه في(شكل11- 3).

شكل11- 3

في البداية كانت السيارة واقفة، ولكن الدفع سبب في تحرك السيارة بسرعة تزايدية، نرى في الشكل أن اتجاه القوة واتجاه العجلة في نفس الاتجاه، منطقيًا أنه كلما زاد الدفع كلما زادت العجلة التي تتحرك بها السيارة، وهذا هو ملخص قانون نيوتن الثاني الذي يقول:

التغير في الحركة يتناسب طرديًا مع القوة المؤثرة، ويكونان في نفس الاتجاه.

ولكننا من التجربة نعرف أن دفع سيارة صغيرة يختلف عن دفعنا لحافلة كبيرة، وعليه فيجب أن نأخذ في اعتبارنا جسامة الجسم المتحرك، وهو ما نعبر عنه بالكتلة (Mass).

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

وحدة الكتلة في النظام العالمي للوحدات هي الكيلو جرام، واختصارًا (kg)، وفي بعض الأحيان نعبِّر عن كتلة الأجسام الكبيرة بالطن (tonne)، حيث (1 tonne = 1000 kg)، ونعبِّر عن كتلة الأجسام الصغيرة بالجرام، واختصارًا (g)، حيث $(1\,g = \frac{1}{1000}\,kg)$ فمثلًا كتلة سيارة صغيرة حوالي طن واحد، وكتلة دبوس حوالي جرام واحد.

نص قانون نيوتن الثاني يقول حرفيًّا: إن القوة المؤثرة على الجسم تتناسب طرديًّا مع حاصل ضرب الكتلة والعجلة الناتجة، فإذا رمزنا للقوة (force) بالرمز (F)، ولكتلة الجسم (mass) بالرمز (m)، وللعجلة (acceleration) بالرمز (a)، فإننا يمكن أن نكتب القانون جبريًّا كالتالي:

$$F = c\,m\,a$$

حيث (c) ثابت التناسب.

كيف نتعامل مع الثابت (c)؟ الجواب يكمن في حيلة ذكية وهي في اختيارنا لوحدات القوة (F) حتى يكون مقدار الثابت (c) مساويًا للواحد الصحيح. ونستطيع ذلك، لأننا نعرف أن وحدات الكتلة هي (kg)، ووحدات العجلة هي (m/s^2)، ولكننا لم نشر إلى حد الآن إلى وحدات القوة فنختار وحدات القوة لتكون نيوتن (newton)، وهو مقدار القوة التي نحتاجها لتسبب عجلة مقدارها $(1\,m/s^2)$ عندما تؤثر على جسم كتلته (1kg).

وبالتعويض في المعادلة السابقة نجد أن:

$$1 = c \times 1 \times 1$$

أي أن $(c = 1)$

ووحدة القوة نيوتن تكتب اختصارًا (N). فنلخص قانون نيوتن الثاني كالتالي:

قانون نيوتن الثاني:

عندما تؤثر قوة مقدارها (FN) على جسم كتلة (m kg)، فإن مقدار العجلة الناتجة $(a\,m/s^2)$ تُعطى بالعلاقة التالية:

$$F = m\,a$$

مثال محلول 11 - 1

تدفع قوة مقدارها (150 N) سيارة كتلتها (1200 kg)، احسب عجلة السيارة، وأوجد الزمن اللازم لتصل سرعتها (1.5 m/s).

الحل:

لإيجاد العجلة نستخدم قانون نيوتن الثاني:

$$F = ma$$

$$150 = 1200\,a$$

ونجد أن:

$$a = 0.125\ m/s^2$$

ولإيجاد الزمن نستخدم القانون:

$$v = u + at$$

$$1.5 = 0 + 0.125t$$

أي أن:

$$t = 12s$$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مثال محلول 11 – 2

وُضِعَ حجر كتلته (18 kg) فوق سطح جليدي، ثم قذف بقوة مما جعله يكتسب سرعة مقدارها (2 m/s)، فإذا توقف الحجر بعد مسافة (30 m)، احسب عجلة الحجر التقصيرية، واحسب قوة الاحتكاك.

الحل:

نجد العجلة من معادلة الحركة:

$$v^2 = u^2 + 2as$$

$$0 = (2)^2 + 2 \times a \times 30$$

أي أن:

$$a = -\frac{4}{60} = -\frac{1}{15} m/s^2$$

في شكل 11– 4 نرى أن قوة الاحتكاك في عكس اتجاه الحركة، أي أن قانون نيوتن الثاني:

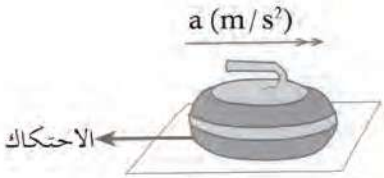
$$F = m\,a$$

يكتب كالتالي:

$$-f = m\,a$$

$$-f = 18 \times (-\frac{1}{15})$$

أي أن قوة الاحتكاك، أو $(f = 1.2\ N)$.



شكل 11– 4

11 – 3 بعض أنواع القوى الأخرى

Some other types of forces

هناك طريقة أخرى لتوصيل السيارة التي نفد منها الوقود إلى محطة الوقود، وهي أن تجرها سيارة أخرى إلى المحطة، وفي هذه الحالة تكون القوة هي قوة جذب الخيط، وتسمى القوة في هذه الحالة بقوة الشد، وهو ما نراه في (شكل 11– 5).

شكل 11– 5

الاحتمال الآخر لتوصيل السيارة إلى محطة الوقود، هو أن تمشي إلى المحطة راجلًا وتشتري صفيحة من البنزين، ثم تقود السيارة إلى المحطة، وفي هذه الحالة تسمى القوة بقوة القيادة، وهو ما نراه في (شكل 11– 6).

شكل 11– 6

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مثال محلول 11 – 3

يجـذب أقوى رجل في العالم شـاحنة كتلتها (20 tonne) بواسـطة خيط، فإذا كان الشد في الخيط (800 N)، أوجد الزمن الذي يستغرقه الرجل في الجذب لتتحرك الحافلة مسافة (1 m).

الحـــل:

باستخدام قانون نيوتن الثاني: $F = ma$

$$F = T = ma$$

ومراعاة أن تكون كتلة السيارة بالكيلوجرام، نجد أن:

$$800 = (20 \times 1000)a$$

$$a = 0.04\ m/s^2$$

ولإيجاد الزمن نستخدم معادلة الحركة:

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$1 = 0 + \frac{1}{2} \times 0.04\ t^2$$

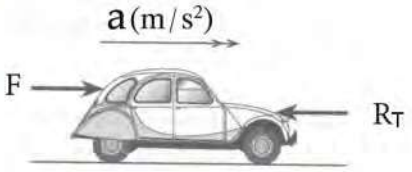
$$t = \sqrt{\frac{1}{0.02}} = \sqrt{50} = 7.07s$$

11-4 القوى المؤثرة معًا

Forces Acting together

في بعض الأحيان تؤثر أكثر من قوة في آن واحد على الجسـم، مثلا، دعنا نفكر في السيارة التي نفذ منها الوقود وتوقفت. في البداية نحتاج إلى قوة دفع أقل وعندما تتحرك السيارة فإنه توجد قوة مقاومة للحركة، وما علينا إلا دفع السيارة بقوة دفع مساوية لهذه المقاومة، وهذا ما نوضحه في شكل 11 – 7، حيـث (F) تمثـل قوة الدفع، وهي في اتجاه الحركة، بينما(R_T) تمثل المقاومـة (Resistance)، وهي تؤثر في عكس اتجاه الحركة، وحيث إنه لا توجد عجلة، فإن: $F - R_T = 0$

وتسمى($F - R_T$) بالقوة الصافية (Net Force).



شكل 11 – 7

إذا أثرت عدة قوى على جسم موازية لاتجاه الحركة، فإن القوة الصافية تكون الفرق بين مجموع القوى في اتجاه معين ومجموع القوى في الاتجاه المضاد، وفي اتجاه الأكبر.

فإذا كانت القوة الصافية صفرًا، فإن القوى على الجسم تكون في حالة اتزان (Equilibrium)، ويكون الجسم في حالة سكون، أو يتحرك بسرعة منتظمة (قانون نيوتن الأول).

القوة الصافية هي حاصل ضرب كتلة الجسم والعجلة (قانون نيوتن الثاني).

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مثال محلول 11- 4

يريد طفلان دفع صندوق على أرضية حجرة، الطفل الأول يجذب الصندوق بقوة (20 N)، والثاني يدفع الصندوق بقوة (25 N)، ولكن الصندوق لا يتحرك، أوجد قوة الاحتكاك المقاومة للحركة.

الحل:

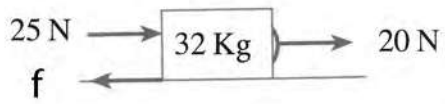
يوضح شكل 11- 8 القوتين المؤثرتين على الصندوق، فإذا كانت قوة الاحتكاك (f)، فإن القوة الصافية تكون (f -25+20)، وحيث إن الصندوق لا يتحرك، فإن:

$$20 + 25 - f = 0$$

أي أن:

$$f = 45N$$

لاحظ أن كتلة الصندوق لم تدخل في حساباتنا، ومقدار قوة الاحتكاك تكون هي نفسها بغض النظر عن كتلة الصندوق طالما كان الصندوق في حالة سكون.



شكل 11- 8

مثال محلول 11- 5

يدفع عاملان صندوق أسمنت كتلته (300 kg) على الأرض، يدفع العامل الأول الصندوق بقوة (200 N) والثاني بقوة (240 N)، فإذا كانت قوة الاحتكاك بين الصندوق والأرض (380 N)، أوجد العجلة التي يتحرك بها الصندوق.

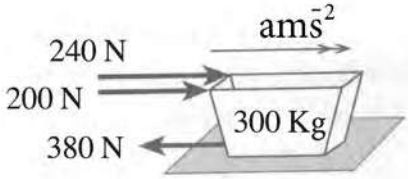
الحل:

يوضح شكل 11- 9 القوى المؤثرة على الصندوق، وباستخدام قانون نيوتن الثاني:

$$F = ma$$
$$200 + 240 - 380 = 300a$$
$$60 = 300a$$

ومنها نجد أن:

$$a = 0.2\ m/s^2$$



شكل 11- 9

مثال محلول 11- 6

يجر خيط عربة كتلتها (250 kg) ضد قوة احتكاك مقدارها (150 N)، فإذا بدأت العربة حركتها من السكون، وقطعت مسافة مقدارها (60 m) في زمن قدره (10 s)، أوجد الشد في الخيط.

الحل:

يوضح شكل 11- 10 القوى المؤثرة على العربة، باستخدام قانون نيوتن الثاني:

$$F = ma$$
$$T - 150 = 250a$$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

لا نستطيع إيجاد (T) في المعادلة السابقة حتى نجد (a)، ولإيجاد (a) نستخدم معادلة الحركة:

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$60 = 0 + \frac{1}{2}a(10)^2$$

ومنها نجد أن:

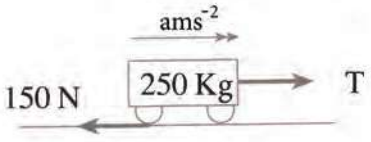
$$a = 1.2\ m/s^2$$

و بالتعويض عن (a) في المعادلة الأولى:

$$T - 150 = 250 \times 1.2$$

نجد أن:

$$T = 450N$$



شكل11- 10

مثال محلول 11- 7

يدفع بحاران قاربًا صغيرًا كتلته (90kg) على الشاطئ بسرعة منتظمة (2m/s). يجـذب الأول القارب بقـوة (P) ويدفع الثاني القارب بقوة (P+15)، فإذا كانت قوة الاحتكاك (105N)، أوجد (P).

الحـــل:

القـوى المؤثـرة على القـارب موضحة فـي شـكل11- 11، وحيث إن القارب يتحرك بسـرعة منتظمة، فإن العجلة تساوي صفرًا، ومن قانون نيوتن الثاني:

$$F = ma$$

$$p + (p + 15) - 105 = 0$$

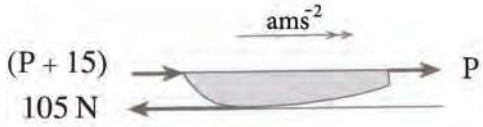
أي أن:

$$2p = 90$$

أو:

$$p = 45N$$

لاحظ أننا لا نحتاج إلى كتلة القارب !!

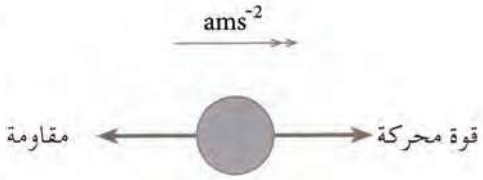


شكل11- 11

11-5 نموذج الجسيم
The particle model

في هذا الفصل استخدمنا قوانين نيوتن على أجسام ذات أحجام مختلفة، مثل السيارة والصندوق والحجر، ولكن في جميع الأحوال تسببت القوى المؤثرة في تغيير سرعة الجسم، ولم تجعل الجسم يدور، في هذه الحالة يمكن اعتبار أن الجسم عبارة عن جسيم (Particle)، [شكل11- 12].

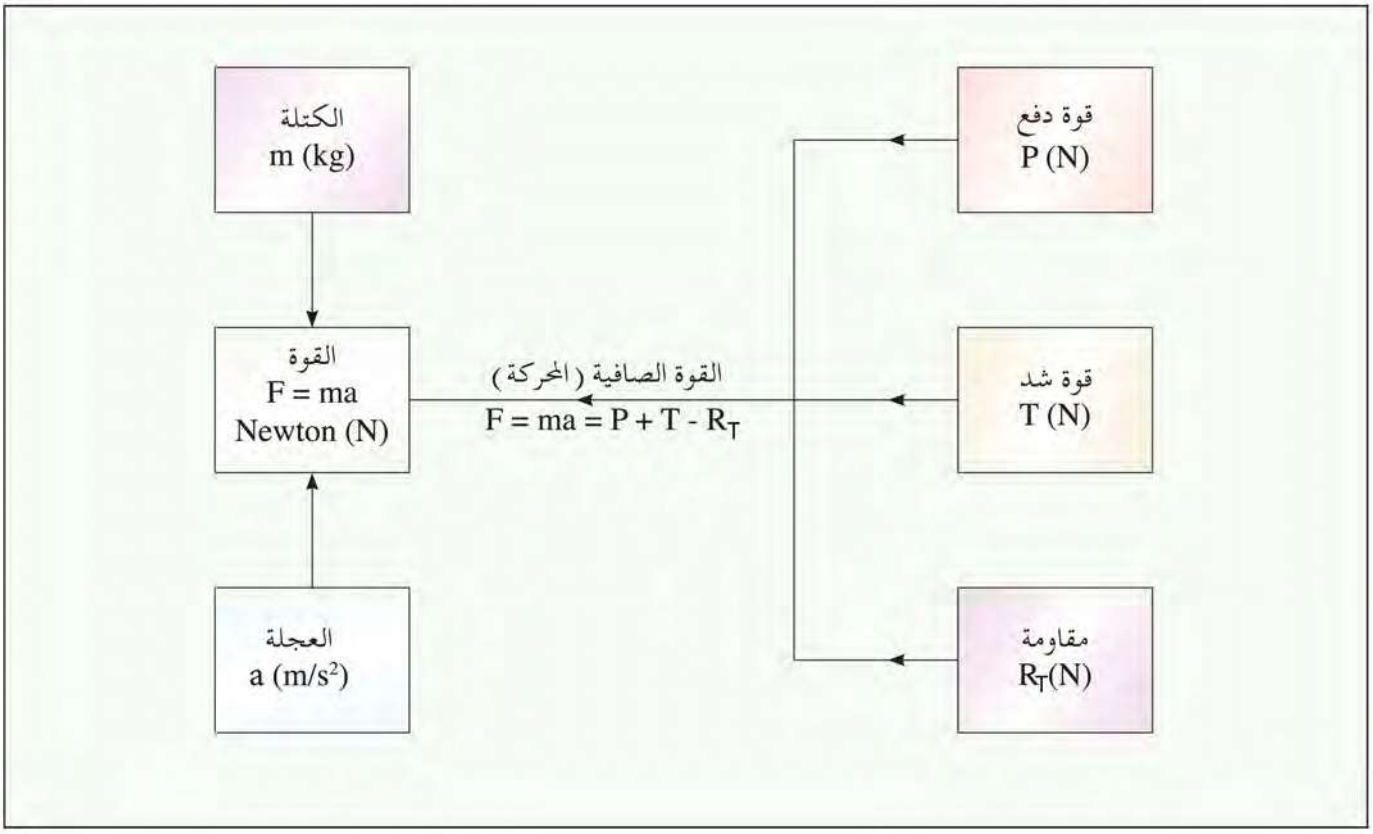
الجسـيم في لغتنا العادية عبارة عن جسم صغير جدًّا، ولكن في الأحوال التـي ذكرناهـا وطالما نحن مهتمون بحركة الجسـم فقط، فإننا نسـتطيع استخدام نموذج الجسيم.



شكل11- 12

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

خريطة مفاهيم



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

المهارة: التفهم والتطبيق وين روابط

لديك سيارة كتلتها 1000 kg . بدأت الحركة من السكون ووصلت سرعتها 10 m/s في زمن قدره 10 s، وقوة احتكاك الأرض بالعجلات 1000 N . دخلت في بقعة زيت على الطريق طولها 125 m ثم سارت على الطريق مرة أخرى.

المشكلة

↓

كيف تحسب قوة محرك السيارة

↓

نحسب أولًا _____

ثم نحسب _____

وبالتالي قوة محرك السيارة = _____

عند تحرك السيارة داخل بقعة الزيت والتي مقاومتها للحركة تساوي صفرًا هل ستتحرك بنفس العجلة التي كانت تتحرك بها سابقًا؟ لماذا؟

_____

_____

هل ستكون عجلة حركة السيارة حينئذٍ أكبر من أو أقل من أو تساوي عجلة حركة السيارة في المرحلة الأولى؟ ولماذا؟

_____

هل تستطيع أن تحسب عجلة حركة السيارة عند خروجها من بقعة الزيت مباشرة؟

_____

_____

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا