# الوحدة الثانية (قوانين نيوتن والزخم)
# درس (القانونان الأول والثالث لنيوتن)



## تقويم الدّرس 2-1 — الإجابات

**1.** كيف تطبّق كلًّا من القانونَين الأوّل والثّالث لِنيوتن في كلّ من الحالات التّالية:

**a.** طالب كتلته 50 kg يجلس على كرسيّ ويستقر عليه.

القانون الأول لنيوتن: يبقى الطالب في حالة سكون، وسيبقى على هذه الحالة إلى أن يجري تطبيق قوة عليه تجعله يتحرّك.

القانون الثالث لنيوتن: القوة التي يؤثر بها الطالب في الكرسي. وقوة رد الفعل العموديّة من الكرسي على الطالب، تشكّلان زوجًا من قوتي الفعل ورد الفعل.

**b.** كويكب يسير في الفضاء بسرعة ثابتة في خط مستقيم.

القانون الأول لنيوتن: عندما تكون محصّلة القوى صفرًا، يتابع الكويكب حركته بسرعة ثابتة.

القانون الثالث لنيوتن: تكون محصّلة القوى على الكويكب معدومة لعدم وجود زوج من قوتي الفعل ورد الفعل بينه وبين أي جسم في محيطه.

**c.** شاحنة محمّلة تحتاج إلى قوّة محرّك لتصل إلى السّرعة اللّازمة على الطّريق السّريع.

القانون الأول لنيوتن: تحتاج الشاحنة إلى قوة لتبدأ الحركة، ولتزيد من سرعتها أيضًا. من دون تلك القوة ستبقى الشاحنة في حالة سكون، أو تسير بسرعة ثابتة. عند تساوي قوة دفع المحرّك مع قوة الاحتكاك، تصبح محصلة القوى صفرًا وتسير الشاحنة بالسرعة الثابتة اللازمة.

القانون الثالث لنيوتن: يؤثّر المحرّك بقوة تدفع العجلات إلى الأمام، بينما تضغط العجلات على الأرض بالاتجاه المعاكس. كما تشكّل حمولة السيارة قوة فعل على السيارة، ويكون رد فعلها قوة من السيّارة على الحمولة.

**d.** سيّارة على طريق مبلّل، عليه زيوت لا تستطيع أن تسرع أو تنحرف أو تتوقّف.

القانون الأول لنيوتن: تحتاج السيّارة إلى القوة من أجل أن تتسارع، أو تنعطف أو تتوقّف. تبدو الأسطح الرطبة أو المزيّتة كأسطح عديمة الاحتكاك، ما يجعل من الصعب جدًّا على قوى الممانعة أن يكون لها أي تأثير.

القانون الثالث لنيوتن: تطبّق إطارات السيارة قوة على الأرض نحو الخلف، بينما تدفع الأرض السيّارة إلى الأمام.

**2.** الكرة الّتي تتدحرج على سطح مُستوٍ تتحرّك وفقًا لِخطّ مُستقيم، لكنّها في الواقع تتوقّف في نهاية المطاف، حتّى وإن لم يلمسها أحد. هل يتناقض ذلك مع ما تعرفه عن القانون الأوّل لِنيوتن؟ فسّر إجابتك.

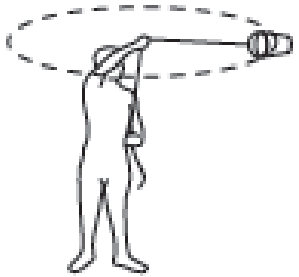
لا يناقض ذلك القانون الأول لنيوتن. تذكر عبارة القانون الأول لنيوتن أنّ الجسم يحتاج إلى قوة لتغيير حالته الحركيّة. فالقوة، التي أوقفت حركة الكرة في هذه الحالة، هي الاحتكاك. وعلى الرغم من أنّ سطح الأرض أفقي، فإنّه يطبّق قوة احتكاك تجعل الكرة تتوقف في نهاية المطاف.

## تقويم الدّرس 2-1 — الإجابات

3. تكون قوّتا الفعل وردّ الفعل مُتساويتَي المقدار دائمًا ومُتعاكستَين في الاتّجاه. لماذا لا تكون مُحصّلتهما صفرًا؟

لا تلغي قوتا الفعل ورد الفعل إحداهما الأخرى لأنهما تؤثّران في جسمين مختلفين. تلغي القوى المتساوية في المقدار والمتعاكسة في الاتجاه بعضها بعضًا إذا كانت تؤثر في الجسم نفسه.

4. إحدى الخدَع الشّائعة في الفيزياء هي ملء دلو صغيرة جدًّا بالماء وتحريكها في مسار دائريّ بعد تعليقها بطرف حبل. لا يتسرّب الماء حتّى عندما تدور الدّلو في مستوًى أفقي. اشرح سبب بقاء الماء في الدّلو.



يبقى الماء في الدلو، لأنه يحاول متابعة حركته في خط مستقيم نتيجة القصور الذاتي، إلا أن الدلو تلزمه على التحرك في مسار دائري، فيبقى الماء فيها، من دون أن ينسكب منه.

5. سيّارة تسير بسرعة 30 km/h تستخدم الفرامل وتتوقّف على طريق مُستوٍ. كيف ينطبق القانون الثّالث لِنيوتن على حالة توقُّف السّيّارة؟

هناك قوتا فعل ورد فعل عند تطبيق المكابح في السيارة. تؤثّر المكابح بقوة في الاتجاه الخلفي على إطارات السيّارة التي تتحرّك نحو الأمام، ما يسبّب توقّف السيّارة. كذلك هناك قوة فعل من الفرامل على الإطارات ورد فعل من الإطارات على الفرامل.

6. تدور الأرض حول الشّمس لأنّ قوّة جاذبيّة الشّمس تُلزِم الأرض التّحرّك في مسار إهليلجيّ. صِف قوّة الفعل وردّ الفعل بين الأرض والشّمس.

تؤثّر جاذبية الشمس في الأرض، فتُبقي الأرض في مدارها. وبالمقابل، فإن جاذبية الأرض تؤثّر في الشمس بقوة مساوية في المقدار ومعاكسة في الاتجاه، ولكن تأثيرها في حركة الشمس محدود جدًّا، لأن كتلة الشمس تساوي حوالي مليون مرة كتلة الأرض.

7. يستقرّ تمثال كتلته 100 kg على سطح الأرض. صِف زوجَين من أزواج قوى الفعل وردّ الفعل بين التّمثال ومحيطه.

زوج قوة الفعل ورد الفعل الأول: يؤثر التمثال بقوة في الأرض، ويكون رد الفعل هو القوة التي تؤثر بها الأرض في التمثال.

زوج قوة الفعل ورد الفعل الثاني: تسحب الكرة الأرضية التمثال باتجاهها، ويقوم التمثال بدوره بالتأثير بها بقوة رد فعل معاكسة.

# الوحدة الثانية (قوانين نيوتن والزخم)
# درس (القانون الثاني لنيوتن)



## تقويم الدّرس 2-2 — الإجابات

**1.** ما الكمية الفيزيائية التي تتناسب طرديًّا مع العجلة وفقًا للقانون الثّاني؟

تتناسب عجلة الجسم طرديًّا مع محصّلة القوى المُطبّقة على الجسم.

**2.** ما كتلة رجل يتحرّك بعجلة $4\ m/s^2$ تحت تأثير مُحصّلة قوى مقدارها $300\ N$؟

العجلة، $a = 4\ m/s^2$، القوة $f = 300\ N$

الإجابة $m = \frac{f}{a} = \frac{300\ N}{4m/s^2} = 75\ kg$

**3.** ما قوّة ردّ الفعل العموديّة الّتي يؤثّر بها سطح في شخص كتلته $40\ kg$، يقفز رأسيًّا إلى الأعلى بعجلة $3$ ولا يزال مُتّصلًا بالأرض؟

العجلة $a = 3\ m/s^2$، الكتلة: $40\ kg$

قوة رد الفعل العموديّة هي القوة المتّجهة إلى أعلى، وهي رد فعل الأرض على الوزن+القوة اللازمة للقفز.

قوة رد الفعل العموديّة $= mg + ma$

$= (40kg)(9.8m/s^2)+(40kg)(3\ m/s^2)$

الإجابة $= 512\ N$

**4.** صخرة كتلتها $10\ kg$، تنزلق بسرعة $8\ m/s$ على سطح أفقيّ لتقف بعد قطع مسافة $8\ m$:

**a.** احسُب قوّة الاحتكاك المؤثّرة في الصّخرة.

المسافة $x = 8\ m$، الموقع الابتدائي، $x_0 = 0\ m$

الكتلة $m = 10\ kg$، السرعة الابتدائيّة $v_0 = 8\ m/s$، السرعة النهائيّة $v = 0\ m/s$،

يمكننا حساب القوة مستخدمين القانون الثاني لنيوتن، لكننا نحتاج إلى إيجاد العجلة أولاً. نحسب العجلة بدلالة الزمن من معادلة السرعة ونعوّض في معادلة الموقع:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \qquad v = v_0 + at$$

$$8m = 0m + 8t + \frac{1}{2}at^2 \qquad 0\ m/s = 8m/s + at$$

$$8m = 8t + \frac{1}{2}at^2 \quad \text{---(2) المعادلة} \qquad a = \frac{-8\ m/s}{t} \quad \text{---(1) المعادلة}$$

## تقويم الدّرس 2-2 — الإجابات

بالتعويض عن العجلة $a$ ، بدلالة الزمن نحصل على:

$$\Delta x = v_0 t + \frac{1}{2}\left(-\frac{8}{t}\right)t^2$$

$$8m = 8t - 4t$$

$$t = 2s$$

نستخدم الزمن لحساب العجلة، ثمّ نعوض قيمتها في $F = ma$ لإيجاد القوة.

$$a = \frac{-8m/s}{2s} = -4m/s^2$$

$$F = ma = (10kg)\left(-\frac{4m}{s^2}\right) = -40N$$

**b.** احسُب معامل الاحتكاك الحركيّ.

من القسم (a) نعلَم أنّ: الاحتكاك، $F_k = -40N$

قوة رد الفعل العموديّة، $F_N = 10kg\ (9.8m/s^2) = 98N$

$$F_k = \mu_k F_N$$

$$40N = \mu_k\ 98N$$

$$\mu_k = 0.4$$

**5.** ما المسافة الّتي يقطعها قارب كتلته 600 kg خلال 12 s، علمًا أنّ القارب كان قد بدأ الحركة من السّكون تحت تأثير قوّة مقدارها 900 N؟

الكتلة: $m = 600\ kg$ الزمن: $t = 12\ s$ القوة: $F = 900\ N$ ، $v_0 = 0\ m/s$

$x = ?;\ x_0 = 0\ m$

لإيجاد الموقع، علينا أوّلاً حساب العجلة.

$$F = ma$$

$$900N = 600kga$$

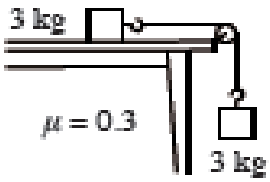
$$a = 1.5m/s^2$$

نستخدم الآن معادلة الموقع:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

الإجابة: $$x = \frac{1}{2}(1.5m/s^2)(12s)^2 = 108m$$

## تقويم الدّرس 2-2 — الإجابات




**6.** كتلتان متماثلتان لِكلّ منهما كتلة 3 kg مُتّصلتان بِخيط يمرّ فوق بكَرة مهملة الكتلة والاحتكاك، كما هو مُوَضّح في الشّكل المقابل. إذا كان مُعامل الاحتكاك يُساوي 0.3، احسُب عجلة الكتلة المعلّقة.

الكتلة، $m=3kg$ ، $\mu_k=0.3$

نطبّق القانون الثاني لنيوتن على كل من الكتلتين:

للكتلة الموضوعة على الطاولة:

$$T - F_k = ma \Rightarrow T - \mu_k mg = ma$$

وللكتلة المتدلّية:

$$T - mg = -ma \Rightarrow T = mg - ma$$

لاحظ أن قوة الشد هي نفسها حول طرفي البكرة الخفيفة، وعجلة الكتلتين هي نفسها، لأن الخيط ثابت الطول.

بتعويض $T$ بين المعادلتين، نحصل على:

$$mg - ma - \mu_k mg = ma \rightarrow a = \frac{g(1-\mu_k)}{2}$$

$$\rightarrow a = \frac{9.8(1-0.3)}{2} = 3.43 m/s^2$$

**7.** تصادمت كرتان لهما الكتلة نفسها، إحداهما اكتسبت عجلة مقدارها $12\ m/s^2$ في لحظة معيّنة. ما مقدار عجلة الكرة الثّانية في تلك اللّحظة؟ اشرح السّبب.

نعلم من القانون الثالث لنيوتن أنّ لكل فعل رد فعل يساويه في المقدار ويُعاكسه في الاتجاه. بما أنّ للكرتين كتلتين متساويتين، فسوف تكون عجلة كل منهما هي نفسها. ولذلك تتسارع الكرة الثانية بعجلة ثابتة مقدارها $12m/s^2$ وفي الاتجاه المعاكس.

**8.** سيّارة كتلتها 2,200 kg تسارعت من السّكون على طريق أُفقيّ، وحقّقت سرعة 100 km/h خلال 5 s. احسُب مُحصّلة القوى المؤثّرة في السّيارة.

الكتلة: $m=2,200\ kg$ السرعة النهائيّة: $v=100kmh=28m/s$

السرعة الابتدائيّة، $v_0=0\ m/s$ الفترة الزمنيّة $t=5s$

لحساب القوة، نقوم بحساب العجلة أولاً:

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{28m/s - 0}{5s} = 5.6 m/s^2$$

فتكون محصّلة القوى المؤثّرة في السيارة:

$$F = ma = 2,200kg(5.6m/s^2) = 12,320N$$

**9.** يقيس الميزان المنزليّ القوّة العموديّة لسطح الأرض:

**a.** ما القيمة الّتي يسجّلها الميزان إذا وقف عليه شخص كتلته 100 kg في مصعد يتسارع إلى الأعلى بعجلة $1.2\ m/s^2$ ؟

يتأثر الرجل بوزنه mg إلى أسفل، والقوة العموديّة N من الميزان إلى أعلى. وبتطبيق القانون الثاني لنيوتن نحصل على:

$$N - mg = ma \Rightarrow N = m\,(g + a) = 100\,(9.8 + 1.2) = 1100N$$

**b.** ما القيمة الّتي يسجّلها الميزان إذا وقف الشّخص نفسه على الميزان في المصعد، وهو يتسارع إلى الأسفل بعجلة $1.8\ m/s^2$ ؟

وبتطبيق القانون الثاني لنيوتن في هذه الحالة، نحصل على:

$$N-mg = -ma \Rightarrow N = m\,(g - a) = 100(9.8-1.8)$$
$$= 800N$$

الإجابة

# الوحدة الثانية (قوانين نيوتن والزخم)

## درس (حركة المقذوفات و السطح المائل )

الدّرس 2-3: حـ … السطح المائل

تقويم الدّر… | الإجابات

1. يُطلق مدفع قذيفة بـ… 300 … بزاوية 40°. احسُب مـ… أهملنا احتكاك الهواء.

نحلّل السّرعة الابتدائيّة أو… ظام مُعادلات الحركة.

$v_0 \cos\theta = 300\cos 40$

$v_0 \sin\theta = 300\sin 40$

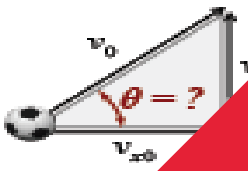
ثم نستخدم $v_y$ لحساب الزمن:

$$= \frac{2(300)(\sin 40)}{9.8} = 39s$$

والآن نستخدم الزمن لحساب المدى

$\cos 40)(39) = 8,962m$

2. يتمّ ركل كرة قدم إلى الأعلى … 0° و … 19.6 m … تتبع المُركّبة الرّأسيّة لسرعتها … مسار قطع مكافئ وتستقر … عند نهاية الـ…




a. كم من الوقت تـ… في الهواء؟

نستخدم معا… ونعلم أن 0 =

$$t - \frac{1}{2}gt^2 = \ldots 8t^2$$

… السابقة لإيجا… الكرة إلى الأرض (0 = …

… t = 4 … اللحظ… ل لحظة انطلاق الكرة، واللحظ…

… إلى الأرض …(t = 4 s).

b. ما … تبلغ…

بالنظر … رة في الهواء هو 4 s، فتكون الكرة عند أقصى ارتفاع لها عند 2 s = … ماثل فترتي الصعود والهبوط، وباستخدام معادلة المركّبة y نفسها كما … د أن أقصى ارتفاع لها، هو كما يأتي:

$$y = v_{y0}t - \frac{1}{2}gt^2 = 19.6 \ldots 9.6m$$

c. … الزاوية θ أصغر من 45°، أو تساويها، أو أكثر منها؟ … كرة m …

… لى سرعة أفقية ($v_x$) ثابتة حتى يرتطم بالأرض. … ة بزاوية θ ويحافـ… عرف المدى (60 m) و… الأفقية (4 s)، يمكننا حساب مركّبة السرعة … داية الأفقية:

$v_{x0} = 15m/s$

## تقويم الـ 3-2 — الإجابات

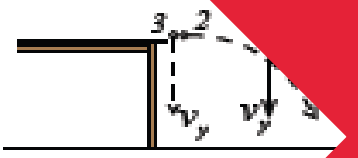
فتكون زاو حيث:

$$\theta = \tan^{-1}\frac{V_{oy}}{V_{ox}} = \tan^{-1}\left(\frac{19.62}{15}\right)$$

وهي زاوية أكبر من

3. تستقرّ كرة زجاجيّة بلا حـ طاولة، بينما تُطلَق كرة ثانية أفقيًّا على طدم بالكرة الأولى. عند لحظة تصادم ك كرة ثالثة تسقط مباشرة إلى الأسفل. الكرة الثّانية مسارًا مُنحنِيًا كما يوضح المجاور. قارن بين لحظتَي تصادم الكر بالأرض شارحًا ومُبرِّرًا تبريرًا علميًّا.

أيهما تصل إلى الأرض أوّلًا؟




الكرة 3: سقوط حر: $V_y = o + gt$

الكرة 2: لا يوجد تسارع في ا

ة الأفقية ثابتة $x$

ا عن الأخرى:

$V_y = V_{oy} + gt = 0$

ويكون الز قطع المسافة الرأسية نفسها

$\frac{1}{2}gt^2 = o + \left(\frac{1}{2}\right) + (o.s) + \sqrt{\frac{y}{9}}\ s$

أي إن الك في اللحظة نفسها.

4. إذا أضفْت كتلة ما إلى سيا أسفل مُنحـ ر وزنها، فإنّ عجلة السّيارة لا تزداد بازدياد الكتلة. اشرح في حال وجود قوة احتكاك مع الم

$mg\ sine\ \theta - F_s = n\ \theta - \mu_k\ mg\ cos\ \theta = ma$

$= \cos\theta)$

نلاحظ أن $a$ لا تعتمد على الكت

وإذا كان المنحدر أملس تك ي:

$a = g\ sin\theta$

والعجلة $a$ أيضًا لا كتلة.

## تقويم الدّرس 2-3 — الإجابات

**5.** تندحرج عربة بِدون احتكاك إلى أسفل مُنحدَر بِزاوية 15° بِالنّسبة إلى المسار الأفقيّ. تبدأ العربة حركتها من السكون عند أعلى المُنحدَر.

**a.** ما سرعة العربة بعد قطعها مسافة متر واحد على المُنحدَر؟

يمكننا حساب عجلة العربة بمعرفة الزاوية $\theta = 15°$ من البيانات المعطاة:

$$a = g\sin\theta = 9.8\sin 15 = 2.5 m/s^2$$

وبمعرفة العجلة، يمكننا حساب الزمن:

$$t = \sqrt{\frac{2x}{a}} = \sqrt{\frac{2(1)}{2.5}} = 0.9s$$

والآن لحساب السرعة:

$$v = v_0 + at = 0 + (2.5)(0.9) = 2.25 m/s$$

**b.** ما الطّول اللّازم لِلمُنحدَر لكي تُحقّق عليه العربة سرعة 10 m/s؟

لحساب المسافة اللازمة لوصول السرعة إلى 10 m/s نحتاج أولًا إلى إيجاد الزمن من المعادلة:

$$v = v_0 + at$$

$$10 m/s = 0 + 2.5t \Rightarrow t = 4s$$

فيكون الطول اللازم للمنحدر للوصول إلى السرعة المطلوبة:

$$x = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}(2.5)(4)^2 = 20m$$

**6.** تتسارع عربة بدون أيّ احتكاك على مُنحدَر بِعجلة مقدارها $1.2\ m/s^2$. ما مقدار زاوية ميل المُنحدَر؟

لحساب زاوية ميل المنحدر، نستخدم معادلة العجلة على منحدر:

$$a = g\sin\theta$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{a}{g}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1.2}{9.8}\right) = 7°$$

# الوحدة الثانية (قوانين نيوتن والزخم)

## درس (قوانين نيوتن والزخم )



### تقويم الدّرس 2-4 — الإجابات

1. أيّ من الأجسام التّالية يمتلك زخمًا أكبر: شاحنة كتلتها 5,000 kg تتحرّك بسرعة 0.1 m/s أم حجر كتلته 0.1 kg يتحرّك بسرعة 1,000 m/s؟

الشاحنة لديها زخم أكبر، لأن الزخم يعتمد على كل من الكتلة والسرعة. زخم الشاحنة 500 kg.m/s

وزخم الحجر 100 kg.m/s.

2. اذكر القانون الثّاني لِنيوتن بِدلالة الزّخم.

القوّة هي المُعدّل الزمنيّ للتغيّر في الزّخم؛ أي إنّها التّغيّر في الزّخم مقسومًا على الفترة الزمنيّة.

3. ما العلا[illegible] الدّفع والزّخم؟ اكتب إجابتك لفظيًّا، ثم بالمعادلات.

الدفع هو[illegible] الزخم.

$F\Delta t = \Delta p$

4. سيّارة كتلتها [illegible] kg تتحرّك بسرعة 28 m/s.

a. ما متوسّط القوّة الـ[illegible] السّيّارة خلال 5 ثوا[illegible]

باستخدام صيغة الدفع:

$$F = \frac{0-(1200)(28)}{5} = -6,720N$$

والقوة سالبة لأنها تؤثر في الا[illegible] ارة من أجل إيقافها.

b. ما متوسّط القوّة اللّازمة [illegible] يارة في ثانية

بتغيير الزمن إلى [illegible] s

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{0-(1200)[illegible]}{1} = [illegible]600N$$

c. قار[illegible] القوّتين وبين وزن السّيّارة.

وزن السيارة يساوي 11,760 N، القوة اللازمة لإيقاف السيّارة في 5 s تساوي تقريبًا نصف وزن السيّارة. في حين أن القوة اللازمة لإيقاف السيّارة في 1 s تساوي تقريبًا ثلاثة أمثال وزن السيّارة.

## تقييم الدّرس 2-4 — الإجابات

ة قدم كتلتها 0.43 kg بسرعة 18 m/s إلى ترتدّ عن رأس لاع الكتلة
ب أدّت إلى ارتداد الكرة في الاتّجاه المعاكس بسرع سب مقدار
رأس اللّاعب علمًا أنّ التّصادم قد استغرق
التغيّر ت نتيجة لارتدادها من رأس اللاعب،

$$= v_f) = 0.43\,[19 - (-1$$ kg m/s

وبما أن نظام را كرة معزول، يكو خم رأس اللاعب مساويًا في
المقدار (ومعاكسًا ي ير في زخ ن تعريف الدفع لرأس اللاعب:

$$I = \frac{14.62}{0.1} = 146.2\ N$$

6. خلال حصّة المختبر، «تنفصل عما عن الأخرى. كتلة إحدى العربتَين 0.5 kg وكتلة الأخرى 1.25 kg. ما سرعة الكتلة 0.5 kg إذا كانت سرعة العربة الأخرى 2.5 m/s؟

م على أن الزخم قبل انفصال الع . ونعرف
ل الانفصال كان صفرًا؛ وبالتالي يكون الز ي صفرًا. وبما
كان في اتجاهين متعاكسين، تكون إحدى ال حسب اختيار

$$m_1 v$$
$$0 \quad (-2.5) =$$
$$m/s$$

7. تقوم شاحنة بتفريغ حـ ل في شاحنة أخرى كتلتها 6,000 kg متحرّكة بسرعة 1.2 m/s. ش شاحنة الثّانية بعد أن يَتِمّ تحميلها بالرّمل؟ افترض عدم وجود الاحتكاك باستخدام قانون حفظ الز الزخم قبل التعبئة = ال

$$m_1 v_1 = (m_1$$
$$6{,}000(1.2) = [$$ $$6{,}000)v_2$$
$$v_2 = 0.34\ m/s$$

## تقويم الدّرس 2-4 — الإجابات

**8.** تحرّك طائرة نفّاثة في كلّ ثانية 1,000 kg من الهواء السّاخن جدًّا بسـ 277. المحرّك الّتي تحرّك الطّائرة إلى الأمام؟

الخارج من محرّك الطّائرة النفاث، قوة دفع تدفع الطائرة ا حساب قوة ستخدم معادلة الدفع.

$$F\Delta t = \Delta p$$

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{(1.0}{} = 277{,}000N$$

**9.** تتحرّك كرة كتلتها kg ع 5 لتدخا ن مع كرة ساكنة كتلتها 1 kg.

كم ستكون سرعة الكُرتَين

باستخدام قانون حفظ الزخم:

الزخم الابتدائي = الزخم النهائي

$$m_1v_{1i} + m_2v_{2i} = m_1v_{1f} + m_2v_{2f} \quad \ldots\ldots (1)$$

وبما أن التصادم مرن؛ فإن ال رن محفوظة.

$$\frac{1}{2}m_1v_{1i}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2i}^2 = \frac{1}{2}m_1v_{1f}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2f}^2 \quad \ldots\ldots \text{معادلة (2)}$$

نستخدم المعادلا

$$v_{1f} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)v_{1i} + \left(\frac{2m_2}{m_1 + m_2}\right)v_{2i}$$

ومنها ن $v_{1f} = -5/3 = -1.67$ m وبالاتجاه نفسه

$v_{2f}$ = معادلة لحساب $v_{2f}$ يكون:

$$v_{2f} = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right)v_{1i} + \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right)v_{2i}$$

من ذلك أن: $v_{2f} = 20/3 = 6.67$ m/s وباتجاه سرعة الكرة الأولى

**10.** تتحرّك شاحنة كتلتها 4,500 kg بسرعة 15 m/s لتصطدم بسيّارة ساكنة كتلتها 1,300 kg. عند التّصادم، تلتصق العربتان ببعضهما البعض. ما سرعتهما المشتركة بعد التّصادم مباشرة؟

باستخدام قانون حفظ الزخم:

الزخم الابتدائي = الزخم النهائي

$$m_1v_1 = (m_1 + m_2)v_2$$

$$4{,}500(15) = (4{,}500 + 1{,}300)v_2$$

$$v_2 = 11.6 m/s$$

# الوحدة الثانية

## إجابات تقويم الوحدة (89-95)

## تقويم الوحدة

1. أيّ من الأشكال يصف مسار المقذوف بشكل أفضل؟
b. القطع الناقص

2. ماذا يمثّل حاصل ضرب كتلة جسم في سرعته المتّجهة؟
c. الزّخم

3. ما الكميات المحفوظة في التصادم اللامَرِن؟
a. الزخم فقط

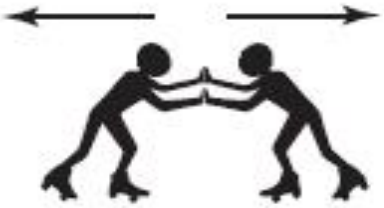
4. ماذا تسمّى المسافة الأفقية التي يقطعها المقذوف؟
a. المدى

5. أيّ من هذه الأجسام له قصور ذاتي أكبر؟
d. كرة سلة كتلتها 625 g تسير بسرعة 2 m/s.

6. بينما تسبح في الفضاء الخارجي قمت برمي كرة. ما الذي يحدث لهذه الكرة؟
d. ستستمر بسرعة ثابتة وفي اتّجاه ثابت إلى الأبد إلى أن تتعرّض لقوّة ما.

7. إذا كنت تقف في باص متحرّك واندفعتَ فجأةً إلى الأمام، ماذا تستنتج بالنسبة لحركة الباص؟
a. أنقص من سرعته.

8. يقف كل من أحمد وعلي على لوحي تزحلق. يضغط كل منهما راحتي زميله براحتي يديه، فيندفع كل منهما إلى الخلف بسرعة 0.8 m/s. أي من العبارات التالية صحيح بالنسبة لكتلتيهما؟

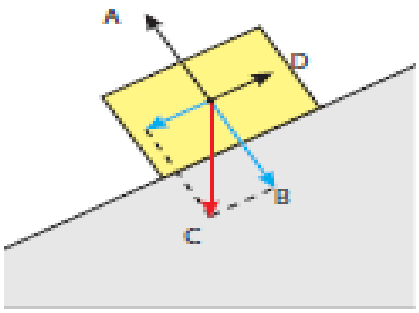


c. لعلي وأحمد الكتلة نفسها.

9. يتحرك صندوق كتلته 2 kg بسرعة 5 m/s على سطح عديم الاحتكاك. متى يتوقّف الصندوق عن الحركة؟
d. لن يتوقّف أبدًا.

10. كم تكون زاوية انطلاق المقذوف بالنسبة للأفقي إذا كان مداه أقل ما يمكن؟
a. 0°. يكون المدى الأفقي لمقذوف بدلالة زاوية القذف $R = \left(\frac{V_o^2 \sin 2\theta}{g}\right)$ وتكون أقل قيمة للمدى عندما يكون $\sin 2\theta = 0$ أي $\theta = 0°$ أو $\theta = 90°$

## تقويم الوحدة




11. أيّ من الأحرف الموجودة على اتّجاهات المخطّط المجاور يمثّل وزن الصّندوق؟
c. C

12. يستقر صندوق كتلته 5 kg على سطح عديم الاحتكاك، إذا دفعتْ الصندوق بقوة ثابتة مقدارها 10 N، فما المسافة التي يقطعها خلال 4 s؟
a. 16 m عجلة الصندوق

$$a = \frac{F}{m} = \frac{10}{5} = 2\ m/s^2$$ ،

والمسافة المقطوعة،

$$X = \frac{1}{2} at^2 = \left(\frac{1}{2}\right)(2)(4)^2 = 16m$$

13. ما محصّلة القوى المؤثّرة في جسم كتلته 30 kg إذا أكسبته عجلة 10 m/s²؟
a. 300 N

14. يمرّر خالد كرة سَلّة كتلتها 1.5 kg لزميله بتطبيق قوّة 60 N عليها. ما عجلة الكرة؟
a. 40 m/s² $a = \frac{F}{m} = \frac{60}{1.5} = 40\ m/s^2$

15. أطلقت عربتان كتلة إحداهما 200 g والأخرى 800 g من قاذف زنبركي واحد فتحرّكت العربة الخفيفة بسرعة 1+ m/s، فما سرعة العربة الثانية؟
a. 0.25 m/s– تنطلق العربتان في اتجاهين مختلفين بعد تحررهما من الزنبرك ويكون الزخم الخطي محفوظًا: $m_1v_1 + m_2v_2 = 0 \Rightarrow v_2 = \frac{-m_1}{m_2} v_1 = \left(\frac{0.2}{0.8}\right)(1) = -0.25\ m/s$

16. تصطدم شاحنة كتلتها 2,000 kg تسير بسرعة 15 m/s بمركبة كتلتها 1,000 kg تقف إلى جانب الطريق. تلتصق المركبتان بعضهما بعض، وتتابعان السير إلى الأمام. ما زخم النظام المؤلف من المركبتين؟
d. 30,000 kg.m/s. التصادم غير مرن والزخم الخطي محفوظ.

$$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)V$$
$$\Rightarrow (m_1 + m_2)V = 2000 \times 15 + 1000 \times 0 = 30,000\ N.m$$

أسئلة ذات أجوبة قصيرة

الدّرس 2-1: القانون الأوّل والثّالث لنيوتن

17. يركل لاعب كرة قدم بإحدى قدميه. ما قوتا الفعل وردّ الفعل وفي أي جسم تؤثّر كل منهما؟
قوة الفعل هي القوة التي تؤثر بها القدم في الكرة، وقوة رد الفعل هي قوة تأثير الكرة في القدم. ويمكن دائمًا للجسمين المتفاعلين تبادل اسمي قوتَي الفعل ورد الفعل.

18. هل القصور الذاتي خاصيّة الكتلة أم الوزن؟ اشرح إجابتك.
القصور الذاتي هو خاصية الكتلة، وهو يعبّر عن كمية المادة الموجودة داخل جسم ما، ويحدّد مدى صعوبة تحريك الجسم الساكن أو إيقافه، إذا كان متحركًا. أما الوزن فيعتمد على قوة جاذبية الكوكب.

19. كيف يمكنك معرفة القصور الذاتيّ الأكبر لكتابين موضوعَين على طاولة دون أن ترفعهما؟
عن طريق دفع كليهما بالقوة ذاتها، فالكتاب الذي يتحرك بعجلة أقل من الآخر يكون له قصور ذاتي أكبر.

20. يتحرّك جسم كتلته 3 kg أفقيًا بسرعة 6 m/s. أي قوّة تُمكّن الجسم من متابعة سيره بالسرعة نفسها؟ وما اتّجاه تلك القوّة؟
لا يحتاج إلى قوة لكي يتابع سيره بالسرعة نفسها. وإذا طبقنا عليه قوة، فإن سرعته ستتغير.

21. لماذا يكون ركل كرة البولينج أصعب من ركل كرة الشاطئ؟
لأن كرة البولينغ لها قصور ذاتي أكبر من كرة الشاطئ، وهكذا يكون لها رد فعل أكبر على القدم التي تركلها، ولهذا يشعر صاحب القدم بالألم لأنها قد تؤدي لكسر القدم.

22* تقوم أنت وصديقك بشدّ حبل في اتجاهين متعاكسين بأكبر قُوّة ممكنة. أي قوّة تكون القوة المساوية والمعاكسة في الاتجاه لقوّة شد يدك على الحبل، والتي أشار إليها القانون الثالث لنيوتن.
القوة المساوية والمعاكسة لقوة شد يدك هي قوة شد الحبل، التي تحاول سحب يدك في الاتجاه المعاكس.

23** أيُّ من قوانين نيوتن يوضح بشكل أفضل سبب الألم الذي تشعُر به يدك عندما تطرق الطاولة؟ اشرح.
القانون الثالث لنيوتن. ينص قانون الثالث لنيوتن على أنه لكل فعل، رد فعل يساويه بالمقدار ويعاكسه في الاتجاه. فعندما تؤثر بقوة بيدك على الطاولة فإن الطاولة سترد برد فعل مساوٍ للقوة التي أثّرت بها، وقد تشعرك بالألم.

24** إذا كان، وفق القانون الثالث لنيوتن، لكل فعل رد فعل يساويه في المقدار ويعاكسه في الاتجاه، فكيف تحصل الحركة؟ ولماذا لا يُلغي فعل أيّة قوة بتأثير رد فعلها؟
تؤثر قوتا الفعل ورد الفعل في جسمين مختلفين وليس في جسم واحد. فالجسم الأول يتأثر بإحدى هاتين القوتين والجسم الثاني سيتأثر بقوة رد فعلها. وكل من الجسمين يسير تحت تأثير واحدة من هاتين القوتين، وليس كلتيهما، وبالتالي لا تلغي إحداهما الأخرى.

الدّرس 2-2: القانون الثّاني لِنيوتن

25. اشرح بكلماتك الخاصة القانون الثاني لنيوتن.
ينص قانون نيوتن الثاني على التالي $F = ma$. وهذا معناه أننا إذا أردنا تسريع جسم كتلته كبيرة، سوف نحتاج إلى قوة أكبر، أو كلما زادت القوة على جسم ما زادت عجلته.

26. كيف تتغيَّر عجلة جسم إذا تضاعفت القوة المؤثّرة فيه ثلاث مرّات؟ اشرح باستخدام القانون الثاني لنيوتن.
إذا تضاعفت القوة المؤثرة، في جسم ما، ثلاثة أضعاف فإن العجلة ستزداد ثلاثة أضعاف، وذلك بحسب قانون نيوتن الثاني الذي يقول إن القوة المؤثرة في جسم ما تتناسب تناسبًا طرديًّا مع العجلة. فإذا ضُربت القوة برقم معيّن فإن العجلة ستضرب بالرقم ذاته.

27. أُلقيت كرة تنس وكرة فولاذية لهما الحجم نفسه من الارتفاع ذاته وفي اللحظة ذاتها. أي الكرتين تكون عجلتها أكبر في غياب مقاومة الهواء؟ لماذا؟
الكرتان ستكتسبان العجلة ذاتها وهي عجلة الجاذبية الأرضية، لأن القوة الوحيدة المؤثرة في كل منهما هي وزنها فقط. باستخدام قانون نيوتن الثاني $F = ma$

28. ما محصلة القوى المطلوبة لتحريك قالب كتلته 4 kg بِعجَلة 2 m/s²؟
$F = 2(4) = 8$ N

29. تبدأ عربة من الحلوى الحركة من السُّكون تحت تأثير قوّة مقدارها 80 N. كم تصبح سرعة العربة بعد 5 s إذا كانت كتلتها الإجمالية مع الحلوى 55 kg؟
نستخدم أولًا قانون نيوتن الثاني ثم بعدها قوانين الحركة:
$F = 80$ N, $m = 55$Kg, $t = 5$s, $v_0 = 0$
$F = ma \rightarrow 80 = 55a$
$a = 1.45$ m/s²
$v = v_0 + at$
$v = (1.45)5$
$= 7.25$ m/s

30. ما عجلة درّاجة ناريّة كتلتها 200 kg إذا كانت قُوّة محرّكها 6,000 N وقوة الاحتكاك 200 N؟
محصلة القوى المؤثرة في الدراجة
$F_{net} = 6000 - 200 = 5800$ N
$F = ma : 5800 = (200)\, a$
$a = 29$ m/s²

## تقويم الوحدة

31• تؤثر قوّة مقدارها 250 N في مركبة فضائية كتلتها 950 kg تسير بسرعة 25,000 m/s لمدة 5.5s. كم ستكون السرعة النهائية للمركبة إذا كان القوة المطبّقة؟

a. في اتّجاه حركة المركبة الفضائية؟

$F = 250\ \text{N};\ v_0 = 25{,}000\ m/s;\ t = 5.5\ \text{s};\ m = 950\ \text{kg};$

نحسب أولا العجلة:

$F = ma$: $250 = (950)\ a$

$a = 0.26\ m/s^2$

لحساب سرعة المركبة بعد 5.5 s نستخدم معادلة الحركة.

$v = v_0 + at = 25{,}000 + (0.26)(5.5) = 25{,}001\ \text{m/s}$

b. في اتّجاه معاكس لاتّجاه حركة المركبة الفضائية.

القوة الآن باتجاه معاكس للحركة، لذلك

$F = -250\ \text{N};\ v_0 = 25{,}000\ m/s;\ t = 5.5\ \text{s};\ m = 950\ \text{kg};$

وتكون قيمة العجلة سالبة

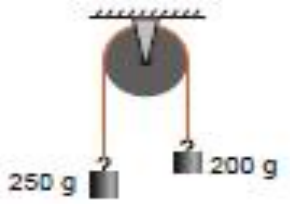
$F = ma$: $-250 = (950)\ a$

$a = -0.26\ m/s^2$

لحساب سرعة المركبة بعد 5.5 s نستخدم معادلة الحركة

$v = v_0 + at = 25{,}000 + (-0.26)(5.5) = 24{,}999\ m/s$

32•• احسب عجلة كتلتي آلة آتوود في الشكل المجاور. افترض أن كتلة البكرة مهملة وهي الاحتكاك.




باستخدام معادلة العجلة لآلة آتوود:

$$a = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1}\right)g = \left(\frac{0.25 - 0.2}{0.25 + 0.2}\right)9.8 = 4.41\,m/s^2$$

$1.09\,m/s^2$

33•• إذا كانت إحدى كتلتي آلة آتوود 1.1 kg، كم تكون كتلتها الثانية إذا كانت عجلتها $1.2\ \text{m/s}^2$؟ افترض أن كتلة البكرة مهملة، وهي عديمة الاحتكاك.

باستخدام معادلة العجلة لآلة آتوود:

$$a = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1}\right)g$$

$$1.2 = \left(\frac{1.1 - m_2}{1.1 + m_2}\right)9.8$$

$$0.122 = \left(\frac{1.1 - m_2}{1.1 + m_2}\right)$$

$$0.122(1.1 + m_2) = (1.1 - m_2)$$

$m_2 = 0.86\,kg$ الجواب

34** إحدى طرق فحص الأمان لسيّارة هو دراسة إمكانية توقفها عند استخدام المكابح (الفرامل). تسير سيارة كتلتها 1,100 kg بسرعة 15 m/s لحظة تطبيق المكابح بشكل مفاجئ. ما المسافة التي تقطعها السيّارة قبل أن تتوقف نهائيًا إذا كانت قوة المكابح 6,000 N؟

بما أن القوة المؤثرة الوحيدة هي قوة المكابح في اتجاه معاكس لاتجاه الحركة، فإن:

$F = ma$: $-6{,}000 = (1{,}100)\,a$

$a = -5.45 \text{m/s}^2$ وهذا يعني أن سرعتها تتناقص.

ولقياس الوقت المستغرق لتوقف السيارة:

$$v = v_0 + at$$

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{0 - 15}{-5.45} = 2.75s$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2 = 0 + (15)(2.75) + \frac{1}{2}(-5.45)(2.75)^2 = 21m$$

الدّرس 2-3: حركة المقذوفات والسّطح المائل

35. اشرح لماذا تبقى المُركّبة الأفقية لحركة المقذوف ثابتة السرعة، بالرغم من التأثير الدائم لقوة الجاذبية.

تأثير قوة الجاذبية يكون دائمًا في الاتجاه الرأسي، ولذلك لا تؤثر في المركبة الأفقية للسرعة.

36. تُدفع عربة مختبر إلى أعلى سطح مائل. تسير العربة إلى أعلى إلى أن تتوقف وتعود ثانية إلى أسفل السطح المائل. قارن عجلة العربة في حالتي الصُّعود والنزول، واشرح إجابتك.

عند صعود العربة إلى أعلى، فإن قوة الجاذبية تدفعها إلى أسفل، لذلك تقل سرعتها وتكون عجلتها سالبة. وعند نزول العربة، فإن قوة الجاذبية تدفعها إلى أسفل فتزيد سرعتها ما يعني أن عجلتها تكون موجبة، ولكن مقدار العجلة هو نفسه في الحالتين.

37. عند دراسة مدى المقذوفات.

a. كيف يتأثر مدى المقذوف إذا ضاعف مقدار السّرعة الابتدائية؟

عند زيادة السرعة الابتدائية للضعفين، فإن المدى يزداد أربعة أضعاف، لأن المدى يتناسب مع مربع السرعة الابتدائية.

b. كيف تشرح الدلالة على مدى المقذوفات عند زاويتي قذف 0° و 90°؟

يكون مدى المقذوف يساوي الصفر عندما تكون زاوية القذف تساوي الصفر، ذلك أن $\sin 2\theta = \sin 0 = 0$، وكذلك يكون مدى المقذوف يساوي الصفر عندما تكون زاوية القذف تساوي 180° لأن $\sin 2\theta = \sin 180° = 0$

38. ما أقل زاوية قذف ابتدائية لصخرة برك[illegible] إذا قطعت[illegible] 9,000 m؟

معادلة مدى المقذوف: $R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$

حيث $v_0$ السرعة الابتدائية للمقذوف و $\theta$ [illegible] زاوية [illegible]. ولحساب $\theta$ نحصل على:

$$\sin 2\theta = \frac{9.81}{v_0^2} \times 90$$

تعتمد $\theta$ على السرعة الابتدائية للمقذوف.

39* ما زاوية السطح المائل التي تحقق عجلة $2\ m/s^2$ لجسم يتدحرج عليه نزولاً؟

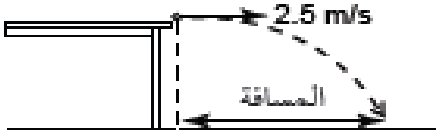
بما أن السطح المائل أملس، فإن الاحتكاك يكون مهملًا وتكون عجلة الجسم:

$$a = g \sin\theta$$
$$2 = 9.8 \sin\theta$$
$$\theta = 11.8°$$

40* ما القوة اللازمة لتحريك جسم كتلته m صعودًا على سطح يميل بزاوية θ مع الأفقي وبسرعة ثابتة؟ افترض عدم وجود قوى احتكاك.

لكي يتحرك الجسم بسرعة ثابتة، يجب أن تكون محصلة القوى المؤثرة فيه صفرًا. وبما أن مركبة الوزن في اتجاه السطح المائل هي: $-mg\sin\theta$، لذلك يجب تطبيق قوة مقدارها $mg\sin\theta$ في اتجاه السطح المائل إلى أعلى.

41** يتم إطلاق كرة زجاجية بشكل أفقي من أعلى طاولة بسرعة ابتدائية [illegible] m/s باستخدام مُطلِق للكُرات [illegible] على [illegible] ارتفاع الطاولة هو 0.8 m كم [illegible] المسافة الأفقية التي تقطعها الكرة [illegible] قبل أن تصل إلى الأرض؟

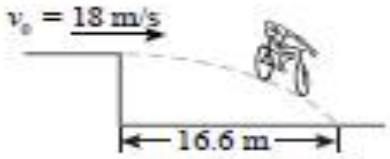



أثناء السقوط في الاتجاه الرأسي:

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$
$$0.8 = \frac{1}{2}(9.8)t^2$$
$$t = 0.4s$$

وفي الاتجاه الأفقي: $x = v_0 \cos\theta_0 t = v_0 t = 2.5 \times 0.4 = 1\ m$

42. يقفز دراج عن جرف بسرعة ابتدائية أفقية مقدارها 18 m/s. يقطع الدراج مسافة أفقية 16.6 m قبل أن يلامس الأرض.




احسب ارتفاع الجرف.

$v_0 = 18\ m/s, \quad x = 16.6\ m$

لكي نجد الارتفاع، لابد أولًا أن نجد الزمن اللازم كي يصل الدرّاج إلى الأرض.

$x = v_0 t$

$= 16.6/18$

$t = 0.9\ s$

الآن نستخدم معادلة الارتفاع.

$h = \frac{1}{2} g t^2$

$h = \frac{1}{2}(9.8)(0.9)^2$

$h = 4m$ الجواب

الدّرس 2-4: الزخم الخطّيّ وحفظ الزّخم

43. ما نوع التصادم الذي يلتصق فيه الجسمان المتصادمان؟

تصادم غير مرن

44. عرّف الدفع واكتب معادلته.

الدفع يغير الزخم ومعادلته هي $F\Delta t = \Delta p$

45. صف حالتين اثنتين يكون فيهما لجسم ما الزّخم نفسه.

سيارة كتلتها 1000 kg وفيها خمسة ركاب كتلة كل راكب 100 kg وتسير بسرعة 10 m/s، لها الزخم نفسه إذا كان بداخلها راكب واحد كتلته 100 kg وتسير بسرعة 13.64 m/s.

46. يتصادم لاعبا كرة قدم أثناء الجري، فيتغيّر زخم كلّ منهما بعد التصادم. هل الزّخم محفوظ في هذه الحالة؟

نعم، زخم اللاعبين معًا يكون محفوظًا، بالرغم من تغير زخم كل لاعب على حدة. ويكون حاصل جمع الزخمين قبل الاصطدام يساوي حاصل جمعهما بعد الاصطدام.

47. ما التغيُّر الحاصل في زخم مركبة فضائية كتلتها 5,000 kg لا تتعرض لأي محصلة قوى لمدة تصل إلى ساعة واحدة.

لا يحدث تغير في الزخم، لأن تغير الزخم يساوي حاصل ضرب القوة المؤثرة في الزمن، وبما أن القوة تساوي صفرًا، فإن تغير الزخم يساوي صفرًا.

48** أيّ من الجسمين التاليين يتحرّك بسرعة أكبر بعد أن يتسارعا من السكون:

a. قارب كتلته 500 kg يتمّ تحريكه بدفع قيمته 10,000 N.s.

b. قارب كتلته 780 kg يتمّ تحريكه بدفع قيمته 14,000 N.s.

الجواب هو القارب (a) لأن الدفع=الكتلة ضرب تغير السرعة. وبما أن السرعة الابتدائية تساوي صفر، فإن الدفع= الكتلة ضرب السرعة

للقارب (a) $v_f = 10000/500 = 20\ m/s$

وللقارب (b) $v_f = 14000/780 = 17.95\ m/s$

49. تسير عربة كتلتها 10,000 kg على سكّة حديد باتّجاه الشّمال بسرعة 10 m/s لتصطدم بعربة أخرى كتلتها 5,000 kg على سكّة الحديد نفسها متحرّكة إلى الشّمال أيضًا بسرعة مجهولة. بعد التصادم، تلتحم العربتان لتتحركا شمالًا بسرعة 8 m/s. كم كانت سرعة العربة الثانية قبل التصادم؟

بتطبيق قانون حفظ الزخم

الزخم الكلي قبل التصادم = الزخم الكلي بعد التصادم

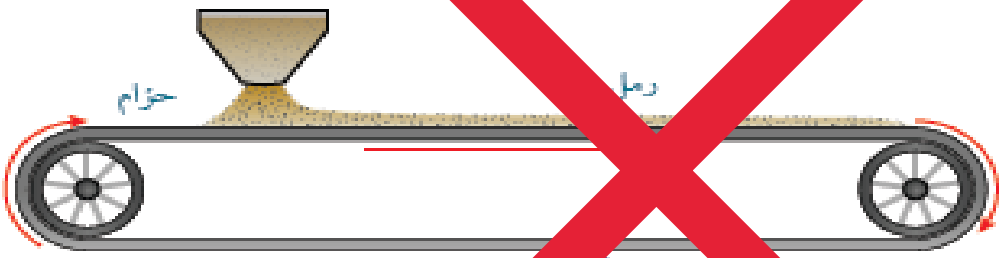
$$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)v_f$$

$$(10{,}000)(10) + (5{,}000)\,v_2 = (10{,}000 + 5{,}000)\,8$$

$$(5{,}000)\,v = 20{,}000$$

$$v_2 = 4\ m/s$$

50. يسقط الرّمل بشكل عموديّ بمعدّل σ kg/s على حزام نقل متحرّك. حدّد القوّة الّتي يجب أن تُطبَّق على الحزام ليبقى متحرّكًا بسرعة ثابتة v، على افتراض أنّ طول الحزام لا نهائيّ بحيث لا يسقط الرّمل من نهايته.




معدل سقوط الرمل kg/s σ معناه أن قسمة تغير الكتلة على تغير الزمن هو σ kg/s

ولإيجاد قيمة F يجب تطبيق معادلة

$$F\Delta t = \Delta p$$

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta mv}{\Delta t}$$

$$F = \frac{v\Delta m}{\Delta t} = v\sigma$$