دولة ليبيا
وزارة التعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الفيزياء

للسنة الثانية بمرحلة التعليم الثانوي

القسم العلمي

الدرس الخامس

المدرسة الليبية بفرنسا - تور

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

3-10 العجلة

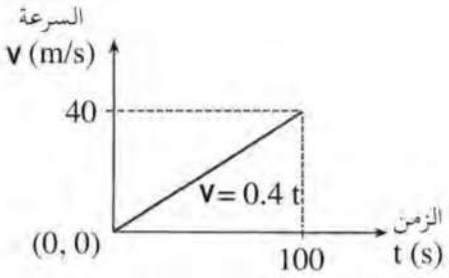
Acceleration

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 مثلاً 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 رياضيًا كالتالي ($v = 0.4\ t$).



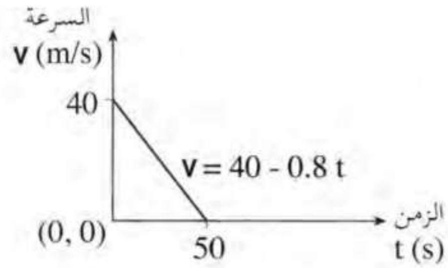
شكل **10**ـ 4

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

العلاقه البيانيه بين السرعه و الزمن للجسم الذي يتحرك بعجلة منتظمة (a) يكون خطًا 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 شكل10ـ 5 العلاقة البيانية بين السرعة والزمن عندما تكون العجلة تناقصية وفي هذه الحالة تكون معادلة الخط المستقيم ($v = 40 - 0.8t$).



شكل **10**ـ 5

هناك ملاحظتان على شكل **10**ـ 5 وهما:

1 ـ 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).

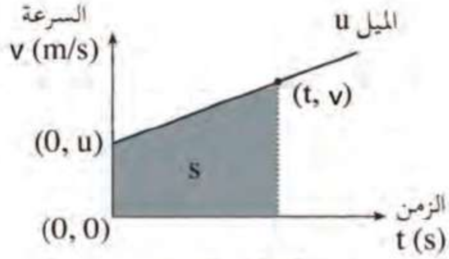
2 ـ إن ميل الخط المستقيم سالب، لأن السرعة تتناقص وهذا يعني أن العجلة سالبة أي ($a = -0.8\ m/s^2$).

سواءً كانت السرعة تتزايد كما في شكل**10**ـ 4 أو تتناقص كما في شكل**10**ـ 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).

4-10 معادلات للعجلة المنتظمة
Equations for constant acceleration

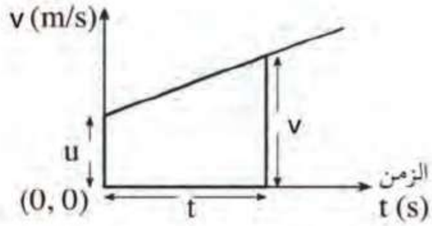


شكل**10**ـ 6

يمثل شكل**10**ـ 6 رسمًا بيانيًا 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:

$$v = u + at$$

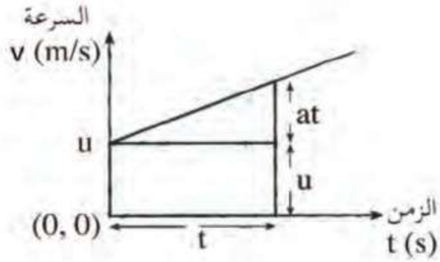
لاحظ في المعادلة أن (u) و(a) ثابتتان، وأن (v) تتغير تبعًا لتغير(t) ولاحظ أيضًا أن ميل الخط المستقيم هو العجلة المنتظمة (a) وأن تقاطع الخط المستقيم مع محور السرعة هو السرعة الابتدائية (u) وعند استعمال المعادلة السابقة يجب مراعاة أن الوحدات المستخدمة يجب أن تكون متجانسة.



شكل**10**ـ 7

لإيجاد معادلة الإزاحة يجب إيجاد المساحة المظللة في الرسم البياني بين النقطتين (o، u) و (t، v) وذلك بإحدى الطريقتين التاليتين:
الطريقة الأولى موضحة في شكل**10**ـ 7 وهى إيجاد مساحة شبه المنحرف، حيث الضلعان المتوازيان هما الطول (u) والطول (v) والقاعدة (t) وتكون مساحة شبه المنحرف في هذه الحالة هي:

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



شكل**10**ـ 8

والطريقة الثانية موضحة في شكل**10**ـ 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:

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

مثال محلول10ـ 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.

الحـــل:

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).

مثال محلول10 - 4

يتحـرك دراج بسـرعة ابتدائية مقدارهـا (1.5 m/s)، تسـارع بعجلة مقدارها ($2\ m/s^2$). أوجد الزمن الذي يستغرقه ليقطع مسافة (22 m)، وأوجد سرعته.

الحـــل:

المعطيات هي أن السـرعة الابتدائيـة (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 فيزيائيًّا، 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).

لإيجـاد سـرعته بعد أن يقطـع مسـافة (22 m) في (4 s) نسـتخدم 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:

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

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

كل القوانـــين في الفقرة الســـابقة تحتوي على خمسة كميـــات فيزيـــائية هي الـــسرعة الابتدائيـــة (u) والعجلة (a) والزمن (t) والسرعة النهائية (V)

ويمكن إيجاد علاقة جـــديدة بين هذه الكميات، وذلك بكتابة المعـــادلة 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

انطلقـــت قذيفة من فوهة مدفع بســـرعة (240 m/s). فـإذا كان طول ماسورة المدفع (0.9 m)، أوجد عجلة القذيفة.

الحـــل:

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

مثال محلول 10 – 6

تسـير سـيارة بسـرعة (96 km / hr)، وعلى مسـافة (100 m) يرى سائق السيارة حافلة واقفة أمامه، فيضغط على الفرامل مما يجعل السيارة تسـير بعجلة تناقصية مقدارها ($4\ m/s^2$) فهل يسـتطيع سائق السيارة تفادي الاصطدام بالحافلة؟

الحـــل :

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

$\frac{96 \times 1000}{60 \times 60} = 26.7\ m/s$ وباستخدام القانون :

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

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

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

يمكـن أن نجزئ حركة الجسـم إلى عـدة مراحل، فمثلًا قد يتحرك الجسـم بسـرعة منتظمة ثم يتسـارع بعجلة منتظمة، أو قد تتناقص سرعته بعجلة تقصيرية منتظمة ... وهكذا.

فعلينا في كل مرحلة أن نسـتخدم 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).

الحـــل :

فـي مرحلة التسـارع، نعرف أن السـرعة الابتدائيـة (6 m/s) والنهائية (10 m/s) والمسافة المقطوعة (40 m)، وباستخدام القانون :

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

$$40 = \frac{1}{2}(6 + 10)\,t$$

أو:

$$t = \frac{80}{16} = 5\ s$$

المرحلة المتبقية من السباق وهي (60 m)، كان العداء يجري بسرعة منتظمة وهي (10 m/s)، فنستخدم القانون:

$$s = ut$$

أي:

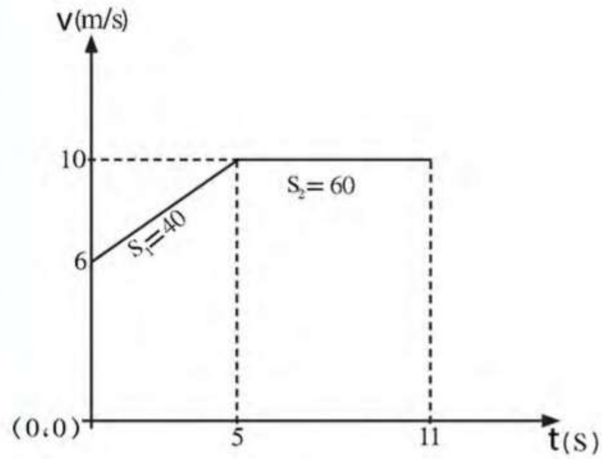
$$60 = 10t$$

ونجد أن:

$$t = 6s$$

أي الزمن الكلي $(5 + 6 = 11s)$

ويمكن أن نرسم العلاقة بيانيًا كما في شكل**10** ـ 9:



شكل**10** ـ 9

مثال محلول 10 ـ 8

المسافة بين محطتي قطار (960 m). يبدأ القطار حركته من المحطة الأولى من السكون ويتسارع بعجلة منتظمة مقدارها $(0.5\ m/s^2)$ حتى تصل سرعته إلى (15 m/s) ويسير بهذه السرعة لفترة من الوقت، ثم تتناقص سرعته بعجلة ثابتة مقدارها $(1.5\ m/s^2)$ فإذا كان الزمن الذي يستغرقه القطار بين المحطتين (84 s)، أوجد الزمن الذي يتحركه القطار بالسرعة المنتظمة.

الحـــل:

في المرحلة الأولى، تكون سرعة القطار الابتدائية (0.0 m/s) وعجلته $(0.5\ m/s^2)$ وسرعته النهائية (15 m/s)، وباستخدام المعادلة:

$$v = u + at$$

$$15 = 0 + 0.5t$$

ومنها نجد أن:

$$t = \frac{15}{0.5} = 30s$$

وهو الزمن الذي استغرقه حتى يصل إلى السرعة المنتظمة (15 m/s).

ولإيجاد الزمن الذي استغرقه وهو يتحرك بالعجلة التقصيرية $(1.5\ m/s^2)$ حتى يقف في المحطة التالية، نستخدم المعادلة:

$$v = u + at$$

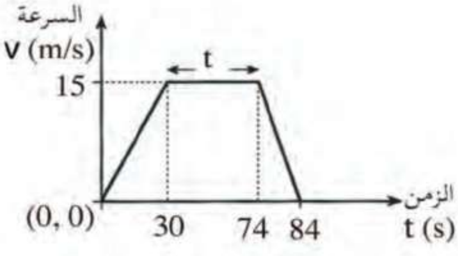
حيث $(u = 15\ m/s)$ و $(V = 0.0\ m/s)$، أي:

$$0 = 15 - 1.5t$$

ومنها نجد أن:

$$t = \frac{15}{1.5} = 10s$$

أي الزمن الكلي الذي استغرقه في زيادة سرعته من $(0.0\ m/s)$ إلى $(15\ m/s)$، وفي تناقص سرعته من $(15\ m/s)$ إلى $(0.0\ m/s)$ هو $(30 + 10 = 40s)$ وحيث إن زمن الرحلة الكلي $(84s)$، فيكون الزمن الذي استغرقه وهو يتحرك بالسرعة الثابتة $(84 - 40 = 44s)$، وشكل10- 10 يبين رحلة القطار بيانيًا.



شكل10 - 10

10-7 السرعة المتوسطة
Average - Velocity

نستطيع كتابة القانون:

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

كالتالي:

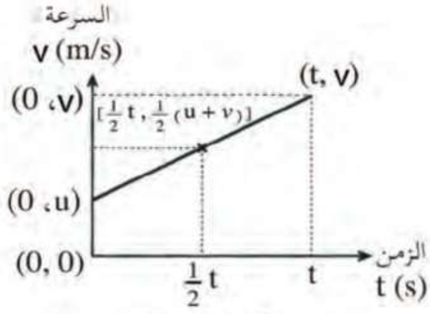
$$\frac{s}{t} = \frac{1}{2}(u + v)$$

حيث تسمى $(\frac{s}{t})$ بالسرعة المتوسطة، أي أن الجسم الذي يتحرك بعجلة منتظمة تكون سرعته المتوسطة هي متوسط مجموع السرعتين الابتدائية والنهائية.

في(شكل10- 11)، لاحظ أن إحداثيات النقطة التي في منتصف الخط الذي يمثل حركة الجسم هي:

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

أي أن $\frac{1}{2}(u + v)$ هي أيضًا سرعة الجسم عند منتصف الزمن.



شكل10 - 11

مثال محلول 10- 9

تقطع سيارة مسافة $(400\ km)$ بسرعة $(80\ km/hr)$، ثم تقطع مسافة أخرى مقدارها $(700\ km)$ بسرعة $(70\ km/hr)$. أوجد متوسط السرعة للسيارة خلال الرحلة الكلية.

الحـــل:

يعطى متوسط السرعة بالعلاقة $(\frac{s}{t})$ أي الإزاحة الكلية المقطوعة على الزمن الكلي.

نجد الزمن (t_1) خلال المرحلة الأولى، حيث المسافة المقطوعة $(s_1 = 700\ km)$ والسرعة $(v_1 = 80\ km/hr)$، أي:

$$t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{400}{80} = 5\ hr$$

ونجد (t_2) خلال المرحلة الثانية، حيث المسافة المقطوعة $(s_2 = 700\ km)$ و $(v_2 = 70\ km/hr)$، أي:

$$t_2 = \frac{s_2}{v_2} = \frac{700}{70} = 10\ hrs$$

فتكون الإزاحة الكلية $(400 + 700 = 1100\ km)$ والزمن الكلي $(5 + 10 = 15\ hr)$، ونجد السرعة المتوسطة من العلاقة:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{1100}{15} = 73.3\ km/hr$$

عندما يتحرك جسم بعجلة ثابتة لفترة زمنية، فإن الكميات التالية تكون متساوية:

- متوسط السرعة.
- متوسط السرعة الابتدائية والنهائية.
- السرعة عند منتصف الزمن.

خريطة مفاهيم