دوسية

الروشان

في الفيزياء

للمرحلة الثانوية

الوحدة الأولى

الزخم الخطي

إعداد:

د. هبة الجبالي

+962785628109

CamScanner

" الزخم الخطي والدفع "

* كما نعلم أنه عندما تتحرك سيارة كبيرة وسيارة صغيرة فإنه يبدأ السيارة الكبيرة أصعب من السيارة الصغيرة

* نعلم أيضًا عند تحرك سيارتين لهما الكتلة نفسها ولكن سرعة كل منهما تختلف عن الأخرى فإنه الأقل سرعة تستطيع إيقافها بشكل أسهل وأسرع.

* لذا سوف نتحدث عن كمية فيزيائية جديدة تربط الكتلة والسرعة للأجسام وهي:-

* الزخم الخطي (Linear momentum)

- يرمز له بالحرف **P** وهو كمية متجهة ← لها مقدار، لها اتجاه.
- ويعرف بأنه ناتج ضرب كتلة الجسم (m) في سرعته المتجهة (v).
- يقاس بوحدة (kg.m/s)
- اتجاهه دائمًا باتجاه السرعة الجسم

- المعادلة التي تعبر عن الزخم الخطي:-

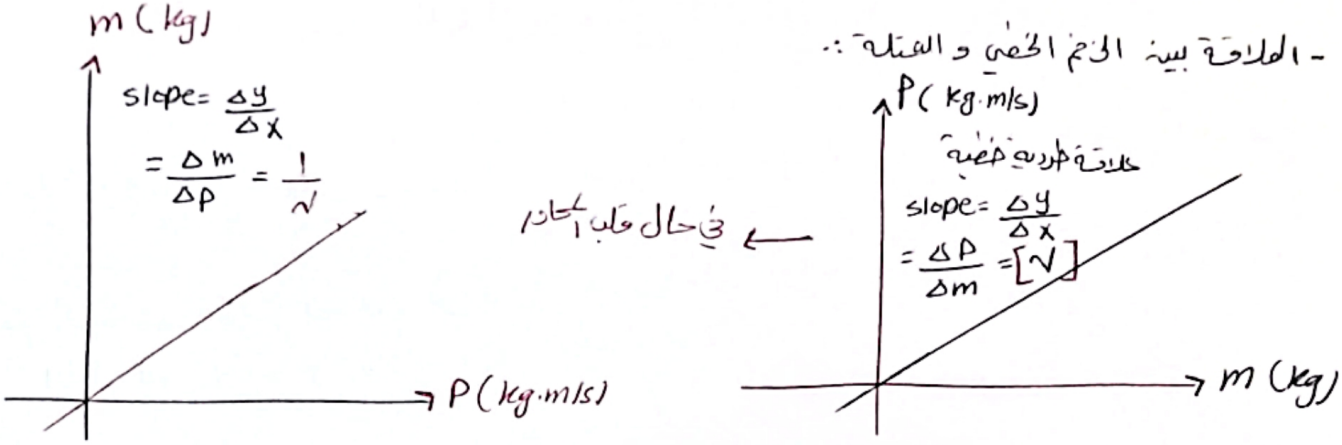
$$P = m\ v$$

- P ← momentum (الزخم الخطي) وحدته (kg.m/s)
- m ← mass (كتلة الجسم) وحدتها (kg)
- v ← Velocity (سرعة الجسم) وحدته (m/s)

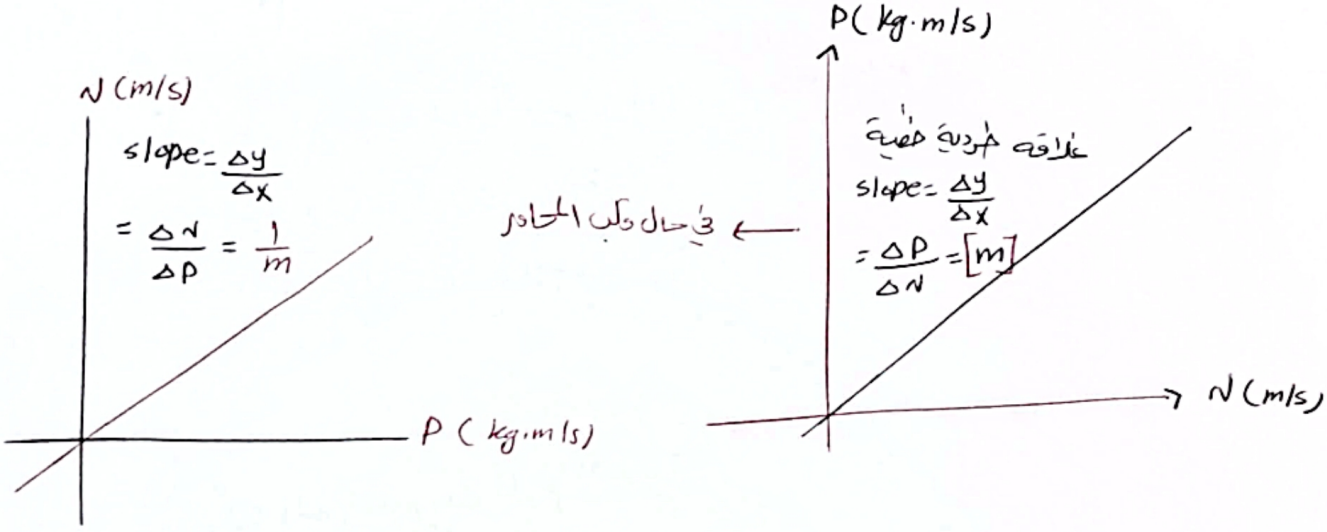
سؤال ؟
- اذكر العوامل التي يعتمد عليها الزخم الخطي :

(أ) كتلة الجسم
(ب) سرعة الجسم
← العلاقة طردية

- العلاقة بين الزخم الخطي و الكتلة :.



- العلاقة بين الزخم الخطي و السرعة :.



سؤال ؟

- ماذا يعني لقولنا أن الزخم الخطي لجسم ما لساوي (2 kg.m/s) ؟

← هذا يعني أنه جسماً كتلته 2 kg لتحرك لسرعة (1 m/s) لتحت تأثير قوة خارجية.

- سؤال؟

هل الزخم الخطي لتغير عند تغير السرعة و الكتلة؟

← نعم ، لتغير الزخم الخطي للجسم عندما تتغير السرعة أو الكتلة أو كليهما معاً.

- سؤال؟

عن ماذا يعبر الزخم الخطي؟

← هو مقياس لمقاومة الجسم لتغير الحالة الحركية له.

- ملاحظة :-

- الجسم الذي يمتلك زخم خطي أكبر يحتاج لقوة أكبر ليتأثر بها في الجسم لتغير حالته الحركية.

- هذا يؤدي إلى زيادة مقدار التأثر الناتج عن تصادمه بغيره من الأجسام، لذا إذا كانت هناك شاحنة كبيرة مع سيارة صغيرة فإن زخم الشاحنة أكبر بكثير من زخم السيارة حتى إذا كان لهما نفس السرعة لذلك تحتاج الشاحنة قوة أكبر لإيقافها.

- الزخم الخطي و القانون الثاني لنيوتن في الحركة

- لتغيير قيمة الزخم الخطي للجسم بالمقدار أو الاتجاه أو كليهما، يلزم التأثير بـ قوة لتغيرها لهذا تم صياغة قانون نيوتن الثاني لربط بين الزخم الخطي للجسم و القوة المحصلة المؤثرة في الجسم.

- اذكر لي قانون نيوتن الثاني :-

"المعدل الزمني لتغير الزخم الخطي للجسم يساوي القوة المحصلة المؤثرة فيه".

$$\sum F = ma = m\frac{dv}{dt} = \frac{d(mv)}{dt} \rightarrow P$$

$$= \frac{dP}{dt}.$$

$$\sum F = \frac{dP}{dt}$$

$\sum F$ ← القوة المحصلة المؤثرة في الجسم

- سؤال؟
يكون صافي التغير في الزخم الخطي باتجاه القوة المحصلة دائماً لماذا؟؟
← لأن القوة تمتلك التسارع (a) و التسارع هو مشتقة السرعة (v) بالنسبة للزمن (t) و ذكرنا سابقاً أن اتجاه الزخم باتجاه السرعة للجسم.

- مقدار القوة المحصلة اللازم التأثير بها في جسم لتغيير زخمه الخطي يزداد بزيادة مقدار هذا التغير.

ملاحظة هامة

١- التغير في الزخم الخطي (Δp) وحدته $Kg.m/s$ ← N ← $N.s$.

٢- المعدل الزمني للتغير في الزخم الخطي $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ ← وحدته $\frac{Kg.m/s}{s}$ ← N ← $Kg.m/s^2$

- العلاقة بين الزخم الخطي والدفع
(Relation between linear momentum and Impulse).

- عندما يركل لاعب كرة قدم ساكنة ← يحدث تلامس بين قدمه والكرة لمدة زمنية وتتغير سرعتها المتجهة بسبب أنه صاحبك قوة أثرت بها قدم اللاعب فجعلها تكتسب الكرة زخماً خطياً باتجاه محدد نتيجة دفع قدم اللاعب لها.

الدفع (Impulse)

- رمزه (I) ويعرف بأنه ناتج ضرب القوة المحصلة المؤثرة في الجسم في زمن تأثيرها.

يعبر بالعلاقة الآتية:

$$I = \Sigma F \, \Delta t$$

- I: الدفع المؤثر، وحدته ($N.s$)
- ΣF: محصلة القوة المؤثرة في الجسم وحدتها (N)
- Δt: زمن تأثير القوة على الجسم وحدته (s)

- تسمى هذه المعادلة ببرهنة (الدفع الخطي - الدفع).

* اذكر نص البرهنة :-

" تنص على أنه دفع قوة محصلة مؤثرة في جسم تساوي التغير في زخمه الخطي ".

- الدفع كمية متجهة.
- يكون اتجاه الدفع باتجاه تغير الزخم الخطي وهو عبارة عن اتجاه القوة المحصلة لنفسه.

* ملاحظات هامة :-

- الدفع والقوة كميات متجهة ← لذا فإنه للإشارات الموجبة والسالبة ضرورية للتحديد الاتجاه باستخدام نظام إحداثيات نختار منه الاتجاه الموجب.

- إذا كانت اتجاه القوة المؤثرة نحو السياق الموجب (X+) أو الصادات الموجب (Y+) نعوض إشارة موجبة في قانون الدفع.

- إذا كانت نحو السياق السالب (X-) أو الصادات السالب (Y-) نعوض إشارة سالبة في قانون الدفع.

- أتحقق :-

- نعوض القوة المحصلة المؤثرة في جسم باستخدام قانون نيوتن الثاني $\vec{F} = m\vec{a}$ ؟؟

- القوة المحصلة المؤثرة في جسم تساوي المعدل الزمني للتغير في زخمه الخطي $\Sigma F = \frac{dp}{dt}$.

- أتحقق :-

حالة خاصة لبيان دفع قوة محصلة مؤثرة في جسم والتغير في زخمه الخطي :-

بما أن لدينا لبرهنة (الزخم الخطي ← الدفع) ، فإنه دفع قوة محصلة مؤثرة في جسم تساوي التغير في زخمه الخطي

$$I = \Sigma F \Delta t = m \Delta v = \Delta p$$

$$\Delta p = p_f - p_i$$

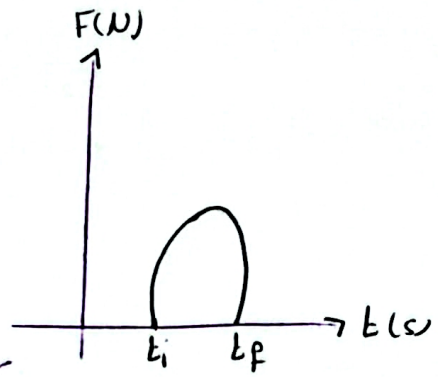
الدفع المؤثر ← $I = \Delta p = p_f - p_i$ ← التغير في الزخم الخطي

p_f ← الزخم النهائي ✓ ، p_i ← الزخم الابتدائي

- الدفع الحضي والجهد البياني (منحنى القوة - الزمن)

- الدفع الحضي لتغير بين القوة المؤثرة على الجسم وزمن تأثير القوة على الجسم .

منحنى (القوة - الزمن)

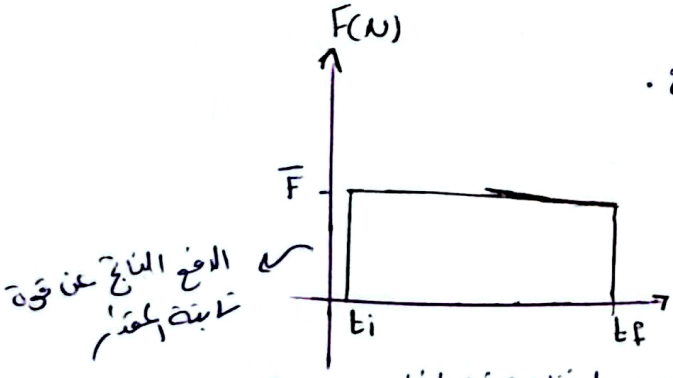


المساحة تحت المنحنى هنا الدفع

الدفع الناتج عن قوة متغيرة مقدارا .

في هذه الحالة القوة متغيرة

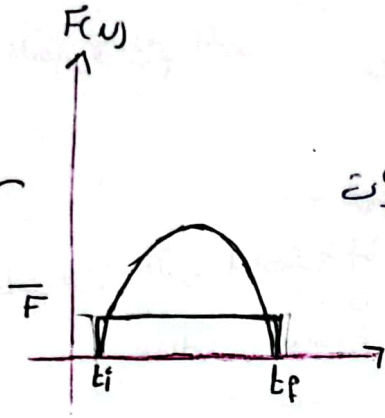
- ليوضح الشكل أن القوة المؤثرة على الجسم في الفترة الزمنية متغيرة حيث تكون في بداية مقدارها عند (ti) ثم تبدأ بالتزايد حتى تصل لأعلى نقطة في المنحنى وهي القيمة العظمى ولهذا تتحقق النهاية لتصل إلى الصفر عند (tf) .



الدفع الناتج عن قوة ثابتة المقدار

- المساحة تحت المنحنى هنا عبارة عن الدفع .

- هنا في هذه الحالة القوة الثابتة خلال الفترة الزمنية المؤثرة على الجسم لاحظ أنه تم تمثيل منحنى القوة بخط مستقيم موازٍ لمحور الزمن وارتفاع هذا الخط يعبر عن قيمة القوة .



- في هذه الحالة القوة تتغير مع الزمن
← هي القوة المتوسطة

← متوسط قوة الدفع

وتعرف بأنها القوة المحصلة الثابتة التي إذا أثرت في الجسم لفترة زمنية (Δt) لأحدثت الدفع نفسه الذي أحدثته القوة المتغيرة أثناء الفترة الزمنية نفسها.

- نلاحظ من الشكل القوة المتغيرة المؤثرة على الجسم خلال الفترة الزمنية (Δt) تقابل القوة الثابتة المنتظمة التي تؤثر على الجسم خلال نفس الفترة الزمنية

- المسافة الزمنية هنا تساوي المساحة التي تمثل القوة الثابتة

- عند ثبات مقدار القوة المحصلة المؤثرة ← يزداد مقدار التغير في الزخم الخطي مع زيادة زمن تأثير القوة.

- عند ثبات مقدار التغير في الزخم الخطي تتناسب مقدار القوة المحصلة المؤثرة عكسيًا مع زمن التأثير

- ملاحظات :-

- عند ثبات القوة المحصلة

ثابتة
$$\Delta P = \overline{F} \Delta t$$

يزداد التغير في الزخم الخطي بزيادة زمن تأثير هذه القوة.

مثال ① ركل لاعب كرة قدم يزداد التغير في زخمها الخطي بزيادة زمن ملامسته مع قدمه

② دفع صندوق لقوة ثابتة يزداد التغير في زخمه الخطي بزيادة زمن تأثير القوة عليه.

- عند بيان مقدار التغير في الزخم الخطي

$$\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \sim \text{ثابتة}$$

لقياس مقدار القوة المحصلة المؤثرة عكسيًا مع زمن التأثير.

مثال :- الوسادة الهوائية في السيارة التي تعمل على زيادة زمن التلامس فتقل القوة المؤثرة.

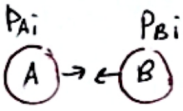
حفظ الزخم الخطي (Conservation of linear momentum)

← الزخم الخطي الكلي لنظام معزول قبل التصادم مباشرة يساوي الزخم الخطي الكلي للنظام بعد التصادم مباشرة.

النظام المعزول ← النظام الذي تكون فيه القوة المحصلة الخارجية المؤثرة فيه صفرًا وتكون القوة المؤثرة فيه قوة داخلية فقط.

مثال :-

- عند تصادم جسمين مع بعضهما، توجد قوة احتكاك (قوة خارجية) ولكنها صغيرة مقارنة بالقوة التي يؤثر بها كل من الجسمين في الآخر أثناء التصادم (قوة داخلية) لذلك تكون القوة الخارجية مهملة ويعتبر النظام معزولًا.



تصادم جسمين في بعد واحد في نظام معزول

- حفظ الزخم الخطي و قانون الثالث لنيوتن في الحركة

- حسب قانون نيوتن الثالث
"لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه".

لذا تكون القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.

$$\left[F_{AB} = - F_{BA} \right]$$

نضرب طرفي المعادلة بـ "Δt"
لأن القوة الخطية متساوية

$$F_{AB}\Delta t = - F_{BA}\Delta t$$

$$I_{AB} = - I_{BA}$$

$$I_B = - I_A$$

I_B ← قوة الدفع B
I_A ← قوة الدفع A

$$\Delta P_B = - \Delta P_A$$

$$P_{Bf} - P_{Bi} = - (P_{Af} - P_{Ai})$$

$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$

$$\Sigma P_i = \Sigma P_f$$

سؤال ؟
ماذا يحدث للأجسام المتصادمة بعد التصادم ؟؟
(أ) ترتد عن بعضها البعض
(ب) تلتصق ببعضها
(ج) تنفصل عن بعضها (الانفجار)
حيث يكون الزخم الخطي محفوظ

v_{Ai} , v_{Af}
السرعتان المتجهتان للجسم الأول قبل التصادم وبعده

v_{Bi} , v_{Bf}
السرعتان المتجهتان للجسم الثاني قبل التصادم وبعده

- عندما تتفاعل جسمان أو أكثر في نظام معزول، الزخم الخطي الكلي للنظام ثابتًا.
- إذا كانت الزخم الخطي الكلي صفرًا، عندها يكون الجسم ساكنًا.

ملاحظة :-
- نضع إشارة سالبة عندما يكون في السؤال

تصادم جسمان وتقل حركة الجسم ↔ ارتداد كرة
تتحرك كرتان عكس بعضهما البعض

الأمثلة:

مثال (١)

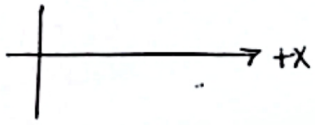
- صندوق موضوع في شاحنة تتحرك شرقاً بسرعة مقدارها (20 m/s)، كتلة الصندوق (100 kg)، إذا ضغط السائق على دواسة المكابح، فتوقفت الشاحنة خلال (5 s) من لحظة الضغط على المكابح

فاحسب مقدار مايلي:

(أ) الزخم الخطي الابتدائي للصندوق

(ب) الدفع المؤثر في الصندوق

(ج) قوة الاحتكاك المتوسطة اللازم تأثيرها في الصندوق لمنعه من الانزلاق



خطوات الحل

(أ) نجد المعطيات من السؤال:

$m = 100\ kg$ الكتلة "تأكد من الوحدات" kg

$v_i = 20\ m/s$

$v_f = 0\ m/s$ ← نستنتج أن السرعة النهائية صفر من كلمة توقفت بعد ضغط السائق على الدواسة

$\Delta t = 5\ s$

(ب) المطلوب:

١- P_i

٢- I

٣- $\overline{F_s}$

(ج) الحل

(١) بما أن الشاحنة تتحرك باتجاه محور +X، تكون السرعة المتجهة الابتدائية للصندوق موجبة

فتكون الزخم الابتدائي $P_i = m v_i = 100 \times 20$

$= 2000 = 2\times10^3\ kg\cdot m/s$ ، $+X$

(٢) نستخدم صيغة (الزخم الخطي - الدفع) لحساب الدفع، بعد أولاً نحسب الزخم الخطي النهائي للصندوق

فتكون الزخم الخطي صفر ← بما أن السرعة النهائية صفر

$P_f = m v_f = 100 \times zero = zero$

$I = \Delta P = P_f - P_i = 0 - 2\times10^3 = -2\times10^3\ kg\cdot m/s$ ، $I = 2\times10^3\ kg\cdot m/s$ ، $-X$ عكس الاتجاه

(٣) نستخدم القانون الثاني لنيوتن، القوة المتوسطة لصنع قوة الاحتكاك اللازم التأثير به في الصندوق حتى لا ينزلق

$\sum F = \overline{F_s} = \frac{\Delta P}{\Delta t}$

$\overline{F_s} = \frac{-2\times10^3}{5} = -4\times10^2\ N$ ، $\overline{F_s} = 4\times10^2\ N$ ، $-X$ ← الاتجاه المعاكس لاتجاه القوى

مثال (2)

- يركل لاعب كرة قدم ساكنة كتلتها (0.450 kg) فتنطلق بسرعة (30 m/s) في اتجاه محور +X ، إذا علمت أن مقدار القوة المتوسطة المؤثرة في الكرة خلال زمن تلامسها مع قدم اللاعب يساوي (135 N) فاحسب مقدار واتجاه كمية تحرك الكرة مقارنة بالقوة المؤثرة فيها .

أ) الزخم الخطي للكرة عند لحظة ابتعادها عن قدم اللاعب.

ب) زمن تلامس الكرة مع قدم اللاعب

ج) الدفع المؤثر في الكرة خلال زمن تلامسها مع قدم اللاعب

[1] نحدد المعطيات :-

كتلة الكرة ← $m = 0.450\ kg$

ساكنة ← $v_i = 0\ m/s$ ← تكون السرعة صفر

السرعة النهائية ← $v_f = 30\ m/s, +X$

مقدار القوة المتوسطة ← $\Sigma F = 135\ N, +X$

[2] المطلوب :-

أ) P_f

ب) Δt

ج) I

[3] الحل :-

أ) نحسب الزخم الخطي للكرة لحظة ابتعادها عن قدم اللاعب، والمساوي لزخمها الخطي النهائي

$$P_f = m v_f = 0.450 \times 30 = 13.5\ kg.m/s$$

$$P_f = 13.5\ kg.m/s, +X$$ ← تتحرك باتجاه محور +X

ب) نستخدم قانون نيوتن الثاني لحساب زمن التلامس :

$$\frac{\Sigma F}{1} = \frac{\Delta P}{\Delta t} \rightarrow \Delta P = \Sigma F \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{\Delta P}{\Sigma F} = \frac{P_f - P_i}{\Sigma F}$$

$$P_i = m v_i = 0.450 \times zero = zero$$

$$= \frac{13.5 - 0}{135} = 0.10s$$

ج) نستخدم صيغة (الدفع الخطي - الدفع) لحساب الدفع

$$I = \Delta p = p_f - p_i$$

$$= 13.5 - 0$$

$$= 13.5 \ kg \cdot m/s$$

$$I = 13.5 \ kg \cdot m/s \ , +x$$

الدفع هنا موجب, فيكون باتجاه $+x$ ✓

لحل الدفع لطريقة أخرى

$$I = \Sigma F \Delta t$$

$$= 13,5 \times 10^{1} \times 0.10$$

$$= 135 \times 0.10$$

$$= 13.5 \ N.s \ , +x$$

$$[kg \cdot m/s = N.s] \sim$$ ملاحظة

CamScanner