# Number One in Physics

# الزخم الخطي والتصادمات

**2022/2023**

إعداد

الدكتور محمود أبو السندس

مدارس أكاديمية السلط
05/3556452

مدارس الغفران النموذجية
0795447953

مركز تولين الثقافي
0776297717

## الدرس الأول: الزخم الخطي والدفع

### الزخم الخطي

**للتصادمات نوعين رئيسيين (مرن وغير مرن)، وعند دراسة التصادمات المختلفة بين الأجسام المختلفة وجد أن الكمية التي يبقى مجموعها ثابت قبل وبعد التصادم هي حاصل ضرب كتلة الأجسام في سرعتها، وقد أطلق على هذه الكمية بالزخم الخطي (كمية التحرك) (*Linear Momentum*).**

**الزخم الخطي فيزيائيا ($p$): هو مقدار أثر الجسم المتحرك عند تصادمه بجسم آخر. ويعتمد مقدار هذا الأثر على كتلة الجسم وسرعته.**

**الزخم الخطي رياضيا ($p$): هو حاصل ضرب كتلة الجسم (m) في سرعته ($v$).**

$$\vec{p} = m\,\vec{v}$$

**حيث**: m كتلة الجسم بوحدة (kg)، $v$ سرعة الجسم بوحدة (m/s).

حسب النظام الدولي لوحدات القياس فإن وحد قياس الزخم الخطي هي **(kg.m/s)**.

**##** الزخم الخطي كمية متجهه له نفس إتجاه السرعة، وفي الحركة الخطية في بعد واحد، يعبر عن إتجاه السرعة (أو الزخم الخطي) بإشارة:

+ ..... إذا كان الإتجاه لليمن (على محور x) أو للأعلى (على محور y)

- ..... إذا كان الإتجاه لليسار (على محور x) أو للأسفل (على محور y)

**##** يعتمد مقدارالزخم الخطي على كل من:

1- مقدار كتلة السرعة (طردي) 2- مقدار سرعة الجسم.

**مثال:** جسمان (A,B) لهما نفس الكتلة، سرعة الجسم (A) أكبر من سرعة الجسم (B). فإذا إصطدم الجسمان بجدار، أي الجسمين يكون أثره على الجدار أكبر؟ فسر إجابتك.

**الجواب:** أثر الجسم A أكبر من الجسم B، لأن الزخم الخطي للجسم A أكبر من الجسم B

**مثال:** جسمان (A,B) يتحركان بنفس السرعة، كتلة الجسم (A) أكبر من كتلة الجسم (B). فإذا إصطدم الجسمان بجدار، أي الجسمين يكون أثره على الجدار أكبر؟ فسر إجابتك.

**الجواب:** أثر الجسم A أكبر من الجسم B، لأن الزخم الخطي للجسم A أكبر من الجسم B

**مثال:** جسم كتلته (2 kg) يتحرك بسرعة (5 m/s) نحو اليمين، إحسب مقدار وإتجاه الزخم الخطي للجسم.

**مثال:** جسم كتلته (2 kg) يتحرك بسرعة (5 m/s) نحو اليسار، إحسب مقدار وإتجاه الزخم الخطي للجسم.

**مثال:** جسم كتلته (2 kg) يتحرك أفقيا، زخمه الخطي (-5 kg.m/s)، إحسب مقدار وإتجاه سرعة الجسم.

## العلاقة بين الزخم الخطي وقانون نيوتن الثاني

درست في سنوات سابقة قانون نيوتن الثاني: (( إذا أثرت محصلة قوة على جسم ما، فإنها تكسبه تسارع يتناسب طرديا مع محصلة القوة وعكسيا مع كتلة الجسم)).

ويعبر عنه رياضيا حسب العلاقة:

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

إللا أن هذه الصيغة تعتبر **حالة خاصة لجسم كتلته ثابته خلال الحركة**، أما الصيغة العامة لقانون نيوتن الثاني فقد صاغها لتحديد علاقة محصلة القوى المؤثرة على الجسم بالزخم الخطي لذلك الجسم:

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

وبتعويض قيمة الزخم الخطي ($\vec{p} = m \cdot \vec{v}$) نحصل على

$$\sum \vec{F} = \frac{dm\vec{v}}{dt}$$

فإذا كانت كتلة الجسم ثابته، فإنه يخرج من الإشتقاق، لتصبح العلاقة:

$$\sum \vec{F} = m\frac{d\vec{v}}{dt} \quad \Rightarrow \quad \sum \vec{F} = m\vec{a}$$

أما بشكل عام، وعند التأثير بمحصلة قوة خلال فترة زمنية $(\Delta t)$، فإن الزخم الخطي للجسم يتغيير بمقدار $(\Delta p)$ حسب العلاقة.

$$\sum \vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$$

لتكون ***الصيغة العامة*** لقانون نيوتن الثاني: ***((المعدل الزمني لتغيير الزخم الخطي لجسم يساوي محصلة القوى المؤثرة عليه)).***

ويكون إتجاه التغيير في الزخم الخطي للجسم بنفس إتجاه محصلة القوى المؤثرة عليه.

**مثال:** جسم كتلته (2 kg) يتحرك بسرعة (5 m/s) نحو اليسار، أثرت عليه محصلة قوة مقدارها (10 N) لمدة 5 ثواني، إحسب: 1) مقدار التغيير في الزخم الخطي للجسم.

2) مقدار وإتجاه سرعة الجسم بعد 5 ثواني من تأثير القوة.

**مثال:** جسم كتلته (2 kg) يتحرك بسرعة (5 m/s) نحو اليسار، إحسب محصلة القوة اللازمة لإيقاف الجسم خلال: 1) 5 ثواني 2) 10 ثواني.

**مثال:** جسم كتلته (2 kg) يتحرك بسرعة (5 m/s) نحو اليمين، إحسب الزمن اللازم لإيقاف الجسم إذا أثرت عليه محصلة قوة مقدارها: 1) 2 N 2) 4 N.

من الأمثلة السابقة وقانون نيوتن الثاني، يمكن ملاحظة مايلي:

1) بثبوت محصلة القوى المؤثرة: يزداد التغيير في الزخم الخطي بزيادة زمن تأثير القوة.
2) بثبوت زمن تأثير القوة: يزداد التغيير في الزخم الخطي بزيادة محصلة القوى المؤثرة.
3) بثبوت التغيير في الزخم الخطي: يتناسب مقدار محصلة القوة المؤثرة عكسيا مع زمن تأثيرها.

**سؤال:** فسر وجود حزام مطاطي حول سيارات الألعاب الكهربائية في المدن الترفيهية؟

فسر، يفضل إستخدام مادة مرنة لمقدمة ومؤخرة السيارات (فايبر) عن المواد الصلبة (كالمعادن)؟

**جواب:** عند حدوث التصادم، يقل الزخم من قيمته ليصل إلى الصفر، فإذا كان زمن التلامس قصير، تكون القوة المؤثرة كبيره، وإذا كان زمن التلامس كبير، تقل قيمة القوة المؤثرة، **وفي المواد المرنة، يكون زمن التلامس عند حدوث التصادمات كبير مما يقلل مقدار القوة المؤثرة.**

## العلاقة بين التغيير في الزخم الخطي والدفع

**الدفع (Impulse) ($I$): هو ناتج ضرب القوة المحصلة المؤثرة على الجسم ($\sum \vec{F}$) في زمن تأثيرها ($\Delta t$).**

$$\vec{I} = \sum \vec{F} \cdot \Delta t$$

حيث: $\sum \vec{F}$ محصلة القوى المؤثرة على الجسم بوحدة ($N$)، $\Delta t$ مدة تأثير القوة على الجسم بوحدة (s). حسب النظام الدولي للوحدات يقاس الدفع بوحدة **($N \cdot s$) أو (kg.m/s).**

**##** يعتمد مقدار الدفع على:

1) مقدار القوة. 2) مدة تأثير القوة.

**##** الدفع كمية متجهه له نفس إتجاه محصلة القوة، وفي الحركة الخطية في بعد واحد، يعبر عن إتجاه الدفع (أو محصلة القوة) بإشارة:

+ ..... إذا كان الإتجاه لليمن (على محور x) أو للأعلى (على محور y)

- ..... إذا كان الإتجاه لليسار (على محور x) أو للأسفل (على محور y)

ومن الصيغة العامة لقانون نيوتن الثاني نحصل على:

$$\vec{I} = \Delta \vec{p}$$

تسمى هذه الصيغة بـ **مبرهنة (الزخم الخطي - الدفع)** والتي تنص على أن: ***((دفع قوة محصلة مؤثرة على جسم ما يساوي التغيير في زخمه الخطي))***.

**مثال:** إحسب مقدار وإتجاه الدفع اللازم لإيقاف جسم زخمه الخطي:

1) (2 kg.m/s) نحو اليمين. 2) (4 kg.m/s) نحو اليمين 3) (6 kg.m/s) نحو اليسار

**مثال:** إحسب مقدار وإتجاه الدفع اللازم لإيقاف جسم كتلته (2 kg) يتحرك بسرعة (6 m/s) نحو اليمين.

**مثال:** جسم كتلته (2 kg) يتحرك بسرعة (6 m/s) نحو اليمين إصطدم بجدار وإرتد بسرعة (4 m/s) نحو اليسار، إحسب: 1) دفع الجدار للكرة.

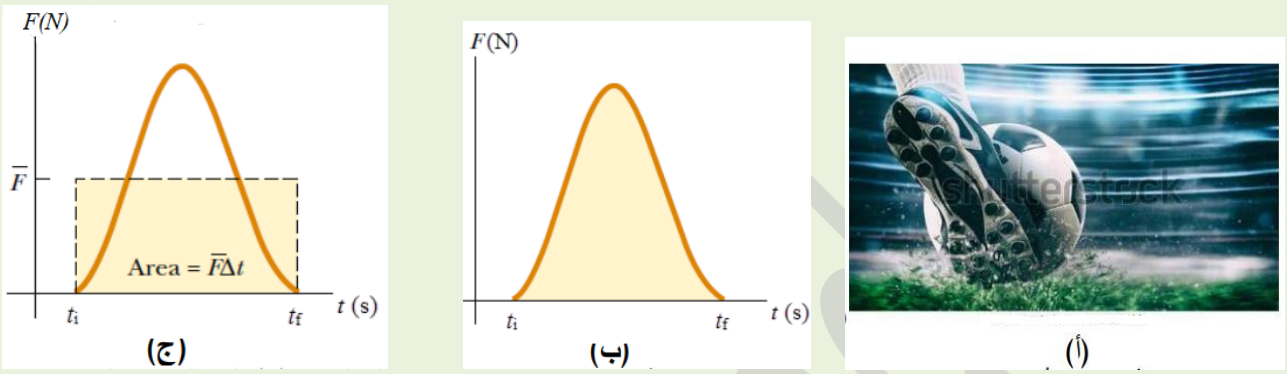
2) إذا كان زمن التلامس بين الكرة والجدار (0.2 s)، إحسب مقدار القوة التي يؤثر بها الجدار على الكرة.

**سؤال:** أثبت أن ($N \cdot s$) = (**kg.m/s**).



Abu Alsondos

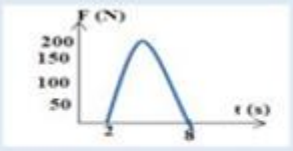
يبين الشكل (1- أ) لاعب كرة قدم يركل كرة قدم، فيؤثر عليها بقوة تتغير مع زمن تلامسها كما في الشكل (1- ب) بحيث تكون المساحة تحت المنحنى تمثل الدفع (التغيير في الزخم الخطي للكرة)، أما الشكل (1 – جـ) فيوضح العلاقة بين متوسط هذه القوة مع زمن تلامسها لتمثل المساحة تحت المنحنى أيضا الدفع (التغيير في الزخم الخطي للكرة).




الشكل (1)

**2021 الدورة الثانية**

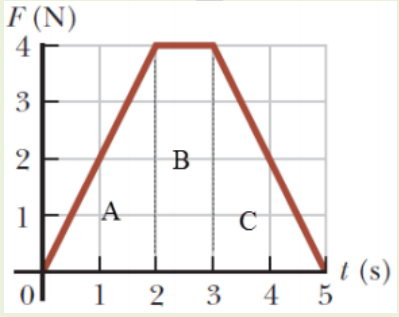
1. إذا علمت أن المساحة تحت المنحنى لقوة متغيرة مع الزمن كما في الشكل المجاور تساوي (900N.s) فما متوسط قوة الدفع (بوحدة النيوتن )؟




أ. 200 ب. 150 ج. 100 د. 50

**مثال (3) من الكتاب:**

الشكل المجاور يوضح العلاقة البيانية بين مقدار القوة المؤثرة على صندوق كتلته (3 kg) وبإتجاه ($+x$) خلال زمن تلامسها(5 s)، حيث يتغير مقدار القوة المؤثرة بالنسبة للزمن، إحسب مقدار وإتجاه مايلي:




1) الدفع المؤثر في الصندوق (خلال زمن التلامس).
2) السرعة النهائية للصندوق (عند نهاية زمن التلامس).
3) القوة المتوسطة المؤثرة في الصندوق خلال فترة التلامس.

**سؤال:** لزيادة سهولة إيقاف جسم متحرك بتأثير قوة (كإلتقاط جسم مقذوف) **دون أن يتأذى الجسم** المقذوف، لا بد من زيادة زمن التلامس بين القوة المؤثرة والجسم المقذوف، فسر ذلك.

**جواب:** لإلتقاط الجســـم المقذوف، يجب أن يتغيير زخمه الخطي من قيمة ما إلى الصـــفر من خلال دفع القوة المؤثره عليه وبعكس إتجاه الزخم الخطي للجسم:

$$\vec{I} = \Delta\vec{p}$$

وحتى لا يتأذى الجســـم من تأثير تلك القوة، نقلل مقدارها من خلال زيادة زمن التلامس حيث أن الدفع يعطى بالعلاقة:

$$\vec{I} = \sum \vec{F} \cdot \Delta t$$

**لأحظ أنه** كلما كان الدفع اللازم لإيقاف جسم أقل، فهذا يعني أن الإيقاف أسهل

**سؤال:** أثبت أن الطاقة الحركية لجسم ما تعطى بالعلاقة: $\frac{p^2}{2m}$

**ســـؤال:** قذف معلم على طالب كرة، فالتقطها الطالب. ثم قذف كرة أخرى كتلتها 9 أضـــعاف الكرة الأولى، رتب الخيارات التالية من حيث سهولة التقاط الكرة:

1) سرعة الكرة الثانية نفس سرعة الكرة الأولى،
2) الزخم الخطي للكرة الثانية نفس الزخم الخطي للكرة الأولى،
3) الطاقة الحركية للكرة الثانية نفس الطاقة الحركية للكرة الأولى.

Abu Alsondos

## الخلاصة

- **المفاهيم:**

**1) الزخم الخطي ($p$): هو حاصل ضرب كتلة الجسم (m) في سرعته ($v$).**
**2) الدفع (Impulse) ($I$): هو ناتج ضرب القوة المحصلة المؤثرة على الجسم ($\sum \vec{F}$) في زمن تأثيرها ($\Delta t$).**

- **قوانين حساب المفاهيم:**

$$1)\ \vec{p} = m\,\vec{v}$$

$$2)\ \vec{I} = \sum \vec{F} \cdot \Delta t$$

- **علاقة المفاهيم ببعضها:**

$$1)\ \sum \vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$$

$$2)\ \vec{I} = \Delta \vec{p}$$

- **الإتجاهات:**

تستخدم الإشارات للتعبير عن الإتجاهات، فمثلا:

1) للحركة الأفقية: تدل الإشارة الموجبة لإتجاه اليمين ($+x$) والإشارة السالبة لإتجاه اليسار ($-x$).
2) للحركة العمودية: تدل الإشارة الموجبة لإتجاه الأعلى ($+y$) والإشارة السالبة لإتجاه الأسفل ($-y$).

- **نصائح عامة عن حل الأسئلة:**

1) عند حل أي سؤال، صنف الأجسام الموجودة بالسؤال إلى A & B.
2) حدد المعطيات لكل جسم على حدا وذلك قبل التأثير ((initial (i) وبعده ((final (f).
3) حسب قانون نيوتن الثالث، إذا أثر الجسم A على الجسم B، فإن دفع الجسم A لـــ B يغيير الزخم الخطي للجسم B، والعكس صحيح. ($\vec{I}_{BA} = \Delta \vec{p}_A \quad \Leftrightarrow \quad \vec{I}_{AB} = \Delta \vec{p}_B$)
4) حسب قانون نيوتن الثالث، $\Delta \vec{p}_A = -\Delta \vec{p}_B \quad \Leftrightarrow \quad \vec{I}_{BA} = -\vec{I}_{AB}$
5) حدد المطلوب من السؤال.

**مثال (1) من الكتاب:**

وضع صندوق كتلته (100 kg) في شاحنة تتحرك بسرعة (20 m/s) نحو الشرق، فإذا ضغط السائق على المكابح فتوقفت الشاحنة بعد (0.5 s) من لحظة الضغط على المكابح، إحسب مقدار وإتجاه مايلي:

1) الزخم الخطي الإبتدائي للصندوق
2) الدفع المؤثر على الصندوق
3) قوة الإحتكاك ($F_s$) اللازم تأثيرها على الصندوق لمنعه من الإنزلاق

**مثال (2) من الكتاب:**

يركل لاعب كرة قدم ساكنة كتلتها (0.45 kg) فتنطلق بسرعة (30 m/s) بإتجاه محور ($+x$)، فإذا علمت أن متوسط القوة المؤثرة عليها خلال زمن تلامسها (135 N) فإحسب مايلي بإهمال وزن الكرة:

1) مقدار وإتجاه الزخم الخطي للكرة لحظة إنطلاقها من قدم اللاعب.
2) زمن تلامس الكرة لقدم اللاعب.
3) مقدار وإتجاه دفع اللاعب للكرة خلال زمن تلامسهما
4) مقدار وإتجاه دفع الكرة للاعب خلال زمن تلامسهما
5) لماذا لا يرتد اللاعب للخلف؟

Abu Alsondos

**تمرين (1) من الكتاب**

كرة تنس كتلتها (0.06 kg)، يقذفها لاعب للأعلى، وعند وصـولها إلى قمة مسـارها الرأسي، يضربـها اللاعب أفقيا بالمضرب فتنطلق بسرعة مقدارها (55 m/s) في إتجاه محور $(+x)$، إذا علمت أن زمن تلامس الكرة مع المضرب (4 ms)، إحسب مقدار وإتجاه كل مما يلي:

1) الدفع الذي يؤثر به المضرب على الكرة.
2) القوة المتوسطة التي يؤثر بها المضرب على الكرة.

**مثال إضافي (1)**

جسم كتلته (17.5 kg) ينزلق على سطح خشن بسرعة (3.5 m/s)، فإذا توقف بعد (8 s)، إحسب متوسط قوة الإحتكاك المؤثرة عليه من خلال:

1) مبرهنة الزخم الخطي والدفع 2) مبرهنة الشغل والطاقة

**مثال إضافي (2)**

رامي سهم يحمل قوس ويقف على أرضية ملساء مهملة الإحتكاك، فإذا أطلق سهم كتلته (0.03 kg) بسرعة ( 85 m/s) وبإتجاه (x+)، وكانت كتلة رامي السهم (60 kg)، إحسب مقدار وإتجاه كل من:

1) سرعة رامي السهم بعد إطلاق السهم مباشرة،
2) دفع القوس للسهم 3) دفع السهم لراميه

**مثال إضافي (3)**

جسم طاقته الحركية (275 J) وزخمه الخطي (25 kg.m/s)، إحسب سرعته.

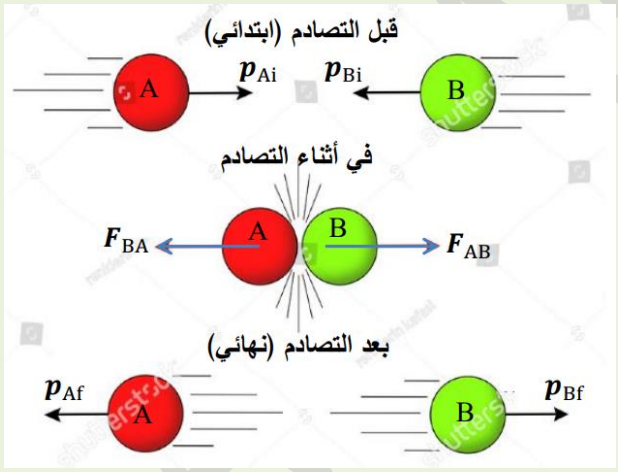
## حفظ الزخم الخطي والقانون الثالث لنيوتن في الحركة

**النظام المعزول:** هو مجموعة من الأجسام تتبادل القوى فيما بينها بدون وجود أي قوة خارجية تؤثر على أي منها.

**قانون حفظ الزخم الخطي: عند تفاعل جسيمان أو أكثر في نظام معزول، يظل الزخم الخطي الكلي للنظام ثابتا.**

من قانون حفظ الزخم الخطي، لأي نظام معزول مكون من جسمين (A و B) يمكن أن يزداد الزخم الخطي للجسيم A بحيث يقل الزخم الخطي للجسيم B بحيث يبقى مجموعهما ثابت. (( بكلمات أخرى، لأي نظام معزول مكون من جسمين (A و B) يمكن للزخم الخطي أن ينتقل من جسم لآخر بفعل الدفع المتبادل بين الجسمين بحيث يبقى مجموعها ثابت.

يمكن التوصل لقانون حفظ الزخم الخطي من خلال قانون نيوتن الثالث وقانون نيوتن الثاني على تصادم بين جسمين (A و B) لنظام معزول كما في الشكل (2)، حيث يشار للقيم الإبتدائية (قبل التصادم) بالحرف (i) والقيم النهائية (بعد التصادم بالحرف (f):




الشكل (2)

$$\overrightarrow{F_{AB}} = -\overrightarrow{F_{BA}} \qquad and\ \vec{F}_{AB} = \Delta\vec{p}_B/\Delta t, \qquad \vec{F}_{BA} = \Delta\vec{p}_A/\Delta t$$

وبالتالي:

$$\Delta\vec{p}_B/\Delta t = -\Delta\vec{p}_A/\Delta t$$

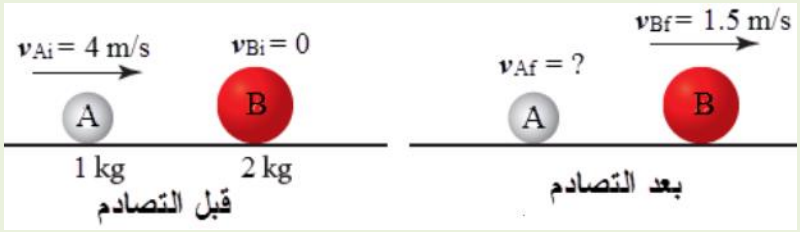
$$\Delta\vec{p}_B = -\Delta\vec{p}_A$$

$$\vec{p}_{Bf} - \vec{p}_{Bi} = -(\vec{p}_{Af} - \vec{p}_{Ai})$$

$$\vec{p}_{Bf} + \vec{p}_{Af} = \vec{p}_{Bi} + \vec{p}_{Ai}$$

$$\boldsymbol{m_B\,\vec{v}_{Bf} + m_A\vec{v}_{Af} = m_B\,\vec{v}_{Bi} + m_A\vec{v}_{Ai}}$$

**مثال (4) من الكتاب**




كرتـان *A* و *B*، كتلـة الكرة *A* (*1 kg*) تتحرك بسرعة (4 m/s) بإتجاه $(+x)$، تصطدم بالكرة *B* والتي كتلتها *2 kg* وفي حالة ســكون كما هو موضح في الشكل المجاور، فإذا تحركت الكرة *B* بعد التصادم بسرعة *1.5 m/s* بإتجاه $(+x)$، إحسب مقدار وإتجاه سرعة الكرة *A* بعد التصادم.

**مثال (5) من الكتاب**

مدفع ســاكن كتلته ($2 \times 10^3$ kg)، فيه قذيفه كتلتها (50 kg)، أطلقت القذيفة بإتجاه أفقي من المدفع بسرعة مقدارها ($1.2 \times 10^2$ m/s) وبإتجاه (+x)، إحسب مقدار وإتجاه كل مما يلي:

1) الدفع الذي تؤثر به القذيفة على المدفع
2) سرعة إرتداد المدفع

**أسئلة إثرائية:**

**سؤال:** عند إطلاق رصاصة من البندقية، فإن الجندي يلصق البندقية بكتفه (بدون فراغ)، علل ذلك.

**جواب:** عند إطلاق الرصاصة، فإن الزخم الخطي للرصاصة يتغير بنفس مقدار تغير الزخم الخطي للبندقية ولكن بالإتجاه المعاكس، وحســب قانون حفظ الزخم الخطي فإن: $(\boldsymbol{M\,\vec{v}})_{\text{بندقية}} = (\boldsymbol{m\,\vec{v}})_{\text{رصاصة}}$، وكلما زادت كتلة البندقية، تقل سرعة إرتدادها حســب حفظ الزخم الخطي. عند إلتصــاق الكتف بالبندقية، يعتبر جســم الجندي والبندقية جسم واحد وكتلته كبيره، فتكون سرعة إرتداده قليلة.

**سؤال:** عند إنفجار قنبلة ما، فإن الشظايا تنتشر بإتجاهات مختلفة وليس بإتجاه واحد، فسر ذلك.

**جواب:** بما أن القنبلة تكون ساكنة قبل لإنفجار، فهذا يعني أن الزخم الخطي الكلي للنظام يساوي صفر، وبعد الإنفجار يجب أن تكون مساوية للصفر حسب قانون حفظ الزخم الخطي، وبالتالي يجب أن تنتشر بإتجاهات متاكسة ليكون مجموع الزخم الخطي الكلي مساويا للصفر.

## مراجعة الدرس

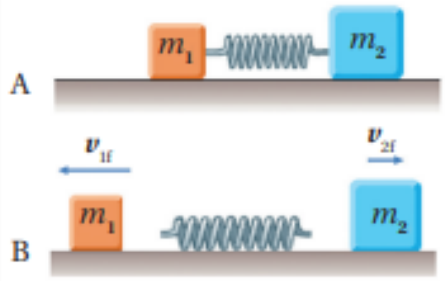
1. **الفكرة الرئيسة:** ما المقصودُ بالزخَم الخطيّ لجسم؟ ما العلاقة بين الدفع المؤثر في جسم والتغيُّر في زخَمه الخطيّ؟

2. **أُحلِّلُ:** بحسب علاقة تعريف الزخَم الخطيّ $\boldsymbol{p} = m\boldsymbol{v}$ ؛ تكون وحدةُ قياسهِ kg.m/s، وبحسب مبرهنة (الزخَم الخطيّ – الدفع) تكون وحدةُ قياسهِ (N.s). أُثبت أن هاتين الوحدتين مُتكافئتان.

3. **أوضِّحُ:** متى يكون الزخَم الخطيّ لنظام محفوظًا؟

4. **أفسِّرُ:** ذهب محمّد إلى مدينة الألعاب، وعند قيادته سيارةً كهربائيةً واصطدامها بالسيارات الأُخرى وجد أن تأثير هذه التصادُمات عليه قليلٌ. وعند تركيزِ انتباهه على هذه السيارات؛ لاحظ وجود حزامٍ من مادّة مطاطيّة يحيط بجسم السيارة. أُفسّر سببَ وجود هذا الحزام المطاطيّ.

5. **أُحلِّلُ وأستنتج:** وضعت إسلام نابض خفيف مضغوط بين صندوقين كتلتيهما $m_1$ و $m_2$ موضوعين على سطح أفقي أملس، كما هو مبين في الشكل A. لحظة إفلات إسلام النابض، تحرّك الصندوقان باتجاهين متعاكسين كما في الشكل B. إذا علمت أن $m_2 = 2m_1$ ، فأجد نسبة مقدار سرعة الصندوق الأول النهائية إلى مقدار سرعة الصندوق الثاني النهائية لحظة ابتعاد كلّ منهما عن النابض.



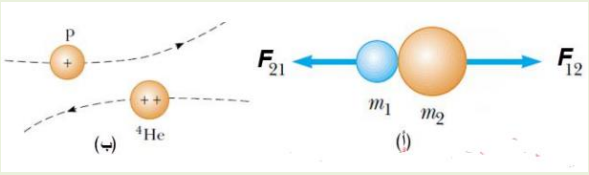

6. **أُحلِّلُ وأستنتج:** في أثناء مشاهدة هند عرضًا عسكريًّا لمجموعة من جنود الجيش العربي الأردني لفت انتباهها إسناد الجنود كعوبَ بنادِقهم على أكتافهم بإحكام عند إطلاق الرصاص منها. لماذا يفعلون ذلك؟

7. **أُصدرُ حُكمًا:** في أثناء جلسة نقاش داخل غرفة الصف عن كيفيّة حركةِ المركبات الفضائيّة في الفضاء، قالت بتول: «تندفع المركبة الفضائية في الغلاف الجويّ للأرض، ويتغيّرُ مقدار سرعتها واتّجاه حركتها عندما تدفعُ الغازات المنطلقة من الصواريخ المثبتة عليها الهواء الجويّ، وأنه لا فائدةَ من وجودِ هذه الصواريخ في المركبة الفضائية في الفضاء؛ إذ لا يُمكنُ لهذه الصواريخ أن تُغيّر مقدارَ سرعةِ هذه المركبةِ في الفضاءِ أو اتّجاه حركتها؛ لأنه لا يوجدُ هواءٌ في الفضاء تدفعه الغازاتُ الخارجةُ منها». أناقشُ صحّةَ قولِ بتول.

## الدرس الثاني: التصادمات

# الزخم الخطي والطاقة الحركية في التصادمات

**التصادم: هو حدث يقترب فيه جسمين أو أكثر من بعضهما، وتتبادل القوى بينها.**




يمكن أن يكون التصـــادم متلامس كما هو الحال في كرات البلياردالشكل 3 – أ)، أو غير متلامس كما يحدث بين الجسيمات المشحونة (الشكل 3 – ب) وذلك دون الحاجة إلى تلامسهما كما هو الحال في الجسيمات المشحونة في المستوى دون الجاهري (المجهري). الشكل (3)

**الطاقة الحركية (KE): هي كمية قياسية تقاس بحاصل ضرب نصف كتلة الجسم في مربع سرعته.**

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

في جميع أنواع التصادمات يكون الزخم الخطي للنظام المعزول ثابت، أما الطاقة الحركية فيعتمد حفظها على نوع التصادم. وبناء على حفظ الطاقة الحركية، يمكن تصنيف التصادمات للأجسام المتصادمة إلى:

1) **تصادم مرن:** حيث تكون الطاقة الحركية محفوظة.

$$KE_{Ai} + KE_{Bi} = KE_{Af} + KE_{Bf}$$

وكذلك الزخم الخطي محفوظ

$$\vec{P}_{Ai} + \vec{P}_{Bi} = \vec{P}_{Af} + \vec{P}_{Bf}$$

2) **تصادم غير مرن:** حيث تكون الطاقة الحركية غير محفوظة.

$$KE_{Ai} + KE_{Bi} \neq KE_{Af} + KE_{Bf}$$

في حين أن الزخم الخطي محفوظ

$$\vec{P}_{Ai} + \vec{P}_{Bi} = \vec{P}_{Af} + \vec{P}_{Bf}$$

ويكون السبب في ضياع جزء من الطاقة الحركية هو تحولها على شكل طاقة حرارية بسبب الإحتكاك مثلا، أو طاقة صوتية عن التصادمات.

يوصف التصادم الغير مرن بأنه تصادم **عديم المرونة** إذا:

أ) إلتصق الجسمان بسبب التصادم وتحركا كجسم واحد بعد التصادم (بنفس السرعة)، مثل إختراق رصاصة لجسم ما، وبعد إستقرار الرصاصة داخل الجسم، يتحركا كجسم واحد.

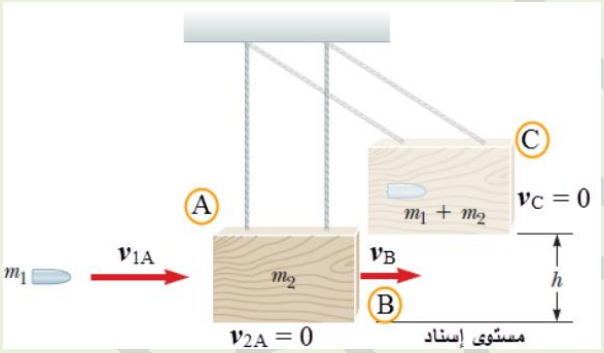
$$m_B\,\vec{v}_{Bi} + m_A\vec{v}_{Ai} = (m_B + m_A)\vec{v}_{ABf}$$

ب) إذا كانا جسم واحد قبل التصادم وإنفصلا عن بعضهما بسبب التصادم ليتحركا بسرعتين مختلفتين بعد الاتصادم، مثل إنطلاق قذيفة من مدفع.

$$(m_B + m_A)\vec{v}_{ABi} = m_B\,\vec{v}_{Bf} + m_A\vec{v}_{Af}$$

## تطبيق عملي للتصادم عديم المرونة (البندول القذفي)

**يستخدم البندول القذفي لقياس سرعة الرصاصة** (لاحظ الشكل 4).




الشكل (4)

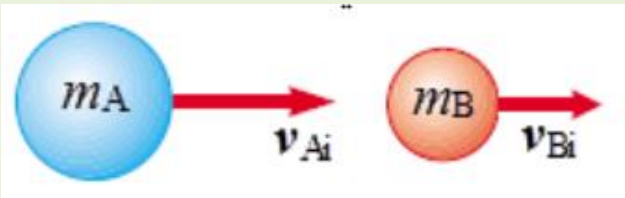
الموقع A يحدث تصادم بين الرصاصة المتحركة وقطعة الخشب الساكنة، وبعد إستقرار الرصاصة داخل قطعة الخشب، يتحرك الجسيمان (الرصاصة والقطعة الخشبية) كجسم واحد بعد التصادم (الموقع B)، وكون القطعة الخشبية معلقة، تتحرك كبندول لتتحول الطاقة الحركية كليا للنظام إلى طاقة وضع (الموقع C)، وبمعرفة أقصى إرتفاع يصل إليه النظام، يمكن حساب سرعة الرصاصة قبل التصادم.

**مثال إضافي**

في الشكل (4)، إذا كانت كتلة الرصاصة 0.1 kg وكانت كتلة القطعة الخشبية 3.9 kg، وبعد إستقرار الرصاصة داخل القطعة الخشبية، إرتفعت لغاية 20 cm عن مستوى الإسناد، إحسب سرعة الرصاصة قبل إختراق القطعة الخشبية.

## التصادم في بعد واحد

يعتبر التصادم في بعد واحد، عندما يتحركا قبل وبعد التصادم على الإستقامة نفسها، أي أن حركة الجسمين قبل وبعد التصادم يمكن تمثيلها على أحد المحاور فقط (x أو y). ولحدوث ذلك لابد من تصادم الجسمين رأس برأس.




**مثال (6) من الكتاب**

تتحرك الكرة A والتي كتلتها 5 kg بسرعة 6 m/s بإتجاه $(+x)$، فتصطدم رأس برأس بكره أخرى كتلتها 3 kg وتتحرك بسرعة 3 m/s بإتجاه $(+x)$، وبعد التصادم، تحركت الكرة B بسرعة 5 m/s بنفس إتجاه حركتها قبل التصادم:

1) إحسب مقدار وإتجاه سرعة الكره A بعد التصادم.
2) ما نوع التصادم؟

**مثال (7) من الكتاب**

كرتا بلياردو لهما نفس الكتلة، تتحرك الكرة A بإتجاه اليمين بسرعة (2 m/s) فتصطدم رأس برأس بالكرة B الساكنة تصادم مرن، إحسب مقدار وإتجاه كل من:

1) سرعة الكرة A بعد التصادم.
2) سرعة الكرة B بعد التصادم.

Abu Alsondos

**مثال (8) من الكتاب**

أطلق سـعد سـهما كتلته (0.03 kg) أفقيا بإتجاه بندول قذفي كتلته (0.72 kg)، فاصـطدم به والتحما معا، بحيث كان أقصى إرتفاع وصل اليه عن المستوى الإبتدائي (20 cm)، أجب عمايلي:

1) أي مراحل حركة النظام المكون من السهم والبندول كان الزخم الخطي محفوظ؟
2) أي مراحل حركة النظام المكون من السهم والبندول كانت الطاقة الحركية محفوظة؟
3) إحسب سرعة السهم الإبتدائية.

**مثال (9) من الكتاب**

عربة قطارٍ (A) كتلتُها ($1.80 \times 10^3$ kg) تتحرك في مسارٍ أُفقيٍّ مستقيمٍ لسكة حديدٍ بسرعةٍ مقدارُها (3.00 m/s) باتّجاه محور $+x$، فتصطدم بعربة أُخرى (B) كتلتُها ($2.20 \times 10^3$ kg) تقف على المسار نفسه، وتلتحمان معًا وتتحركان على المسار المستقيم لسكة الحديد نفسه، كما هو موضّحٌ في **الشكل (19)**. أُجيب عمّا يأتي:

**الشكل (19)**: تصادم عربتي قطار.

أ. أحسبُ مقدار سرعة عربتي القطار بعد التصادُم، وأُحدّد اتّجاهها.

**ب.** ما نوع التصادُم؟ وهل الطاقة الحركية محفوظة في هذا النوع من التصادُمات؟ أُبرّر إجابتي.

تمرين: **أحسبُ:** أطلق مُحقّقٌ رصاصةً كتلتُها (0.030 kg) أُفقيًّا باتّجاه بندول قذفي كتلته (0.97 kg)، فاصطدمت به والتحما معًا، فكان أقصى ارتفاع وصله البندول فوق المستوى الابتدائي له (45 cm). أحسبُ مقدار السرعة الابتدائية للرصاصة.

## مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** ما نوعا التصادُم بحسب حفظ الطاقة الحركية؟ وما الفرق بينهما؟

2. **أُفسّر:** عندما تتصادم سيارتان فإنهما عادةً لا تلتحمان معًا؛ فهل يعني ذلك أنّ تصادُمَهما مرنٌ؟ أوضح إجابتي.

3. **أُحلّل وأستنتج:** تصادَم جسمان تصادُمًا مرنًا. أُجيب عمّا يأتي:

   أ. هل مقدارُ الزخَم الخطيِّ لكلّ جسمٍ قبل التصادُم يساوي مقدارَ زخَمه الخطيّ بعد التصادُم؟ أُفسّر إجابتي.

   ب. هل مقدارُ الطاقة الحركية لكلّ جسمٍ قبل التصادُم يساوي مقدار طاقته الحركية بعد التصادُم؟ أُفسّر إجابتي.

4. **أستخدم المتغيرات:** كرةُ صلصالٍ كتلتها (2 kg) تتحرك شرقًا بسرعةٍ ثابتةٍ، وتصطدم بكرة صلصالٍ أُخرى ساكنة، فتلتحمان معًا وتتحركان شرقًا بسرعة يساوي مقدارُها رُبعَ مقدار السرعة الابتدائية للكرة الأولى. أحسبُ مقدار كتلة الكرة الثانية.

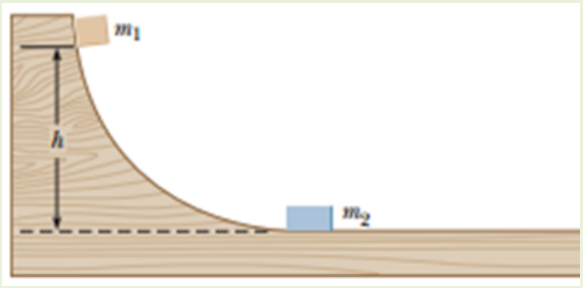
5. **أُحلّل وأستنتج:** كرتا بلياردو (A و B) لهما الكتلة نفسها وتتحركان في الاتّجاه نفسه في خط مستقيم، كما هو موضّحٌ في الشكل. قبل التصادُم، مقدار سرعة الكرة (A) يزيد بمقدار (1.2 m/s) عن مقدار سرعة الكرة (B). بعد التصادُم، مقدار سرعة الكرة (A) يساوي مقدار سرعة الكرة (B) قبل التصادُم، ومقدار سرعة الكرة (B) يزيد بمقدار (1.2 m/s) عن مقدار سرعة الكرة (A). هل التصادُم مرن أم غير مرن؟ أوضّح إجابتي.

6. **أُصدر حُكمًا:** تتحرك شاحنة غربًا بسرعةٍ ثابتة؛ فتصطدم تصادمًا عديم المرونة مع سيارةٍ صغيرةٍ تتحرّكُ شرقًا بمقدار سرعة الشاحنة نفسه. أُجيب عمّا يأتي:

   أ. أيّهما يكون مقدار التغيُّر في زخمها الخطي أكبر: الشاحنة أم السيارة؟

   ب. أيّهما يكون مقدار التغيُّر في طاقتها الحركية أكبر: الشاحنة أم السيارة؟

**مثال إضافي (4)**




الشكل المجاور يوضح جسم A كتلته (1 kg) ينزلق من السكون من إرتفاع (5 m) على السطح المنحني، وفي أسفل السطح الجسم B والذي كتلته (10 kg) كان يتحرك بسرعة (2 m/s) بإتجاه (-x)، فاصطداما بحيث إرتد الجسم B بسرعة (1 m/s) وارتد الجسم A على السطح المنحني، إحسب أقصى إرتفاع يصل إليه الجسم A بعد إرتداده.

Alsondos

**مراجعة الوحدة**

**1. أضعُ دائرةً حول رمز الإجابة الصحيحة لكلّ جملة ممّا يأتي:**

**1.** وحدة قياس الزخَم الخطيِّ حسب النظام الدولي للوحدات، هي:

أ. $N.m/s$ ب. $kg.m^2/s$ ج. $N/s$ د. $kg.m/s$

**2.** كلّما زاد زمن تأثير قوة $(F)$ في جسم كتلته $(m)$:

أ. زاد مقدار الدفع المؤثر فيه، وزاد مقدار التغيُّر في زخَمه الخطيّ.

ب. زاد مقدار الدفع المؤثر فيه، وقل مقدار التغيُّر في زخَمه الخطيّ.

ج. قلَّ مقدار الدفع المؤثر فيه، وزاد مقدار التغيُّر في زخَمه الخطيّ.

د. قلَّ مقدار كلٍّ من: الدفع المؤثر فيه، والتغيُّر في زخَمه الخطيّ.

**3.** يعتمد الزخَمُ الخطيُّ لجسم على:

أ. كتلته فقط. ب. سرعته المُتّجهة فقط.

جـ. كتلته وسرعته المُتّجهة. د. وزنه وتسارع السقوط الحر.

**4.** يتحرّك جسم كتلته (10 kg) أُفقيًّا بسرعة ثابتة (5 m/s) شرقًا. إنّ مقدار الزخَم الخطيّ لهذا الجسم واتّجاهه هو:

أ. 0.5 kg.m/s شرقًا. ب. 50 kg.m/s غربًا. جـ. 2 kg.m/s شرقًا. د. 50 kg.m/s شرقًا.

**5.** تتحرك سيارة شمالًا بسرعةٍ ثابتةٍ؛ بحيث كان زخمُها الخطي يساوي ($9 \times 10^4$ N.s). إذا تحركت السيارة جنوبًا بالسرعة نفسها فإن زخَمها الخطيّ يساوي:

أ. $9 \times 10^4$ N.s ب. $-9 \times 10^4$ N.s جـ. $18 \times 10^4$ N.s د. 0 N.s

**6.** تركض لينا غربًا بسرعة مقدارها (3 m/s). إذا ضاعفت لينا مقدارَ سرعتها مرّتان فإنّ مقدار زخَمها الخطيّ:

أ. يتضاعفُ مرّتان. ب. يتضاعف أربع مرات جـ. يقلُّ بمقدار النصف د. يقلُّ بمقدار الربع

**7.** صندوقان (A و B) يستقران على سطح أفقيٍّ أملسٍ. أثّرت في كل منهما القوّة المُحصّلة نفسُها باتّجاه محور $+x$، للفترة الزمنية ($\Delta t$) نفسِها. إذا علمتُ أن كتلة الصُّندوق ($m_A$) أكبر من كتلة الصُّندوق ($m_B$)؛ فأيُّ العلاقات الآتية صحيحة في نهاية الفترة الزمنية؟

أ. $p_A < p_B,\ KE_A < KE_B$ ب. $p_A = p_B,\ KE_A > KE_B$

جـ. $p_A = p_B,\ KE_A < KE_B$ د. $p_A > p_B,\ KE_A > KE_B$

**8.** رُميَتْ كرةٌ كتلتُها $m$ أُفقيًّا بسرعة مقدارها $v$ نحو جدار؛ فارتدّت الكرة أُفقيًّا بمقدار السرعة نفسه. إنّ مقدار التغيُّر في الزخَم الخطيّ للكرة يساوي:

أ. $mv$ ب. $-mv$ جـ. $2mv$ د. صفرًا

**9.** كرةُ (A) تتحرك بسرعة (2 m/s) غربًا؛ فتصطدم بكرةٍ أُخرى ساكنةٍ (B) مماثلةٍ لها تصادُمًا مرنًا في بُعدٍ واحد. إذا توقفت الكرة (A) بعد التصادُم، فإنّ مقدارَ سرعة الكرة (B) واتّجاهَها بعد التصادُم يساوي:

أ. 2 m/s شرقًا. ب. 2 m/s غربًا. جـ. 1 m/s شرقًا. د. 1 m/s غربًا.

**10.** يركض عمرُ شرقًا بسرعة (4.0 m/s)، ويقفز في عربةٍ كتلتُها (90.0 kg) تتحرك شرقًا بسرعةٍ مقدارها (1.5 m/s). إذا علمتُ أن كتلة عمر (60.0 kg)؛ فما مقدارُ سرعة حركة عمرَ والعربة معًا؟ وما واتجاهها؟

أ. 2.0 m/s شرقًا. ب. 5.5 m/s غربًا. ج. 2.75 m/s شرقًا. د. 2.5 m/s شرقًا.

**11.** تقفز شذى من قاربٍ ساكنٍ كتلته (300 kg) إلى الشاطئ بسرعةٍ أفقيّةٍ مقدارُها (3 m/s). إذا علمت أن كتلة شذى (50 kg) فما مقدار سرعة حركة القارب؟ وما اتّجاهها؟

أ. 3 m/s نحو الشاطئ. ب. 3 m/s بعيدًا عن الشاطئ.

ج. 0.5 m/s بعيدًا عن الشاطئ. د. 18 m/s بعيدًا عن الشاطئ.

سيارةٌ رياضيةٌ كتلتُها $(1.0 \times 10^3\ kg)$ تتحرّك شرقًا $(+x)$ بسرعةٍ ثابتةٍ مقدارها (90.0 m/s)، فتصطدم بشاحنةٍ كتلتُها $(3.0 \times 10^3\ kg)$ تتحرّك في الاتّجاه نفسه. بعد التصادُم التحمتا معًا وتحركتا على المسار المستقيم نفسه قبل التصادُم بسرعةٍ مقدارُها (25 m/s). أُجيب عن الأسئلة (12-14) بافتراض الاتّجاه الموجب باتّجاه محور $+x$.

**12.** ما الزخَم الخطيّ الكُلّي للسيارة والشاحنة بعد التصادُم؟

أ. $-7.5 \times 10^4\ kg.m/s$ ب. $1.0 \times 10^5\ kg.m/s$

ج. $7.5 \times 10^4\ kg.m/s$ د. $-1.0 \times 10^5\ kg.m/s$

**13.** ما الزخَم الخطيّ الكُلّي للسيارة والشاحنة قبل التصادُم؟

أ. $-7.5 \times 10^4\ kg.m/s$ ب. $7.5 \times 10^4\ kg.m/s$

ج. $1.0 \times 10^5\ kg.m/s$ د. $-1.0 \times 10^5\ kg.m/s$

**14.** ما السرعة المُتّجهة للشاحنة قبل التصادُم مباشرةً؟

أ. $-25\ m/s$ ب. $25\ m/s$ ج. $-3.3\ m/s$ د. $3.3\ m/s$

**15.** المساحة المحصورة تحت منحنى (القوّة – الزمن) تساوي مقدار:

أ. القوّة المُحصّلة ب. الزخَم الخطيّ ج. الدفع د. الطاقة الحركية

## سؤال (2) فسر ما يأتي:

أ. تقف نرجسُ على زلاجةٍ ساكنةٍ موضوعةٍ على أرضيّة غرفةٍ ملساء وهي تحمل حقيبتها. وعندما قذفت حقيبتها إلى الأمام تحركت هي والزلاجة معًا إلى الخلف.

ب. في ساحات الألعاب، غالبًا ما يُغطّى سطح الأرض بالعشب أو الرمل حيث يوجد خطر سقوط الأطفال.

3. **أُحلّل:** يقف صيّاد على سطح قاربٍ صيدٍ طويلٍ ساكنٍ، ثم يتحرك من نهاية القارب نحو مقدمته بسرعةٍ مقدارُها (3 m/s). إذا علمت أن كتلة الصيّاد (60 kg)؛ فأُجيب عمّا يأتي:

أ. **أُفسّر:** هل يتحرك القارب أم لا؟ أُفسّر إجابتي.

ب. **أُقارن** بين مجموع الزخَم الخطيّ للقارب والصيّاد قبل بدء حركة الصيّاد وبعد حركته.

4. **أُحلّل:** جسمان (A و B) لهما الطاقة الحركية نفسها، هل يكون لهما مقدار الزخَم الخطيّ نفسه؟ أفسّر إجابتي.

5. **التفكير الناقد:** حمل رائدُ فضاءٍ حقيبة معدّاتٍ خاصةٍ لإصلاح خللٍ في الهيكل الخارجي للمركبة الفضائية، وفي أثناء ذلك انقطع الحبل الذي يثبته بها. أقترحُ طريقةً يُمكن أن يعود بها الرائد إلى المركبة الفضائية. أفسّر إجابتي.

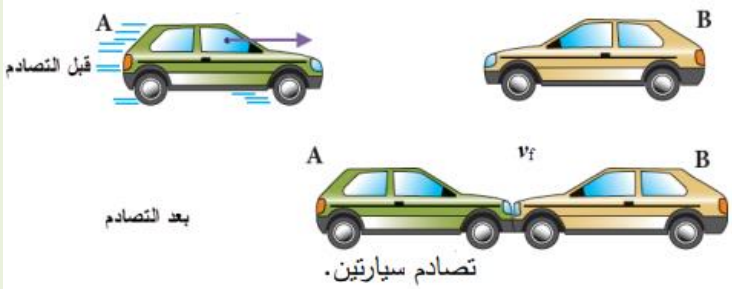
6. **أُصدرُ حُكمًا:** في أثناء دراسة غيثٍ لهذا الدرس، قال: "إنَّ وسائل الحماية في السيارات قديمًا أفضل منها في السيارات الحالية؛ إذ أن هياكل السيارات الحديثة مرنةٌ تتشوّه بسهولة عند تعرّض السيارة لحادث، على عكس هياكل السيارات القديمة الصلبة". أناقشُ صحّةَ قولِ غيث.

7. **أُحلّل وأستنتج:** تتحرّك سيارةٌ كتلتها ($1.35 \times 10^3$ kg) بسرعةٍ مقدارُها (15 m/s) شرقًا، فتصطدم بجدارٍ وتتوقف تمامًا بعد التصادُم. إذا علمتُ أنّ زمن التلامس بين السيارة والجدار (0.115 s)، فأحسبُ مقدار ما يأتي:

أ. التغيُّر في الزخَم الخطيّ للسيارة.

ب. القوّة المتوسطة التي يؤثر به الجدار في السيارة.

8. **أحسبُ:** السيارة (A) كتلتها ($1.1 \times 10^3$ kg) تتحرك بسرعة (6.4 m/s) باتّجاه محور $+x$، فتصطدم رأسًا برأس بسيارةٍ ساكنةٍ (B) كتلتها ($1.2 \times 10^3$ kg)؛ وتلتحم السيارتان معًا بعد التصادُم وتتحركا على المسار المستقيم نفسه قبل التصادُم، كما هو موضح في **الشكل المجاور**. أحسبُ مقدار ما يأتي:



تصادم سيارتين.

أ. سرعة السيارتين بعد التصادُم، وأُحدّد اتّجاهها.

ب. الدفع الذي تؤثر به السيارة (B) في السيارة (A).

**9. أستخدم الأرقام:** مركبةٌ فضائيةٌ ساكنة تتكون من جزأين، A و B. كتلة الجزء A تساوي $(8.0 \times 10^2\ \text{kg})$، وكتلة الجزء B تساوي $(1.5 \times 10^3\ \text{kg})$. إذا انفصل الجزء B عن المركبة الفضائية وتحرك مبتعدًا عنها بسرعة $(10.0\ \text{m/s})$ بالنسبة للمركبة، فأحسبُ مقدار ما يأتي:

أ. سرعة اندفاع الجزء A من المركبة الفضائية.

ب. الدفع المؤثر في الجزء A من المركبة الفضائية.

**10. أُصدرُ حُكمًا:** في أثناء دراسة رُوَيْدَا هذه الوحدة، قالت: "إنَّه عندما يقفز شخص من ارتفاعٍ معيّنٍ عن سطح الأرض؛ فإنه يتعيّن عليه أن يُبقي رجليه ممدودتين لحظة ملامسة قدميه سطح الأرض حفاظًا على سلامته". أناقشُ صحة قول رُوَيْدَا بناءً على المفاهيم الفيزيائية التي تعلمتُها في هذه الوحدة.

**11. أحسبُ:** أثّرت قوة محصلة مقدارها $(1 \times 10^3\ \text{N})$ في جسم ساكن كتلته $(10\ \text{kg})$ وحرّكته باتّجاهها فترةً زمنيةً مقدارها $(0.01\ \text{s})$. أحسبُ مقدار ما يأتي:

أ. التغيُّر في الزخَم الخطيّ للجسم.

ب. السرعة النهائية للجسم.

**12. أُحلّل وأستنتج:** كرتا بلياردو (A و B) لهما الكتلة نفسها وتتحركان في الاتّجاه نفسه في خط مستقيم، كما هو موضّحٌ في **الشكل**. قبل التصادُم، مقدار سرعة الكرة (A) يزيد بمقدار $(1.2\ \text{m/s})$ عن مقدار سرعة الكرة (B). بعد التصادُم، مقدار سرعة الكرة (A) يساوي مقدار سرعة الكرة (B) قبل التصادُم، ومقدار سرعة الكرة (B) يزيد بمقدار $(1.2\ \text{m/s})$ عن مقدار سرعة الكرة (A). هل التصادُم مرن أم غير مرن؟ أوضّح إجابتي.

**13.** عربتان (A و B)، تتحركان باتّجاهين متعاكسين على مسار أُفقي مستقيم أملس كما هو موضح في **الشكل**، فتصطدمان رأسًا برأس وترتدان باتّجاهين متعاكسين على المسار المستقيم نفسه. إذا علمت أن كتلة العربة A تساوي $(0.28\ \text{kg})$، وسرعة العربتين بعد التصادُم مباشرةً: $(v_{Af} = -1.9\ \text{m/s})$ و $(v_{Bf} = 3.7\ \text{m/s})$، فأُجيب عمّا يأتي:

أ. أحسبُ مقدار كتلة العربة (B).

ب. أستخدم القانون الثالث لنيوتن في الحركة لتوضيح سبب أن يكون الزخَم الخطيّ محفوظًا في هذا التصادُم.

ج. أوضح هل التصادُم مرنٌ أم غير مرن؟

**14.** أطلقت مريمُ سهمًا كتلته (0.20 kg) بسرعة مقدارها (15 m/s) باتّجاه الغرب نحو هدف ساكن كتلته (5.8 kg)، فاصطدم به واستقرّ فيه وتحرّكا كجسم واحد. أحسبُ مقدار ما يأتي:

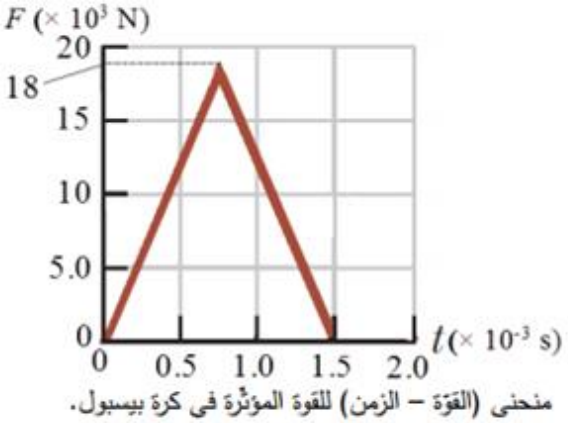
أ. السرعة النهائية لنظام السهم والهدف بعد التصادُم.

**ب.** التغيُّر في الطاقة الحركية للنظام.

**15.** تنزلق كرة زجاجية كتلتها (0.015 kg) باتّجاه الغرب بسرعة مقدارها (0.225 m/s)، فتصطدم رأسًا برأس بكرة أخرى كتلتها (0.030 kg) تنزلق شرقًا بسرعة مقدارها (0.180 m/s). بعد التصادُم ارتدّت الكرة الأولى شرقًا بسرعة مقدارها (0.315 m/s). أُجيب عمّا يأتي:

أ. أحسبُ مقدار سرعة الكرة الثانية بعد التصادُم، وأُحدّد اتّجاهها.

**ب.** أُحدّد نوع التصادُم.



منحنى (القوّة – الزمن) للقوة المؤثّرة في كرة بيسبول.

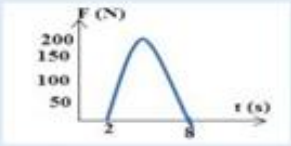
**17.** **أفسّر البيانات:** يوضح **الشكل** المجاور منحنى (القوّة – الزمن) للقوة المُحصّلة المؤثّرة في كرة بيسبول كتلتها (145 g) في أثناء زمن تلامسها مع المضرب. أستعين بهذا المنحنى والبيانات المثبتة عليه للإجابة عمّا يأتي بإهمال وزن الكرة:

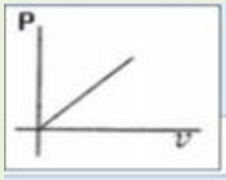
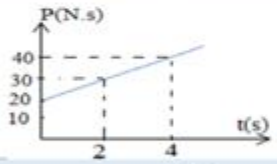
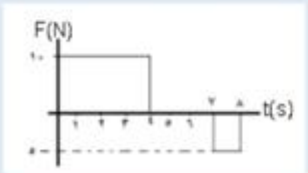
أ. ما الذي يُمثّله الرقم (18) على محور القوّة؟

**ب.** أحسبُ مقدار الدفع المؤثر في الكرة خلال زمن تلامسها مع المضرب.

**ج.** أحسبُ مقدار السرعة النهائية للكرة في نهاية الفترة الزمنية لتأثير القوّة المُحصّلة فيها باعتبارها ساكنة لحظة تأثير القوّة المُحصّلة.

**د.** أحسبُ مقدار القوّة المتوسطة المؤثّرة في الكرة خلال زمن تلامسها مع المضرب.

| سنة الورود | السؤال الأول / اختر الإجابة الصحيحة |
|---|---|
| **2021**<br>**الدورة الثانية** | 1.إذا علمت أن المساحة تحت المنحنى لقوة متغيرة مع الزمن كما في الشكل المجاور تساوي ( 900N.s) فما متوسط قوة الدفع (بوحدة النيوتن )؟   |
| | أ. 200 ب. 150 ج. 100 د. 50 |
| **2021**<br>**الدورة الأولى**<br>**صناعي وعلمي** | 2. في تصادم بين كرتين أثرت الكرة الأولى على الثانية بقوة ( 100 N) فتغير زخم الكرة الثانية بمقدار ( 5 N.s )، ما مقدار زمن تصادم الكرتين بوحدة (ثانية)؟ |
| | أ. 0.05 ب. 5 ج. 20 د. 200 |
| **2021**<br>**الدورة الأولى**<br>**صناعي** | 3. جسمان( A،B ) لهما نفس الكتلة ، اذا كانت ( $P_A = 3P_B$ ) فكم تساوي ( $K_A$ ) ؟ |
| | 1. $3\ K_B$ ب. $9\ K_B$ ج. $K_B$ د. $\frac{1}{9} K_B$ |
| **2021**<br>**الدورة الاولى** | 4. جسمان ( X ,Y ) لهما نفس الكتلة ، اذا كانت ( $K_x = 9\ K_y$ ) ،فكم تساوي ( $P_x$ ) ؟ |
| | 1. $\sqrt{3}\ P_y$ ب. $\frac{1}{3}\ P_y$ ج. $3\ P_y$ د. $9P_y$ |
| **2021**<br>**الدورة الثانية**<br>**صناعي** | 5. إذا دفع رجل كتلته (70 kg) يقف على ارض جليدية افقية ولدا ساكنا كتلته (50 kg)، فكم يساوي التغير في زخم الرجل والولد معا بوحدة (kg .m/s) ؟ |
| | أ. 0 ب. 100 ج. 140 د. 240 |
| **2021**<br>**الدورة الثانية**<br>**صناعي** | 6.اصطدمت كرة كتلتها (2 Kg) تتحرك بسرعة (4 m/s) بحائط وارتدت عنه بنفس السرعة، فما مقدار التغير في كمية تحركها بوحدة ( kg.m/s)؟ |
| | أ. 0 ب. 8 ج. 16 د. 32 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **2020 الدورة الاولى** | 7. ماذا يمثل ميل الخط المستقيم في الشكل المجاور للرسم البياني (الزخم – السرعة )؟  | | | |
| | أ. الدفع المؤثر على الجسم | ب. كتلة الجسم | | |
| | جـ. التغير في الزخم الخطي | د. محصلة القوة المؤثرة على الجسم | | |
| **2020 الدورة الاولى علمي** | 8. جسم ساكن على مستوى أفقي أملس، أثرت عليه قوة متغيرة باتجاه اليمين كما في الشكل، عند أي زمن يمتلك الجسم أكبر سرعة؟ | | | |
| | أ- 2 s | ب- 4 s | ج- 6 s | د- 8 s |
| 2019 **الدورة الاولى** | 9- أي الكميات التالية تمثل المعدل الزمني للتغيير في الزخم الخطي؟ | | | |
| | أ. الدفع | ب. الشغل | ج. القوة | د. التسارع |
| 2019 **الدورة الثالثة** | 10- في منحنى (الدفع – التغير في السرعة) ماذا يمثل ميل المنحنى؟ | | | |
| | أ. القوة المؤثرة | ب. التسارع | ج. الزخم | د. كتلة الجسم |
| 2019 **الدورة الثانية** | 11- أي الكميات الفيزيائية الاتية لها نفس وحدة الدفع؟ | | | |
| | أ. الزخم | ب. طاقة الحركة | ج. الشغل | د. القوة المؤثرة |
| **2017 الدورة الثالثة** | 12- يبين الشكل المجاور منحنى العلاقة بين الزخم والزمن لجسم يتحرك في خط مستقيم على سطح أفقي أملس تحت تأثير قوة ثابتة، ما مقدار القوة المؤثرة بوحدة النيوتن؟   | | | |
| | أ. 5 | ب. 20 | ج. 40 | د. 120 |
| **2017 الدورة الثانية** | 13- يستقر جسم كتلته (5 kg) على سطح أفقي أملس، فاذا تحرك هذا الجسم تحت تأثير قوة متغيرة مع الزمن حسب الرسم البياني المجاور، عند أي ثانية من بداية حركته تكون سرعته (6m/s)؟   | | | |
| | أ- 2 s | ب- 3 s | ج- 5 s | د- 8 s |
| **2019 الدورة الاولى** | 14. اصطدم جسم كتلته (2 kg) يتحرك أفقيا بسرعة (6 m/s) بجدار، فكان الدفع المؤثر عليه من الجدار ( 16 N.s)، فما التغير في سرعته بوحدة ( m/s)؟ | | | |
| | أ. 2 | ب. 3 | ج. 4 | د. 8 |

| | |
|---|---|
| 2019 الدورة الثانية | 15. جسم كتلته (4kg) يتحرك بسرعة (2m/s) أثرت عليه قوة لمدة (4s) فازداد زخمه بمقدار (40 N.s) فما مقدار القوة المؤثرة عليه بوحدة ( النيوتن )؟ |
| | أ. 8 ب. 10 ج. 16 د. 32 |
| 2017 الدورة الاولى | 16. تتحرك سيارة كتلتها (900 kg) بسرعة مقدارها (v) ،اذا بلغت قوة المحرك ( 1050 N) خلال نصف دقيقة، فأصبحت سرعة السيارة (55m/s )، فما مقدار السرعة الابتدائية للسيارة؟ |
| | أ. 20 m/s ب. 25 m/s ج. 30 m/s د. 35 m/s |
| 2020 الدورة الثالثة | 17- سقط جسم كتلته (1kg) سقوطاً حراً من ارتفاع (180 cm) عن سطح الأرض، وارتد عنها رأسياً لأعلى بسرعة ( 2 m/s) ، فما دفع الكرة على الأرض بوحدة (N.S ) ؟ علماً بأن ( $g = 10\ m/s^2$). |
| | أ. 4 لأعلى ب. 4 لأسفل ج. 8 لأعلى د.8 لأسفل |
| 2020 الدورة الثالثة | 18. يتحرك جسم كتلته (m) بسرعة (v ) ، فما النسبة بين طاقته الحركية إلى زخمه ($\frac{k}{p}$)؟ |
| | أ. $\frac{m}{2}$ ب. $\frac{2}{m}$ ج. $\frac{v}{2}$ د. $\frac{2}{v}$ |
| 2020 الدورة الاولى | 19. جسمان (X,Y) اذا كانت كتلة الجسم (Y) تساوي ($m_x$ ¼ ) ، وزخمه ( $p_x$ ¼ ) ، فما مقدار الطاقة الحركية $K_y$ ؟ |
| | أ. 16 $k_x$ ب. $\frac{1}{64}$ $k_x$ ج. $\frac{1}{16}$ $k_x$ د. $\frac{1}{4}$ $k_x$ |
| 2020 الدورة الثانية | 20. جسمان (a،b ) إذا كانت كتلتيهما ($m_a = 4\ m_b$)، و لهما نفس الطاقة الحركية، فما النسبة بين زخميهما ( $P_a : P_b$ )؟ |
| | أ. 2:1 ب. 1:2 ج. 4:1 د.1:4 |
| 2017 الدورة الاولى | 21. جسمان ( A ،B )إذا كانت($m_A = 0.5m_B$) ،وكانت( $K_B = 8\ K_A$ ) ، فما مقدار كمية التحرك $P_A$ ؟ |
| | أ. 0.25 $P_B$ ب. $P_B$ ج. 4 $P_B$ د. 8 $P_B$ |
| 2019 الدورة الاولى و2017 الدورة الثانية | 22. عند مضاعفة الطاقة الحركية لجسم زخمه الخطي (16 kg.m/s) بمقدار ( 4 مرات) بثبوت الكتلة، فما زخمه الخطي بوحدة( kg.m/s) ؟ |
| | أ. 32 ب. 16 ج. 8 د. 4 |
| 2018 الدورة الثانية | 23. كرة كتلتها (0.3 kg) تسير بسرعة (30 m/s ) اصطدمت بحائط فارتدت في الاتجاه المعاكس بسرعة (20 m/s) ، اذا كان زمن التصادم (0.1s ) ، ما متوسط قوة الدفع المؤثرة عليها بوحدة النيوتن ؟ |
| | أ. 30 ب. 60 ج. 90 د. 150 |
| 2020 الدورة الثانية | 24. إذا دفع رجل كتلته (80 Kg) يقف على أرض جليدية أفقية ولداً ساكناً كتلته (20 Kg)، وتحرك الولد بسرعة(2 m/s). فكم يساوي التغير في زخم الرجل والولد معاً بوحدة(kg.m/s)؟ |
| | أ. 240 ب. 140 ج. 100 د. 0 |

| | |
|---|---|
| **2021 الدورة الاولى والثانية صناعي** | ب – علل لما يلي :<br>1. تجعل مواسير بنادق الصيد طويلة |
| **2021 الدورة الثانية علمي** | 2. سرعة ارتداد المدفع اقل بكثير من سرعة انطلاق القذيفة. |
| **2020 الدورة الثانية** | 3. صعوبة ايقاف عربة نقل محملة بالبضاعة عن ايقافها وهي فارغة إذا كانت السرعة نفسها بالحالتين وخلال نفس الزمن. |
| **2018 الدورة الثانية** | 4. تزود المركبات الحديثة بوسادات هوائية بحيث تندفع لحماية الركاب في حالة وقوع حالة التصادم. |
| **2017 الدورة الثالثة** | 5. القفز من منطقة عالية على ارض رملية أكثر امنا من السقوط على ارض صلبة. |
| **2018 الدورة الاولى** | 6. ضربة الملاكم السريعة ذات إثر على الخصم أكبر من الضربة البطيئة. |
| **2019 الدورة الاولى 2021 الدورة الثالثة** | 7. تتكسر بيضة نيئة إذا سقطت من ارتفاع ما باتجاه ارض صلبة من الاسمنت وقد لا تتكسر إذا سقطت البيضة نفسها على ارض رملية من نفس الارتفاع. |
| **2017 انجاز** | 8. تجعل سبطانات بنادق الصيد ذات المدى الكبير طويلة. |
| **2020 انجاز** | 9. يصنع المدفع بحيث تكون كتلته كبيرة جدا نسبة الى كتلة قذيفته. |
| **2017 الدورة الثانية** | 10. تكون كتلة المدفع أكبر بكثير من كتلة القذيفة. |

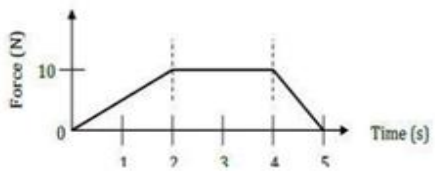
لزيادة زمن تأثير قوة الدفع على الرصاصة فيزداد الدفع والذي يؤدي لتغير كبير في الزخم فتخرج الرصاصة بسرعة كبيرة فيزداد مداها الأفقي.

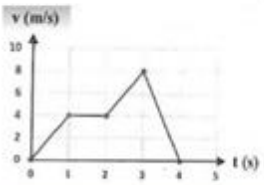
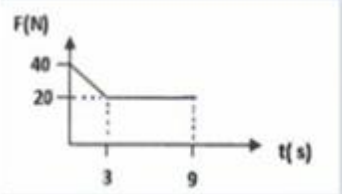
| | |
|---|---|
| **2021 الدورة الثالثة** | 6. يجلس رجل كتلته (70 kg ) في قارب ساكن كتلته ( 50 kg) ويحمل صندوقا كتلته ( 12 kg) ، اذا قذف الرجل الصندوق أفقيا بسرعة مقدارها (10 m/s) ، وبإهمال مقاومة الماء .<br>1–احسب سرعة ارتداد القارب بعد قذف الصندوق مباشرة. |

**يتحرك جسم كتلته $2\,kg$ بسرعة $3\,m/s$ على سطح أفقي أملس، أثرت عليه قوة متغيرة، مثلت بيانياً كما في الشكل المجاور، جد:**

1– سرعة الجسم بعد مرور $4\,(s)$.

2– دفع القوة خلال $5\,(s)$.



| سنة الورود | السؤال الثالث: المسائل الحسابية |
|---|---|
| **2021**<br>**الدورة الأولى**<br>**صناعي** | 1.ضرب لاعب كرة ساكنة كتلتها (0.5kg) فانطلقت بسرعة(20 m/s) ، إذا علمت ان زمن التصادم بين قدم اللاعب والكرة (0.02 s) . احسب:<br>مقدار الدفع الذي أثر به اللاعب على الكرة.<br>متوسط مقدار القوة التي أثر بها اللاعب على الكرة. |
| **2021**<br>**الدورة الأولى**<br>**علمي** | 2.يبين الشكل المجاور العلاقة بين السرعة والزمن لجسم كتلته (2 kg)، احسب:<br>1- مقدار الدفع المؤثر على الجسم خلال (3 s) من لحظة بدء حركته.<br>2- مقدار متوسط قوة الدفع خلال (4 s) من لحظة بدء حركته.<br>3- مقدار متوسط قوة الدفع خلال الفترة ما بين (1s، 3s )<br>  |
| **2021**<br>**الدورة الثانية**<br>**علمي** | 3.كرة كتلتها (50 gm) تسير نحو الغرب بسرعة (10 m/s) اصطدمت بجدار رأسي وارتدت عنه بطاقة حركية تعادل (64%) من طاقتها الحركية الابتدائية وعلى الخط نفسه، اجب عما يلي:<br>1-ما الدفع المؤثر على الكرة.<br>2-ما متوسط قوة دفع الجدار على الكرة إذا كان زمن التصادم (0.03 s). |
| **2021**<br>**الدورة الثالثة** | 4.جسم كتلته (2 Kg) يتحرك بطاقة حركية مقدارها (100 J) نحو جدار رأسي وارتد عليه فاقدا (36%) من طاقته الحركية بزمن تصادم (0.1 s) . أجب عن التالي :<br>1-احسب مقدار قوة دفع الجدار على الجسم .<br>2-وضح المقصود بالدفع. |
| **2020**<br>**الدورة الاولى** | 5 .جسم كتلته (3 kg ) يتحرك بسرعة (5 m/s ) في خط مستقيم على سطح أفقي أملس أثرت عليه قوة متغيرة في نفس اتجاه حركته ، مثلت العلاقة بين مقدار القوة والزمن كما في الشكل جد :<br>1-السرعة النهائية للجسم<br>2-متوسط القوة المؤثرة على الجسم خلال تلك الفترة الزمنية .<br>  |