دولة ليبيا
وزارة التعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الفيزياء

للسنة الثانية بمرحلة التعليم الثانوي

القسم العلمي

الاسبوع السابع عشر

المدرسة الليبية بفرنسا ـ تور

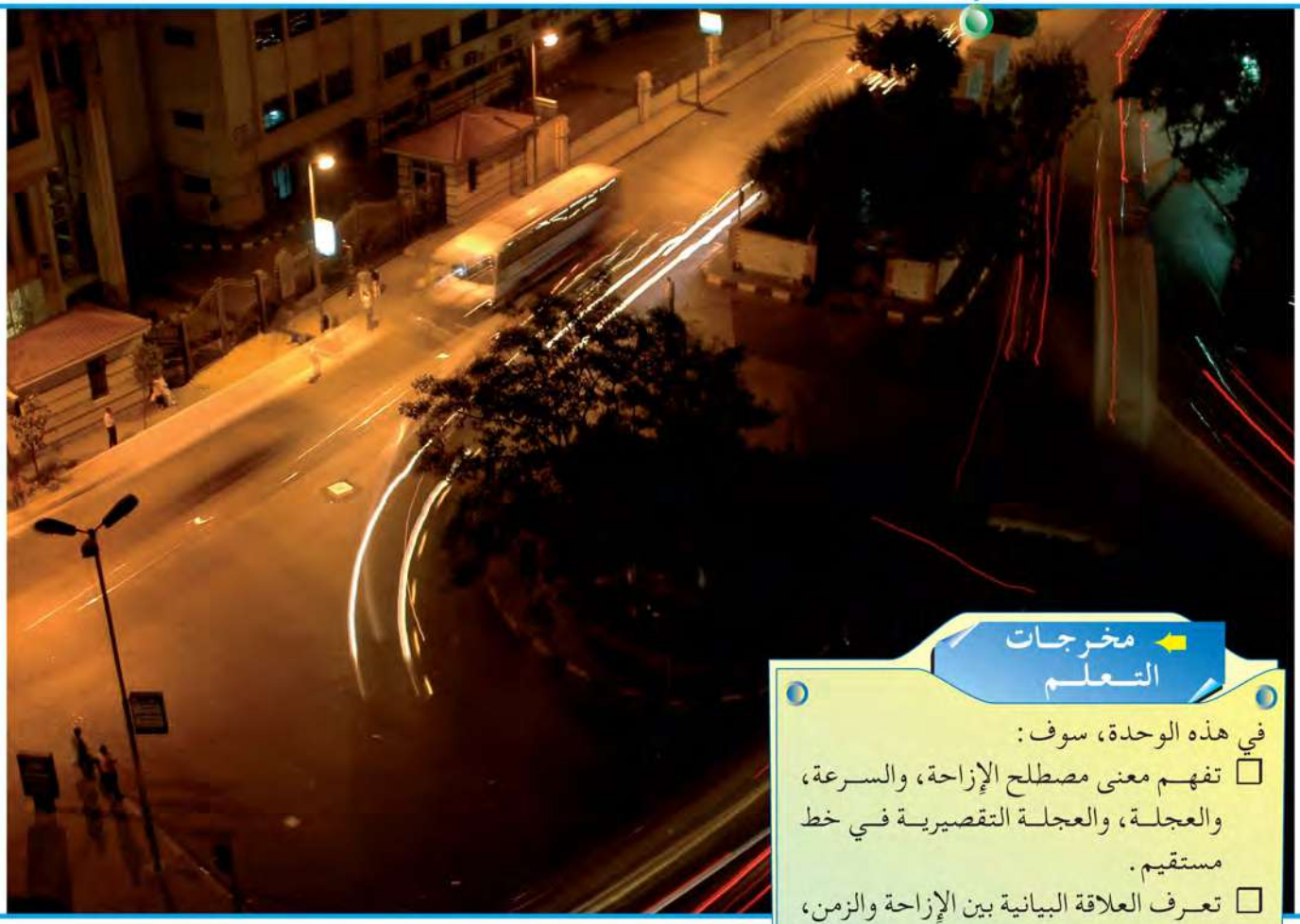
العام الدراسي:
1441 / 1442 هـ . 2020 / 2021 م.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة 10

السرعة والعجلة

Velocity and acceleration



مخرجات التعلم

في هذه الوحدة، سوف:

- ☐ تفهم معنى مصطلح الإزاحة، والسرعة، والعجلة، والعجلة التقصيرية في خط مستقيم.
- ☐ تعرف العلاقة البيانية بين الإزاحة والزمن، والعلاقة البيانية بين السرعة والزمن.
- ☐ تعبر عن السرعة بوحدات الأنظمة المختلفة.
- ☐ تعرف قوانين السرعة المنتظمة والعجلة المنتظمة.
- ☐ تكون قادرًا على حل مسائل الحركة بسرعة منتظمة، وبعجلة منتظمة، والمسائل التي قد تكون أكثر تعقيدًا.

10-1 الحركة بسرعة منتظمة

Motion with constant velocity

تسير فرقة كشفية في خط مستقيم بسرعة (100) خطوة في الدقيقة نحو الشرق، أين ستكون الفرقة بعد (90) دقيقة؟

لاحظ أننا استخدمنا كلمة **السرعة** (velocity) وليس مقدار السرعة (Speed)، فهي مقدار السرعة في اتجاه معين.

فمثلًا: سيارتان تتحركان في اتجاهين متضادين {إحداهما في اتجاه الشمال والأخرى في اتجاه الجنوب} قد يكون لهما نفس مقدار السرعة [مثلًا: 90 كيلومتر في الساعة] ولكن لهما سرعتين مختلفتين ، أحدهما (90 k.p.h) شمالًا، والأخرى (90 k.p.h) جنوبًا.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

يُستخدم الاختصار (k.p.h) بدلًا من (kilometer per hour) وذلك لأنه الاختصار الشائع في أجهزة قياس السرعة للسيارات، ولكن في دراستنا العلمية نستخدم الاختصار (km / hr) وهو الاختصار الذي نستعمله في هذا الكتاب.

فالجواب للسؤال الذي طرحناه هو (9000) خطوة شرقًا ، فتكون الفرقة قد قطعت مسافة – في هذه الحالة تُسمى إزاحة (displacement) – (9000) خطوة شرقًا. فالإزاحة (displacement) هي المسافة(distance) في اتجاه معين.

والإجابة كانت نتيجة ضرب [$100\times 90 = 9000$]، وهي حالة خاصة للقاعدة العامة:

> الجسم الذي يتحرك بسرعة منتظمة (u) في اتجاه معين فإن إزاحته (s) بعد زمن قدره (t) في ذلك الاتجاه تكون ($s = ut$).

المعادلة ($s = ut$) يمكن كتابتها كالتالي:

$$u = \frac{s}{t} \quad \text{أو} \quad t = \frac{s}{u}$$

وعلى الطالب اختيار المعادلة المناسبة لإيجاد المطلوب في كل حالة.

مثال محلول 10 – 1

تقطع سيارة بين طرابلس وبنغازي مسافة (1035 km) شرقًا، بسرعة (90 km/hr). أوجد الزمن المستغرق؟

الحل

نعرف أن ($s = 1035$ km) و ($u = 90$ km / hr)، ونريد أن نجد (t)، فنستخدم القانون:

$$t = \frac{s}{u} = \frac{1035 \text{ km}}{90 \text{ km / hr}} = 11.5 \text{ hr}$$

أو (11) hr و(30) min.

من المعروف أن السيارة لن تسير في خط مستقيم، وقد استخدمنا هذا النموذج الرياضي لتسهيل الحل ليس إلا.

الوحدات المستخدمة في الميكانيكا هي المتر (m) للإزاحة، والثانية (s) للزمن، والمتر لكل ثانية (m/s) للسرعة.

وهذه الوحدات تُسمى بالوحدات العالمية (SI)، وقد اتفق العلماء في جميع أنحاء العالم على استخدام هذه الوحدات.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مثال محلول 10 – 2

حول مقدار السرعة (144 km / hr) إلى (m/s).

الحـل

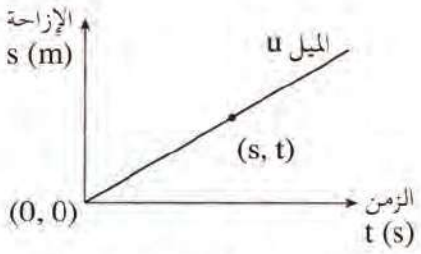
$$144\ \frac{km}{hr} = \frac{144 \times 10^3 m}{60 \times 60\ s}$$

$$= 40\ m/s$$

10 – 2 التمثيل البياني لسرعة
Graphs for constant velocity

ليس من الضروري أن نستخدم المعادلات للتعبير عن النماذج الرياضية، فهناك مثلًا التمثيل البياني. وهناك نوعان مستخدمان من التمثيل البياني في الميكانيكا.

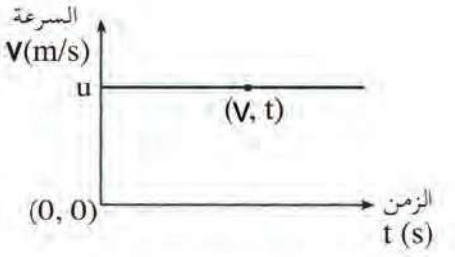
الأول: التمثيل البياني للإزاحة والزمن كالذي في شكل 10– 1، وتكون إحداثيات أية نقطة في الرسم هي (s ،t)، حيث (s) تمثل الإزاحة للجسم المتحرك بعد فترة زمنية (t).
لاحظ أن (s = 0) عندما تكون (t = 0)، أي أن الخط المستقيم يمر بنقطة الأصل فإذا كانت السرعة منتظمة فإن ($u = \frac{s}{t}$)، فيكون ميل الخط المستقيم هو مقدار السرعة الثابتة، أي أن الرسم البياني يكون خطًا مستقيمًا ويكون ميله (u).



شكل 10– 1

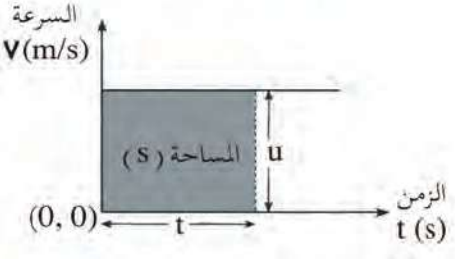
للجسم الذي يتحرك في خطٍ مستقيم بسرعة ثابتة (u) تكون العلاقة البيانية بين الإزاحة والزمن خطًا مستقيمًا ويكون ميله (u).

والنوع الثاني هو **التمثيل البياني للسرعة والزمن**
[انظر شكل 10– 2]، وتكون إحداثيات أية نقطة في الرسم (v ،t) حيث (v) سرعة الجسم عند أية لحظة زمنية (t) فإذا كانت سرعة الجسم ثابتة، فإن معادلة الخط تكون
(v = u)، ويكون موازيًا لمحور الزمن.



شكل 10– 2

كيف نحسب الإزاحة من الشكل؟ يُجيب شكل 10– 3 عن هذا السؤال، وهي أن الإزاحة تساوي مساحة الشكل المظلل الذي هو عبارة عن مستطيل أبعاده (t) و(u).



شكل 10– 3

تكون الإزاحة لجسم متحرك في خط مستقيم وبسرعة منتظمة بعد فترة زمنية (t) هي المساحة تحت خط السرعة والزمن للفترة الزمنية من (t = 0) إلى (t).

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

3-10 العجلة
Acceleration

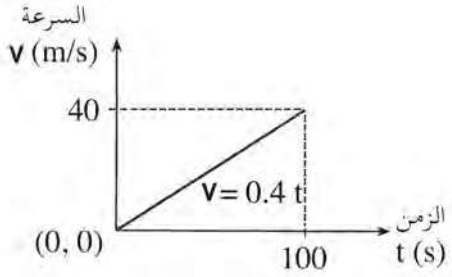
إن السيارة الواقفة لا تستطيع فجأة أن تتحرك بسرعة منتظمة، فلا بد أن تمر فترة تزداد فيها سرعتها حتى تصل إلى السرعة المنتظمة المطلوبة، ومعدل تغير السرعة يُسمى بالعجلة (acceleration) ويُرمز لها بالرمز (a).

افرض مثلًا أن سرعة السيارة تزداد من (0.0 km / hr) إلى (144 km / hr) في (100 s) بمعدل ثابت، أي أن سرعة السيارة تغيرت من (0.0 m/s) إلى (40 m/s)، بمعنى أن سرعة السيارة ازدادت بسرعة (0.4 m/s) في كل ثانية.

وحدات العجلة في النظام العالمي للوحدات هي (m/s^2) وتقرأ مترًا على الثانية تربيع وبالتالي تكون عجلة السيارة في المثال السابق ($0.4\ m/s^2$).

وإذا أعدنا النظر في المثال السابق، فإننا نقول: إن سرعة السيارة بعد زمن قدره (t) قد وصلت إلى (0.4 t m/s) وهو ما نُعبر عنه رياضيًّا كالتالي ($v = 0.4\ t$).

فإذا مثلنا العلاقة بيانيًّا بين السرعة والزمن فإن معادلة الخط المستقيم في شكل **10**- 4 تكون($v = 0.4\ t$)، ويكون ميل الخط المستقيم الواصل بين النقطتين (0,0) و (100,40) هو (0.4).

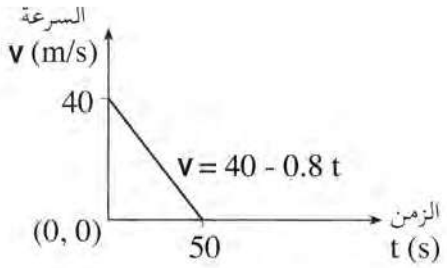


شكل **10**- 4

العلاقه البيانيه بين السرعه و الزمن للجسم الذي يتحرك بعجلة منتظمة (a) يكون خطًّا مستقيمًا ويكون ميله (a).

الآن افرض أن السيارة ستتوقف عند الإشارة الضوئية، وأن مكابح السيارة ستؤثر لمدة (50 s) حتى تتوقف تمامًا، فإذا تناقصت السرعة بمعدل ثابت، أي ($\frac{40}{50}\ m/s^2$)، أو ($0.8\ m/s^2$)، فإننا نقول: إن عجلة السيارة تناقصية (deceleration).

يُبين شكل10- 5 العلاقة البيانية بين السرعة والزمن عندما تكون العجلة تناقصية وفي هذه الحالة تكون معادلة الخط المستقيم ($v = 40 - 0.8t$).



شكل **10**- 5

هناك ملاحظتان على شكل **10**- 5 وهما:

1 – أن الخط المستقيم لا يمر بنقطة الأصل، حيث إنه عند ($t = 0$) كانت سرعة السيارة (40 m/s)، وتُسمى السرعة عند ($t = 0$) بالسرعة الابتدائية (initial velocity)، ويُرمز لها بالرمز (u).

2 – إن ميل الخط المستقيم سالب، لأن السرعة تتناقص وهذا يعني أن العجلة سالبة أي ($a = -0.8\ m/s^2$).

سواءً كانت السرعة تتزايد كما في شكل **10**- 4 أو تتناقص كما في شكل **10**- 5 فإن الإزاحة مازالت تُعطى بالمساحة تحت الخط المستقيم، في الحالة الأولى تكون الإزاحة هي مساحة المثلث التي تكون قاعدته (100) وارتفاعه (40)، أي أن المساحة ($\frac{1}{2} \times 100 \times 40 = 2000$).

أي أن السيارة قد قطعت مسافة (2000 m) أو (2 km)في أثناء تزايد سرعتها من (0 m/s) إلى (40 m/s).

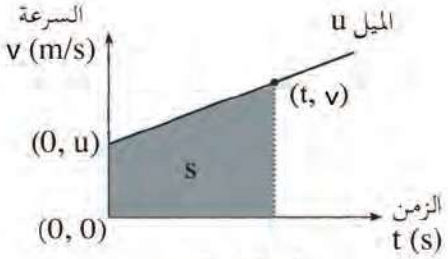
وفي الحالة الثانية تكون الإزاحة مساحة المثلث الذي قاعدته (50) وارتفاعه (40)، أي أن السيارة ستقف بعد (1000 m) ، أو (1 km).

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

10-4 معادلات للعجلة المنتظمة
Equations for constant acceleration

يمثل شكل 10- 6 رسمًا بيانيًّا للعلاقة بين السرعة والزمن حيث السرعة الابتدائية التي يتحرك بها الجسم (u) عندما أثرت عليه عجلة منتظمة (a) عند الزمن (t = 0) زادت في سرعته بمقدار (at) بعد زمن مقداره (t).
ونستطيع أن نعبر عما سبق بالمعادلة الجبرية التالية:

$$v = u + at$$

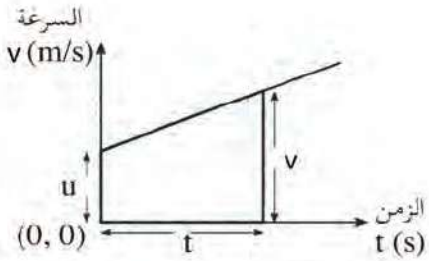


شكل 10- 6

لاحظ في المعادلة أن (u) و(a) ثابتتان، وأن (v) تتغير تبعًا لتغير (t) ولاحظ أيضًا أن ميل الخط المستقيم هو العجلة المنتظمة (a) وأن تقاطع الخط المستقيم مع محور السرعة هو السرعة الابتدائية (u) وعند استعمال المعادلة السابقة يجب مراعاة أن الوحدات المستخدمة يجب أن تكون متجانسة.

لإيجاد معادلة الإزاحة يجب إيجاد المساحة المظللة في الرسم البياني بين النقطتين (u، o) و (v، t) وذلك بإحدى الطريقتين التاليتين:

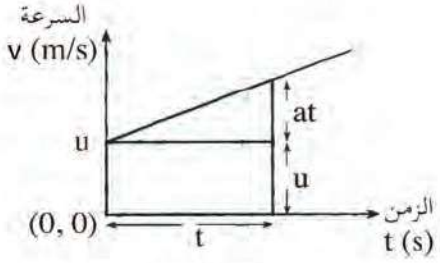
الطريقة الأولى موضحة في شكل 10- 7 وهي إيجاد مساحة شبه المنحرف، حيث الضلعان المتوازيان هما الطول (u) والطول (v) والقاعدة (t) وتكون مساحة شبه المنحرف في هذه الحالة هي:



شكل 10- 7

$$s = \frac{1}{2}(u + v)\,t$$

والطريقة الثانية موضحة في شكل 10- 8، حيث قسمنا المساحة إلى جزأين هما مساحة المستطيل الذي طوله (t) وعرضه (u)، فتكون مساحته (ut)، والجزء الآخر عبارة عن مثلث قاعدته (t) وارتفاعه (at)، فتكون مساحته $(\frac{1}{2} \times t \times at)$ فيكون مجموع المساحتين:



شكل 10- 8

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

مثال محلول 10- 3

تدخل سيارة سباق المرحلة الأخيرة من السباق بسرعة (35 m/s) وتقطع مسافة (600 m) في (12 s). أوجد سرعتها النهائية عند خط النهاية بفرض أن العجلة منتظمة.

الحل:

نحن نعلم أن السرعة الابتدائية (35 m/s)، وأن المسافة (600 m) عند (t = 12 s)، وبالتعويض في المعادلة:

$$s = \frac{1}{2}(u + v)\,t$$

$$600 = \frac{1}{2}(35 + v)\,12$$

أو:

$$35 + v = \frac{600 \times 2}{12} = 100$$

أي أن: $v = 65$ m/s

أي أن السيارة ستقطع خط النهاية بسرعة (65 m/s).

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مثال محلول 10 - 4

يتحرك دراج بسرعة ابتدائية مقدارها (1.5 m/s)، تسارع بعجلة مقدارها ($2\ m/s^2$). أوجد الزمن الذي يستغرقه ليقطع مسافة (22 m)، وأوجد سرعته.

الحل:

المعطيات هي أن السرعة الابتدائية (1.5 m/s) والعجلة ($2\ m/s^2$) والمطلوب إيجاد (t) عندما تكون الإزاحة (22 m). المعادلة التي تربط هذه الكميات هي:

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

وبالتعويض نجد أن:

$$22 = 1.5\ t + \frac{1}{2}(2)\ t^2$$

والتي يمكن كتابتها كالتالي:

$$t^2 + 1.5\ t - 22 = 0$$

وهي معادلة من الدرجة الثانية *، ولها حلان هما:

$$t = \frac{-1.5 \pm \sqrt{(1.5)^2 - 4 \times 1 \times (-22)}}{2}$$ *

أي أن:

$$t = -5.5\ s$$

أو:

$$t = 4\ s$$

أي أن الإجابة الأولى ليست صحيحة فيزيائيًا، وذلك لأن الزمن لا يمكن أن يكون سالبًا فتكون الإجابة الصحيحة (t = 4 s).

أي أن الدراج سيستغرق وقتًا مقداره(t = 4 s) ليقطع مسافة (22 m).

لإيجاد سرعته بعد أن يقطع مسافة (22 m) في (4 s) نستخدم المعادلة:

$$v = u + at$$

وبالتعويض نجد أن:

$$v = 1.5 + 2 \times 4$$

$$v = 9.5\ m/s$$

---

* حل المعادلة من الدرجة الثانية:

$$ax^2 + bx + c = 0$$

يكون:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

10-5 معادلات إضافية للعجلة الثابتة
More equations for constant acceleration

كل القوانين في الفقرة السابقة تحتوي على خمسة كميات فيزيائية هي السرعة الابتدائية (u) والعجلة (a) والزمن (t) والسرعة النهائية (v)

ويمكن إيجاد علاقة جديدة بين هذه الكميات، وذلك بكتابة المعادلة كالآتي: $t = \frac{v - u}{a}$

وبالتعويض في المعادلة: $s = \frac{1}{2}(u + v)t$

عن نجد أن: $s = \frac{1}{2}(u + v)\frac{v - u}{a}$

$$s = \frac{1}{2}\frac{v^2 - u^2}{a}$$

أو:

$$2as = v^2 - u^2$$

والتي يمكن كتابتها كالتالي:

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

عندما يتحرك جسم بعجلة ثابتة (a)، وسرعة ابتدائية (u)، فإن المعادلات التالية تُعطي العلاقة بين الإزاحة (s) والسرعة النهائية (v) بعد زمن قدره (t):

$$v = u + at$$

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

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

مثال محلول 10 - 5

انطلقت قذيفة من فوهة مدفع بسرعة (240 m/s). فإذا كان طول ماسورة المدفع (0.9 m)، أوجد عجلة القذيفة.

الحل:

قبل أن تنطلق القذيفة كانت في حالة سكون، أي أن سرعتها الابتدائية تساوي صفرًا أي ($u = 0$ m/s)، وسرعتها عند الفوهة (240 m/s). أو ($v = 240$ m/s)، والمسافة التي قطعتها ($s = 0.9$ m)، بالتعويض في المعادلة:

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

$$(240)^2 = 0^2 + 2 \times a \times 0.9$$

أو:

$$a = \frac{(240)^2}{2 \times 0.9} = 32000 \text{ m/s}^2$$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مثال محلول 10 - 6

تسير سيارة بسرعة (96 km / hr)، وعلى مسافة (100 m) يرى سائق السيارة حافلة واقفة أمامه، فيضغط على الفرامل مما يجعل السيارة تسير بعجلة تناقصية مقدارها ($4\ m/s^2$) فهل يستطيع سائق السيارة تفادي الاصطدام بالحافلة؟

الحل:

لكي لا تصطدم السيارة بالحافلة يجب على السائق إيقاف السيارة قبل أن تقطع المسافة (100 m)، وهذا يعني أن السرعة النهائية للسيارة تكون صفرًا والسرعة الابتدائية للسيارة هي (96 km / hr)، وبالنظام العالمي للوحدات تكون سرعتها الابتدائية

$\frac{96\times1000}{60\times60} = 26.7\ m/s$ وباستخدام القانون:

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

$$0 = (26.7)^2 - 2 \times 4 \times s$$

أي أن:

$$s = \frac{(26.7)^2}{8} = 89.1\ m$$

أي أن السيارة ستقف قبل أن تصل إلى الحافلة بحوالي (11 m)، أي أن السيارة لن تصطدم بالحافلة.

10-6 مسائل متعددة المراحل
Multi - stage problems

يمكن أن نجزئ حركة الجسم إلى عدة مراحل، فمثلًا قد يتحرك الجسم بسرعة منتظمة ثم يتسارع بعجلة منتظمة، أو قد تتناقص سرعته بعجلة تقصيرية منتظمة ... وهكذا.

فعلينا في كل مرحلة أن نستخدم القانون المناسب للحركة، أو نرسم خطًّا بيانيًّا يبين العلاقة بين السرعة والزمن.

مثال محلول 10 - 7

يبدأ عداء في سباق (100 m)، حركته بسرعة (6 m/s)، ثم يتسارع بعجلة منتظمة حتى يصل إلى أقصى سرعة وهي (10 m/s) بعد مسافة (40 m)، ثم يواصل عدوه بهذه السرعة إلى نهاية السباق، أوجد الزمن الذي يستغرقه ليقطع مسافة (100 m).

الحل:

في مرحلة التسارع، نعرف أن السرعة الابتدائية (6 m/s) والنهائية (10 m/s) والمسافة المقطوعة (40 m)، وباستخدام القانون:

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا