طلابي الغوالي

يقول الله تعالى "وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ ۖ وَسَتُرَدُّونَ إِلَىٰ عَالِمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُم بِمَا كُنتُمْ تَعْمَلُونَ"

ومن باب ان العمل عبادة اضع هذا العمل البسيط بين يديكم راجياً من الله العلي القدير التوفيق والسداد وأن يأخذ بأيديكم الى التفوق والنجاح والتوفيق

حاولت جاهداً بعد توفيق من الله ان اضع بين يديكم هذه المادة بطريقة سهلة وسلسة وممتعة بأن لاتجدوا فيها مشقة او تعب وانما السلاسة والمتعة وان نجعل سويا المادة التي يعتقد البعض انها صعبة ولا يمكن فهمها من أسهل المواد

وفقكم الله وسدد على الحق خطاكم

موعدنا يوم النتائج

الفهرس

الرقم	الموضوع	الصفحة
	الدرس الأول (الزخم الخطي والدفع)	
1	الزخم الخطي (كمية التحرك):	(5-7)
	اختبار ذاتي 1	(7-8)
2	التغير في الزخم الخطي	(9-13)
3	العلاقة بين الزخم الخطي والطاقة الحركية	(14-15)
	اختبار ذاتي 2	(16-17)
4	العلاقة بين الزخم الخطي والدفع	(18-22)
5	حساب الدفع الناتج عن قوة متغيرة	(22-24)
	اختبار ذاتي 3	(25-28)
6	حفظ الزخم الخطي	(29-34)
	اختبار ذاتي 4	(35- 36)
	الدرس الثاني (التصادمات)	
7	انواع التصادمات التصادم المرن	(37-41)
	التصادم غير المرن	(42-44)
	تصادم عديم المرونة	(45-47)
8	البندول القذفي	(48-50)
	اختبار ذاتي 5	(41-45)
9	امثلة اضافية للوحدة	(54-58)
10	المادة النظرية	(59-62)
	اختبار الوحدة	(63-69)
11	امتحان الوحدة الأولى	(72-71)
12	ملخص القوانين	73

المقدمة

عندما تتحرك سيارة وشاحنة مختلفتان بالكتلة (m) ولهما نفس السرعة فإن ايقاف السيارة اسهل من ايقاف الشاحنة ، بينما اذا تحركت سيارتان لهما نفس الكتلة (m) بسرعة مختلفة (v) فإن ايقاف السيارة الأسرع يكون اصعب من السيارة الأبطىء

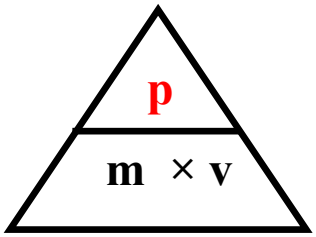
وبالتالي نلاحظ أن الجسم الذي له كتلة أكبر وسرعة أكبر مقارنةً مع جسم اخر فإنه يحتاج الى قوة أكبر لتغير حالته الحركية

1 الزخم الخطي (كمية التحرك):

ماالمقصود بالزخم الخطي ؟

كمية متجهة تعبر عن حاصل ضرب الكتلة (m) في السرعة (v) ويرمز له بالرمز P .

من خلال التعريف نستنتج أن $p = mv$



ماهي العوامل التي تعتمد عليها الزخم الخطي ؟

أ) الكتلة (m) طردي . ب) السرعة (v) طردي .

ماهي وحدة قياس الزخم حسب النظام العالمي للوحدات ؟

من خلال العلاقة $p = m\,v$ نستنتج ان وحدة قياس $p = Kg.m/s$ وتكافيء ايضاً $Kg.ms^{-1}$

١. يكون اتجاه الزخم دائما بنفس اتجاه السرعة .
٢. يجب مراعاة اتجاه السرعة عند تطبيق المعادلة $p = m\,v$
٣. الجسم الذي له زخم كبير يحتاج الى قوة أكبر لتغير حالته الحركية
(متحرك ⟵ نجعله ساكن)(متحرك ⟵ نجعله ساكن) .

EXAMPLE 1

سيارة كتلتها $4x10^3$ Kg تتحرك نحو الشرق بسرعة 20m/s احسب زخم السيارة مقدارا واتجاهاً

$P = m\,v \Rightarrow P = 4x10^3 \times 20$

$= 80 \times 10^3$ Kg.m/s , x+

EXAMPLE 2

اذا كانت كمية التحرك لسيارة كتلتها $3x10^3$ Kg تتحرك نحو الصادات السالب تساوي $90\ x10^2$ Kg.m/s احسب مقدار واتجاه سرعة السيارة .

$$P = m\,v \Rightarrow 90 \times 10^2 = 3 \times 10^3 V \Rightarrow V = 30 \times 10^{-1}\ \frac{m}{s}\ (-ص)$$

EXAMPLE 3

صندوق كتلته m يتحرك بسرعة 6m/s نحو الغرب ، اذا كان زخمه الخطي 72Kg.m/s نحو الغرب احسب كتلة الصندوق

$$p = mv \Rightarrow 72 = m \times 6 \Rightarrow m = 12\ kg$$

EXAMPLE 4

متى يتساوى زخم سيارة كتلتها 200Kg متحركة بسرعة 4m/s مع رصاصة كتلتها 50g

$$P_{\text{سيارة}} = P_{\text{رصاصة}} \Rightarrow m_1 v_1 = m_2 v_2$$

$$200 \times 4 = 50 \times 10^{-3} v \Rightarrow v = 16 \times 10^3$$

EXAMPLE 5

جسمان (A،B) لهما نفس الكتلة ، اذا كانت سرعة A ثلاثة أمثال سرعة B فإن نسبة $\frac{P_A}{P_B}$

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{m_A v_A}{m_B v_B} \Rightarrow \frac{P_A}{P_B} = \frac{3v_B}{v_B} \Rightarrow \frac{P_A}{P_B} = \frac{3}{1}$$

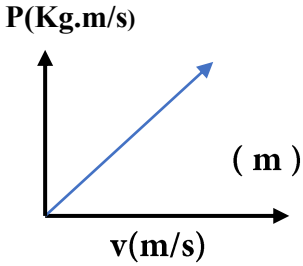
EXAMPLE 6

جسمان (A،B) اذا كان $P_A = 4P_B$ ، وكانت $m_A = \frac{1}{4} m_B$ احسب نسبة $\frac{v_A}{v_B}$

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{m_A v_A}{m_B v_B} \Rightarrow \frac{4P_B}{P_B} = \frac{\frac{1}{4} m_B \times v_A}{m_B \times v_B} \Rightarrow \frac{v_A}{v_B} = \frac{16}{1}$$

الرسم البياني

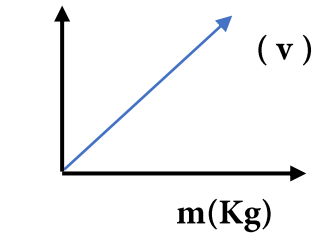
العلاقة بين السرعة والزخم مع ثبات الكتلة نستنتج ١



أ) ان العلاقة طردية خطية ب) ميل الخط المستقيم $\frac{\Delta P}{\Delta v}$ ويكافيء (m)

ج) المنحنى الأقرب الى P هو الأكبر كتلة

العلاقة بين الكتلة والزخم مع ثبات السرعة نستنتج أن : 2



أ) ان العلاقة طردية خطية ب) ميل الخط المستقيم $\frac{\Delta P}{\Delta m}$ ويكافيء (v)

ج) المنحنى الأقرب الى P هو الأكبر سرعة

لا تخليه يضحك عليك اذا قلب المحاور يا حلو (الميل بيكون معكوس)

اختبار ذاتي(1)

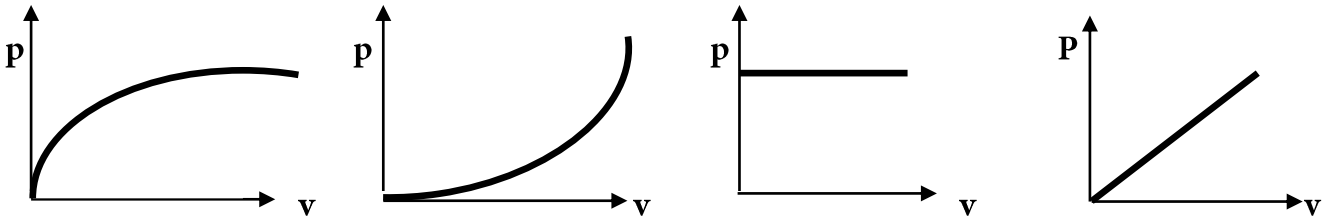
1. اي من التالية يعتبر من العوامل التي يعتمد عليها الزخم الخطي:

الكتلة m فقط السرعة v فقط السرعة والكتلة معا حجم الجسم

2. سيارة كتلتها 2m تتحرك بسرعة 3v وشاحنة كتلتها 6m وسرعتها 1v ، فإن النسبة بين زخم السيارة الى زخم الشاحنة يساوي:

1:1 1:6 6:1 2:3

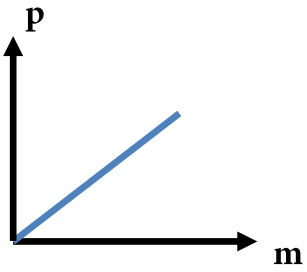
3. الشكل الذي يمثل العلاقة بين السرعة والزخم هو :



4. الوحدة التي يقاس بها الزخم هي:

$Kg.m/s^2$ Kg/m.s m/s.Kg $Kg.ms^{-1}$

5. الشكل التالي يمثل العلاقة بين الزخم p والكتلة m لجسم يتحرك بسرعة vنستنتج أن ميل الخط المستقيم يساوي



p
m
v
$\frac{1}{v}$

6. يتحرك شخص بسرعة v اذا اصبحت سرعته 3v مع ثبات الكتلة فإن الزخم يصبح:

3p
$\frac{p}{3}$
9p
$\frac{p}{9}$

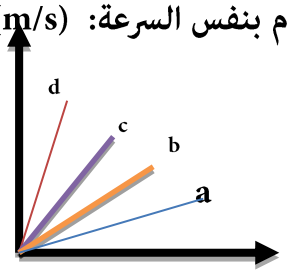
7. ركل لاعب كرة قدم كتلتها 440 g نحو المرمى الذي يقع نحو الشرق ، فتحركت الكرة بسرعة 25m/s نستنتج ان زخم الكرة بوحدة Kg.m/s يساوي

$11x10^3$
$11x10^2$
$11x10^1$
11

8. سيارة كتلتها 600 Kg تتحرك وبجانبها متسابق يتحرك بسرعة 3m/s اذا كانت كتلة المتسابق 60 Kg فإن السرعة التي يجب ان تتحرك بها السيارة بوحدة m/s حتى يصبح لهما الزخم نفسو :

3
30
0.3
300

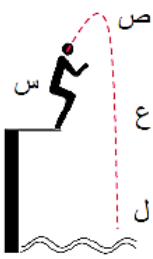
9. في الشكل المجاور المنحنى الذي يمثل أكبر كتلة عندما تتحرك الأجسام بنفس السرعة: v(m/s)



a
b
c
d

10. في الشكل المجاور يكون زخم الجسم أبر مايمكن عند وصوله الى النقطة:

س
ص
ع
ل



10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

2 التغير في زخم الجسم

كيف يحدث التغير في الزخم ؟

يحدث التغير في الزخم عن طريق تغير احد العوامل او عن طريق تغير تعاملين معاً

١) اذا تغيرت سرعة الجسم تصبح العلاقة $\Delta p = m\Delta v$

2) اذا تغيرت الكتلة ، تصبح العلاقة كمايلي $\Delta p = v\Delta m$

3) اذا تغيرت الكتلة والسرعة معاً ، تصبح العلاقة كما يلي $\Delta p = p_2 - p_1$

$$\Delta p = m_2 v_2 - m_1 v_1$$

لا تنسى تحدد الإتجاه تبع السرعة وتراعي الإشارة يا وحش

الزخَم الخطيّ والقانون الثاني لنيوتن في الحركة

ينص قانون نيوتن الثاني على ان :

" اذا اثرت قوة محصلة في جسم فإن الجسم يكتسب تسارعاً يتناسب طرديا معها عند الكتلة "

وبالرموز يعطى بالعلاقة $F_{\text{محصلة}} = m \times a$

ولتغير الزخم الخطي لجسم متحرك مقدارا او اتجاها او كليهما يلزم قوة محصلة لذلك ربط نيوتن العلاقة بين القوة المحصلة والزخم الخطي للجسم حيثُ:

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

الإثبات :

$$F = ma \quad \Rightarrow \quad F = \frac{m\Delta v}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

أكتب نص قانون نيوتن الثاني في الحركة ؟

"المعدل الزمنيّ لتغيُّر الزخَم الخطيّ لجسم يساوي القوّة المُحصّلة المؤثّرة فيه "

لاحظ أن

1) القوة المحصلة تتناسب طردياً مع التغير في الزخم

2) مع زيادة زمن التأثير القوة يقل مقدار القوة المحصلة

من الأمثلة على ذلك ؟

1) يثني المظلي ركبتيه عند الهبوط بالمظلية ؟

2) وجود الوسائد الهوائية بالسيارة ومساند الرأس ؟

3) ينصح بوضع حزام الأمان اثناء القيادة ؟

4) تصنع هياكل السيارات من المعدن اللين ؟

5) يوضع حزام مطاطي في ألعاب تصادم السيارات ؟

لزيادة زمن التصادم وبالتالي تقليل القوة المحصلة وذلك حسب العلاقة $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$

EXAMPLE 7

كرة كتلتها 0.8Kg تتحرك بسرعة 4m/s نحو س+ ، اذا اثرت عليها قوة لتتغير سرعتها وتصبح 2m/s نحو س- احسب التغير في زخم الكرة

$\Delta p = m\Delta v \Rightarrow \Delta p = 0.8(-2-4) \Rightarrow \Delta p = -4.8\ kg.\frac{m}{s}$

وهنا تشير الإشارة السالبة الى أن اتجاه القوة المحصلة باتجاه التغير في الزخم

EXAMPLE 8

عربة كتلتها مع الحمولة 50kg تتحرك بسرعة 6m/s نحو الشمال ، اذا تم اضافة كتلة مقدارها 10kg اثناء سيرها بنفس السرعة وبنفس الإتجاه احسب التغير في زخم العربة

$\Delta p = v\Delta m \Rightarrow \Delta p = 6(60-50) \Rightarrow \Delta p = 60kg.m/s$

EXAMPLE 9

مكعب من الجليد كتلته 8kg يتحرك بسرعة 7m/s نحو +X ، اذا اصبحت كتلته بعد مرور 5s تساوي 5kg وسرعته 8m/s وبنفس الإتجاه احسب التغير في الزخم .

$\Delta p = m_2v_2 - m_1v_1 \Rightarrow \Delta p = 5\times 8 - 7\times 8 \Rightarrow \Delta p = -16\ kg.m/s$

EXAMPLE 10

صندوق كتلته 10kg متحرك بسرعة 4m/s نحو س- ، اثرت عليه قوة نحو س+ لمدة 2s فأصبحت سرعته 2m/s نحو س- احسب مقدار القوة المحصلة عليه

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{10(-2 - -4)}{2} \Rightarrow F = 10\ N, \text{س} +$$

EXAMPLE 11

جسم كتلته 6kg يتحرك بسرعة 5m/s نحو ص+ أثرت عليه قوة 8N نحو ص- لمدة 3s احسب سرعته النهائية

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow -8 = \frac{6(v_2 - 5)}{3} \Rightarrow v_2 = 1m/s$$

EXAMPLE 12

تتحرك عربة كتلتها 20kg بزخم مقداره 80Kg.m/s نحو س+ اذا اثرت عليها قوة مقدارها 15N نحو س+ لمدة 4s احسب السرعة النهائية للعربة

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow 15 = \frac{(20v_2 - 80)}{4} \Rightarrow v_2 = 7m/s$$

EXAMPLE 13

اذا تغير زخم سيارة بمعدل $4500Kg.m/s^2$ اذا كانت كتلتها 2250Kg احسب تسارع السيارة

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow ma = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow 2250a = 4500 \Rightarrow a = 2m/s^2$$

EXAMPLE 14

جسم كتلته 6Kg وسرعته 2m/s نحو س+ اذا زادت سرعته بمقدار 8m/s بنفس الإتجاه احسب زخمه بوحدة Kg.m/s

$$p_2 = mv_2 \Rightarrow p_2 = 6 \times 10 \Rightarrow p_2 = 60kg.m/s$$

EXAMPLE 15

تتحرك سيارة كتلتها $4x10^3$ kg بسرعة 5m/s نحو الشمال ، اذا اثرت عليها قوة فغيرت مقدار واتجاه حركتها لتصبح 4m/s نحو الجنوب خلال 2 s احسب :

1) التغير في الزخم. 2)المعدل الزمني للتغير في الزخم.

3) القوة المحصلة المؤثرة على السيارة. 4) تسارع السيارة.

1) $\Delta p = m\Delta v \Rightarrow \Delta p = 4\times10^3(-4-5) \Rightarrow \Delta p = -36\times10^3$

2) المعدل الزمني للتغير في الزخم =

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{-36\times10^3}{2} = -18\times10^3 kg.m/s^2$$

3) $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow F = -18\times10^3 kg.m/s^2$

$F = ma \Rightarrow -18\times10^3 = 4\times10^3 \times a \Rightarrow a = -4.5 m/s^2$

EXAMPLE 16

اثرت قوة محصلة في جسم كتلته 4kg فتغيرت السرعة بمقدار 5m/s خلال 0.4 s احسب مقدارالقوة المحصلة في الجسم .

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{m\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{4\times5}{0.4} \Rightarrow F = 50N$$

EXAMPLE 17

دراجة كتلتها 10kg يجلس عليها احمد الذي كتلته 50kg اذا كانت سرعة الدراجة 2m/s ضغط احمد على بدلات السرعة بقوة 120N لمدة 6s احسب سرعة الدراجة النهائية .

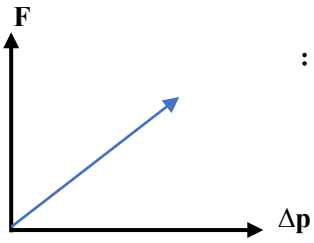
$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow 120 = \frac{60(v_2-2)}{6} \Rightarrow v_2 = 14 m/s$$

الرسم البياني

١ العلاقة بين القوة المحصلة والتغير في الزخم مع ثبات الزمن :

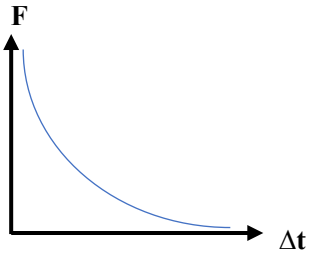
أ) العلاقة طردية خطية .

ب) ميل الخط المستقيم يساوي $\frac{1}{\Delta t}$ أو Δt^{-1}



2 العلاقة بين القوة المحصلة وزمن التأثير مع ثبات التغير في الزخم

أ)العلاقة عكسية نسبية



EXAMPLE 18

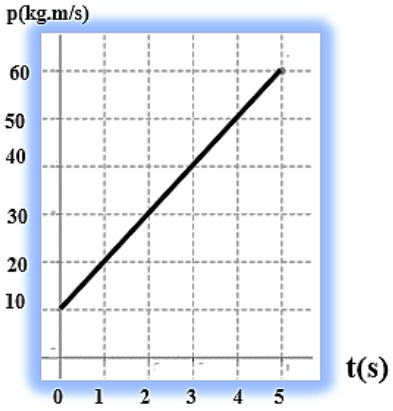
الشكل المجاور يمثل العلاقة بين الزخم الخطي والزمن المؤثر على جسم كتلته 10kg ،

حسب المعطيات المثبتة على الشكل اجب عمايلي :

1) ماذا يمثل ميل الخط المستقيم.

2) احسب القوة المحصلة.

3) تسارع الجسم.



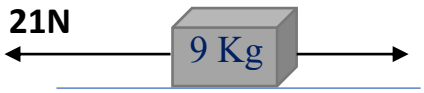
1) القوة المحصلة.

2) $F = \frac{\Delta P}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{(60-10)}{(5-0)} \Rightarrow F = 10N$

3) $F = ma \Rightarrow 10 = 10 \times a \Rightarrow a = 1m/s^2$

EXAMPLE 19

في الشكل التالي أثرت قوتان على جسم ساكن كتلته 9Kg احسب سرعة هذا الجسم بعد مرور (3s)



$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow 6 - 21 = \frac{9(v_2 - 0)}{3} \Rightarrow v_2 = -5m/s$

معنى السالب ان السرعة باتجاه س-

3 العلاقة بين الطاقة الحركية والزخم

اي جسم متحرك وله كتلة فإنه يملك طاقة حركية تعطى بالعلاقة التالية :

$KE = \frac{1}{2}mv^2$ وبما أن الزخم الخطي يعطى بالعلاقة التالية $p = mv$ فإنه يمكن الربط بينهما من خلال العلاقة التالية

$E = \frac{1}{2}mv \times v$ ⇨ $\boxed{KE = \frac{pv}{2}}$

أيضاً يمكن استنتاج أن

$KE = \frac{1}{2}mv^2$ ⇨ $KE = \frac{1}{2}m\frac{p^2}{m^2}$ ⇨ $\boxed{KE = \frac{p^2}{2m}}$

أو

$\boxed{p = \sqrt{2mKE}}$

EXAMPLE 20

جسم كتلته 4Kg يتحرك بسرعة 3m/s احسب:

1) زخمه 2) طاقته الحركية

1) $p = mv$ ⇨ $p = 4 \times 3$ ⇨ $p = 12Kg.m/s$

2) $KE = \frac{1}{2}mv^2$ ⇨ $KE = \frac{1}{2} \times 4 \times 9$ ⇨ $KE = 18\,J$

EXAMPLE 21

يتحرك صندوق كتلته 60Kg بزخم مقداره 30Kg.m/s احسب مقدار طاقته الحركية

$KE = \frac{p^2}{2m}$ ⇨ $KE = \frac{(30)^2}{120}$ ⇨ $KE = 7.5\,J$

EXAMPLE 22

ماهي السرعة التي يكون مقدار الطاقة الحركية لجسم تساوي أربعة امثال كمية التحرك له

$KE = 4p$ ⇨ $\frac{1}{2}mv^2 = 4mv$ ⇨ $v = 8m/s$

EXAMPLE 23

كرة كتلتها 0.8Kg سرعتها 5m/s اصطدمت بجدار ثم ارتدت عنه بنفس السرعة احسب

1) التغير في الزخم 2) التغير في الطاقة الحركية

1) $\Delta p = m\Delta p \Rightarrow \Delta p = 0.8(-5-5) \Rightarrow \Delta p = -8Kg.m/s$

2) $\Delta KE = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2) \Rightarrow \Delta KE = \frac{1}{2} \times 0.8(25-25) = 0$

EXAMPLE 24

جسمان (A،B) اذا كانت $m_A=4m_B$ ، وكان $P_A=2P_B$ فإن نسبة $(KE_A:KE_B)$ تساوي

$$\frac{P_A = \sqrt{2m_A KE_A}}{P_B = \sqrt{2m_B KE_B}} \Rightarrow \frac{2P_B}{P_B} = \sqrt{\frac{4m_B KE_A}{m_B\, KE_B}} \Rightarrow \frac{KE_A}{KE_B} = \frac{1}{1}$$

EXAMPLE 25

يتحرك جسم بزخم مقداره 20Kg.m/s اذا تضاعفت طاقته الحركية 4 مرات كم يصبح زخمه

$$\frac{P_1}{P_2} = \sqrt{\frac{2mKE_1}{2mKE_2}} \Rightarrow \frac{20}{P_2} = \sqrt{\frac{KE_1}{4KE_1}} \Rightarrow P_2 = 40Kg.m/s$$

EXAMPLE 26

كرة كتلتها m وسرعته v تتحرك بزخم p اصطدمت بجدار اذا فقدت 60% من طاقتها الحركية بعد الإرتداد احسب زخمها النهائي

$$\frac{P_1}{P_2} = \sqrt{\frac{2mKE_1}{2mKE_2}} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \sqrt{\frac{KE_1}{0.40KE_1}} \Rightarrow P_2 = \sqrt{0.4}\, p_1$$

اختبار ذاتي (2)

1) الصيغة التالية $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ تعبر عن صيغة اخرى لقانون:

نيوتن الأول | نيوتن الثاني | نيوتن الثالث | القصور

2) أي من التالية تحدث أكبر تغير في زخم الجسم:

توقف الجسم بعد الإصطدام | مضاعفة سرعة الجسم بعد الإصطدام

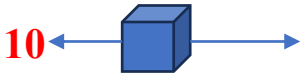
ارتداد الجسم بنفس السرعة بعد الإصطدام | نقصان سرعة الجسم للنصف بعد الإصطدام

3) سيارة كتلتها 2000Kg سرعتها 10m/s نحو س+ اصطدمت بجدار ثم ارتدت عنه بسرعة 2m/s اذا استمرت عملية التصادم 0.2s فإن متوسط القوة المحصلة المؤثرة على السيارة

16000 | 80000 | 120000 | 12000

4) في الشكل المجاور اذا كان المعدل الزمني للتغير في الزخم, $40Kg.m/s^2$ نحو س+ فإن القوة F بوحدة N

20 | 30 | 40 | 50



5) يتحرك صندوق كتلته 5kg بزخم 20Kg.m/s نحو س+ اذا اثرت عليه قوة 8N بعكس اتجاه حركته لمدة 2s فإن الزخم النهائي للصندوق بوحدة Kg.m/s

4 | -4 | -36 | 36

6) جسمان لهما نفس الكتلة اذا كانت $KE_2=4\ KE_1$ فإن p_1 تساوي :

$4p_2$ | $2p_2$ | $\frac{p_2}{2}$ | $\frac{P_2}{4}$

7 جسمان (A،B) اذا كانت ($KE_A = 8KE_B$)وأن ($P_B=2P_A$)فإن

$mA = mB$ | $mA = 2\ mB$ | $mA = \frac{1}{32}\ mB$ | $mA = 8\ mB$

8)إذا تضاعفت الطاقة الحركية لجسم زخمه الخطي (16Kg.m/s) بمقدار (9) مرات ،فإن مقدار التغير في زخمه الخطي يساوي بوحدة Kg.m/s

48 | 32 | 16 | 8

9) ضرب لاعب كرة ساكنة كتلتها (500g) فانطلقت بسرعة (2m/s) اذا كان زمن تأثير القوة على الكرة (0.05s) فإن القوة المحصلة بوحدة (N):

20 | 100 | 50 | 40

10) اذا سقطت كرة من الصلب كتلتها (m) على سطح أفقي املس فارتدت الى اعلى بنفس السرعة التي اصطدمت بها ، فان التغير في الزخم الخطي للكرة (ΔP)يساوي

0 | $-2mv$ | $2mv$ | mv

11) جسمان (Y،X) اذا كان للجسم y كتلة تساوي $\frac{1}{4}m_x$ وزخم يساوي $\frac{1}{4}p_x$ فإن مقدار الطاقة الحركية للجسم (y):

$16KE_x$ | $\frac{1}{4}KE_x$ | $\frac{1}{16}KE_x$ | $\frac{1}{64}KE_x$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

4 العلاقة بين الزخم الخطي والدفع

تعرفنا سابقا انه لتحريك جسم يجب التأثير عليه بقوة محصلة واذا استمر تأثير هذه القوة لمدة من الزمن فإننا نحصل على مفهوم يسمى الدفع . وعندما يركل لاعبٌ كرةَ قدم ساكنةً؛ يحدث تلامسٌ بين قدمه والكرة لمدّة زمنية، وتتغير سرعتها المتجهة بسبب القوّة المؤثّرة فيها من قدم اللاعب، وتكتسب الكرة زخمًا خطيًّا باتجاه محدّد، نتيجة دفع قدم اللاعب لها.

ما المقصود بالدفع ؟

يُعرّف الدفعُ المؤثّر في جسمٍ بأنّهُ ناتجُ ضربِ القوّة المُحصّلة المؤثّرة في الجسم في زمن تأثيرِها

يُعبر عن الدفع بالعلاقة التالية:

$$I = F\Delta t$$

1) وحدة قياس الدفع حسب النظام العالمي للوحدات: N.s

2) الدفع كمية متجهه يكون باتجاه تغير الزخم الخطي (اتجاه القوة المحصلة.)

3) الزخم الخطي والدفع والقوة كميات متجهه لذلك فإن الإشارات الموجبة والسالبة ضرورية لتحديد اتجاهاتها لذلك يلزم اختيار نظام احداثيات يحدد فيه الإتجاه الموجب.

ماهي العلاقة بين الدفع والتغير في الزخم؟

حسب العلاقة

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow \Delta p = F\Delta t \Rightarrow \Delta p = I$$

نستنتج أن الدفع يساوي التغير في الزخم وتسمى هذه المعادلة مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع)

وتنص على "دفع قوة محصلة مؤثرة في جسم يساوي التغير في زخه الخطي"

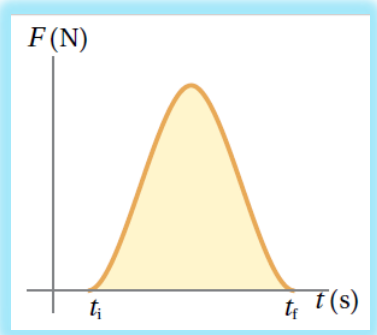
من الأمثلة على الدفع :

لاعب يركل كرة قدم :

حيث يتغير زخم الكرة بسبب القوة المؤثرة فيها ، بحيث يسمى تأثير القوة لمدة من الزمن لها دفعاً الشكل (١)

يمكن وصف حركة الكرة حسب منحنى العلاقة بين القوة والزمن كمايلي :

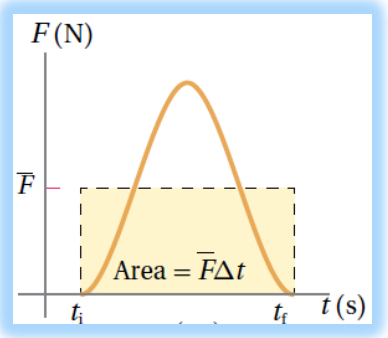
لحظة ملامسة الكرة (t_i) يكون تأثير القوة قليل ومع زيادة الزمن تصل القوة الى اكبرقيمة ثم تبدأ القوة الملامسة بالتناقص لحظة خروج الكرة من القدم وينتهي تأثيرها عند (t_f) الشكل (٢)



لاحظ ان القوة غير ثابتة مع الزمن فهي متغيرة وبالتالي يمكن الإستفادة رياضياً في حساب الدفع من خلال حساب المساحة تحت المنحنى (القوة – الزمن) أو من خلال حساب متوسط القوة في زمن التأثير كما في الشكل (٣)

القوة المتوسطة :

هي القوّة المُحصّلة الثابتة التي إذا أثرت في الجسم لفترةزمنيّةٍ (Δt) لأحدثت الدفع نفسَهُ الذي تحدثُهُ القوّة المُتغيّرة أثناء الفترةِ الزمنيّة نفسِها.

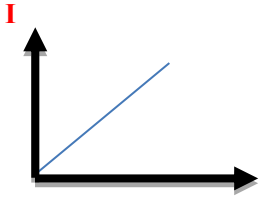


ماهي العوامل التى يعتمد عليها الدفع ؟

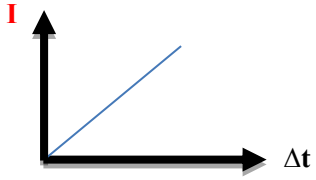
1) القوة المحصلة. 2) زمن تأثير القوة المحصلة.

حيثُ كلما زاد مقدار القوة المحصلة مع ثبات الزمن فإن الدفع يزداد.

وكلما زاد زمن تأثير القوة مع ثبات القوة زاد الدفع



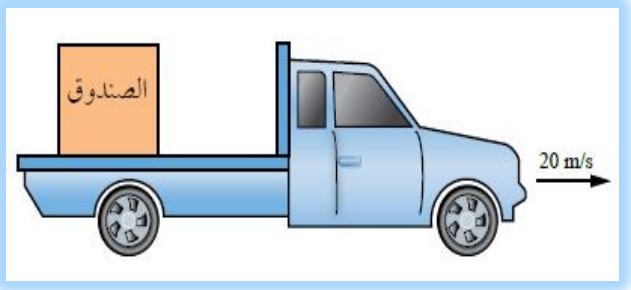
الميل = Δt



الميل =F

EXAMPLE 27

وُضعَ صندوقٌ كتلتُهُ (100 kg) في شاحنةٍ تتحرّك شرقًا بسرعة مقدارها (20 m/s) كما هو مُوضّحٌ في الشكل . إذا ضغط السائقُ على دَوّاسةِ المكابح، فتوقّفت الشاحنةُ خلال (5.0 s) من لحظةِ الضغطِ على المكابح؛ فأحسبُ مقدارَ ما يأتي:



أ . الزخَم الخطيّ الابتدائيُّ للصُندوق.

ب. الدفع المُؤثّر في الصُّندوق.

ج. قوّة الاحتكاك المُتوسّطة اللازم تأثيرُها في الصُّندوق لمنعهِ من الانزلاق

أ) $p_i = mv_i = 100 \times 20 \Rightarrow p_i = 2 \times 10^3$ kg.m/s +س

ب) $I = \Delta p = m(v_f - m_i) \Rightarrow I = 100(0 - 20)$

$I = -2000Kg.m/s$

معنى الإشارة السالبة ان الدفع نحو اليسار

ج) $I = f_s \Delta t \Rightarrow -2000 = f_s \times 5 \Rightarrow f_s = -400N$

معنى الإشارة السالبة ان قوة الإحتكاك نحو اليسار

EXAMPLE 28

يركُلُ لاعبٌ كرةَ قدمٍ ساكنةً كتلتُها(0.450 kg) ؛ فتنطلِقُ بسرعة (30.0 m/s) في اتّجاه محور س + أنظرُ الشكل إذا علمتُ أنّ القوّة المتوسّطةَ المؤثّرة في الكرةِ خلالَ زمن تلامُسِها مع قدم اللاعب تُساوي (135 N)؛ فأحسبُ مقدارَ ما يأتي بإهمالِ وزنِ الكرة مُقارنةً بالقوّة المؤثّرة فيها.

أ . زخمُ الكرةِ عند لحظةِ ابتعادِها عن قدم اللاعب.

ب. زمنُ تلامُسِ الكرة مع قدم اللاعب .

ج. الدفعُ المُؤثّر في الكرة خلال زمنِ تلامُسها مع قدم اللاعب.

أ) $p_f = mv_f \Rightarrow p_f = 0.45 \times 30 \Rightarrow p_f = 13.5Kg.m/s$(س+)

ب) $I = F\Delta t \Rightarrow \Delta p = F\Delta t \Rightarrow (13.5 - 0) = 135 \times \Delta t \Rightarrow \Delta t = 0.1s$

ج) $I = F\Delta t \Rightarrow I = 135 \times 0.1 \Rightarrow I = 13.5\ N.s$(س+)

EXAMPLE 29

تتساقط قطرات المطربمعدل 0.5Kg/s عمودياً نحو الأرض اذا كانت سرعة القطرة لحظة التلامس مع الأرض 10m/s ، وبفرض انها تسكن تماماً بعد ارتطامها ، احسب متوسط القوة التي تؤثر بها المطر على الأرض

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{m(v_2 - v_1)}{t} \Rightarrow F = 0.5 \times (0 - -10) \quad F = +5N$$

EXAMPLE 30

كرةُ تنسٍ كتلتُها(0.060 kg) ؛ يقذِفُها لاعبٌ إلى أعلى، وعند وصولها إلى قمّة مسارِها الرأسيّ يضربُها أُفقيًّا بالمَضرِب فتنطلقُ بسرعةٍ مقدارُها (55 m/s) في اتّجاهِ محور س +أنظر الشكل إذا علمتُ أنّ زمنَ تلامُس الكرة مع المَضرِب(3.0×10^{-3} s) ؛ أحسبُ مقدار ما يأتي:

أ . الدفع الذي يؤثّر به المضربُ في الكرة.

ب. القوّة المتوسّطةُ التي أثّر بها المَضرِب في الكرة.

أ) $I = \Delta p \Rightarrow I = 0.06 \times (55 - 0) \Rightarrow I = 3.3N.s$

ب) $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{3.3}{3 \times 10^{-3}} \Rightarrow F = 11 \times 10^2 N$

EXAMPLE 31

رمت دعاء كرة كتلتُها (0.18 kg) أفقيا بسرعة مقدارها (20m/s) باتّجاهِ حمور (+س) فضربتها صديقتها مريم بالمضرب، حيث ارتدت الكرة بالاتجاه المعاكس بسرعة مقدارها (30 m/s).

أ . احسب مقدار التغير في الزخم الخطي للكرة.

ب. احسب مقدار الدفع المؤثر في الكرة، وحدد اتجاهه.

جـ. إذا كان زمن تلامس الكرة والمضرب (0.60 s) ،احسب مقدار القوة المتوسطة التي أثر بها المضرب في الكرة.

أ) $\Delta p = m(v_2 - v_1) \Rightarrow \Delta p = 0.18(-30 - 20)$

$\Delta p = -9N.s$

ب) $I = \Delta p = -9N.s$

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{-9}{0.6} \Rightarrow F = -15N$$

تدريب

كرة تنس أرضي كتلتُهـا (100 g) تتحرك افقيا بسـرعة مقدارها (80 m/s) باتّجاهِ محـور (س –) عندما اصطدمت بالمضرب ارتدت عنه بسرعة مقدارها (100 m/s).

أ . احسب مقدار التغير في الزخم الخطي للكرة. $(\Delta p = +18\ kg.m/s)$

ب. احسب مقدار الدفع المؤثر في الكرة، وحدد اجتاهه $(I = 18\ kg.m/s, +س)$

جـ. إذا كان زمن تلامس الكرة والمضرب (0.20 s) احسب مقدار القوة المتوسطة التي أثر بها المضرب في الكرة($F= 90\ N, +$ س)

5 حساب الدفع الناتج عن قوة متغيرة

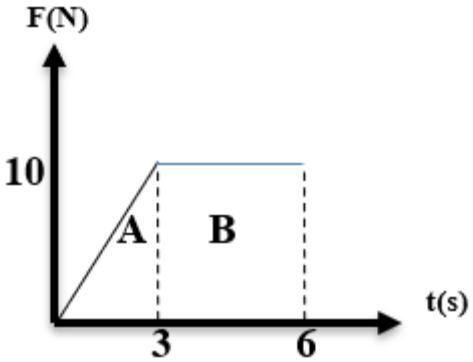
ذكرنا سابقة اذا كانت القوة متغيرة مع الزمن فإن الدفع عددياً يساوي المساحة تحت منحنى (القوة–الزمن) وبالتالي لحساب الدفع الكلي نقوم بتجزئة الرسم الى أشكال معروفة ثم نأخذ المساحة للأشكال الناتجة

تذكر

الشكل	مربع	مثلث	مستطيل	شبه منحرف
المساحة	الضلع^2	$\frac{1}{2}$ × القاعدة ×الإرتفاع	الطول ×العرض	$\frac{1}{2}$ × مجموع القاعدتين × الإرتفاع

EXAMPLE 32

الشكل المجاور يمثل العلاقة بين المؤثرة على جسم مع الزمن حسب المعطيات المثبتة احسب الدفع الكلي



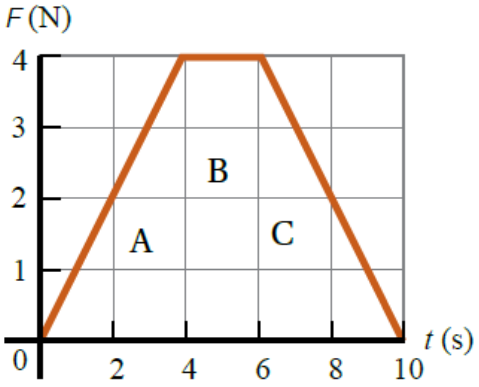
الدفع الكلي = مساحة A+ مساحة B

$\frac{1}{2} \times 3 \times 10 + 3 \times 10$

=45N.s

EXAMPLE 33

تؤثّرُ قوّةٌ محصّلةٌ باتّجاه محور س + في صندوقٍ ساكنٍ كتلتهُ (3 kg) مدّةً زمنيةً مقدارُها (10 s) إذا علمتُ أنّ مقدار القوّة المُحصّلة يتغيّرُ بالنسبة للزمن كما هو مُوضّح في منحنى (القوّة – الزمن) (كما في الشكل) ؛



فأحسبُ مقدارَ ما يأتي:

أ . الدفع المؤثّر في الصُّندوق خلالَ الفترة الزمنيّة لتأثير القوّة المُحصّلة، وأُحدّد اتّجاههُ.

ب. السرعة النهائيّةُ للصُّندوق في نهاية الفترة الزمنيّة لتأثير القوّة المُحصّلة، وأُحدّد اتّجاهها.

ج. القوّة المتوسطة المؤثّرة في الصُّندوق خلال هذه الفترة الزمنيّة .

أ) الدفع عدديا يساوي المساحة (A,B,C)

$$I = \frac{1}{2}\times 4\times 4 + 2\times 2 + \frac{1}{2}\times 4\times 4 \Rightarrow I = 24Kg.m/s(+س)$$

ب)

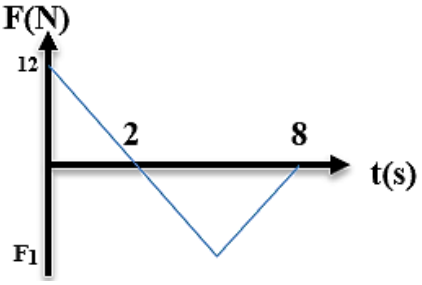
$$I = \Delta p = m(v_2 - v_1) \Rightarrow 24 = 3(v_2 - 0) \Rightarrow v_2 = 8m/s(+س)$$

ج)

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{24}{10} \Rightarrow F = 2.4N$$

EXAMPLE 34

في الشكل المجاور اذا كانت القوة المتوسطة التي تأثر بها جسم كتلته 10Kg تساوي -5N احسب مقدار F_1



$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow -5 = \frac{\Delta p}{8} \Rightarrow \Delta p = -40N.s$$

$$I = \Delta p \Rightarrow -40 = \frac{1}{2}\times 2\times 12 + \frac{1}{2}\times 6\times F_1$$

$$F = -17.3\ N$$

EXAMPLE 35

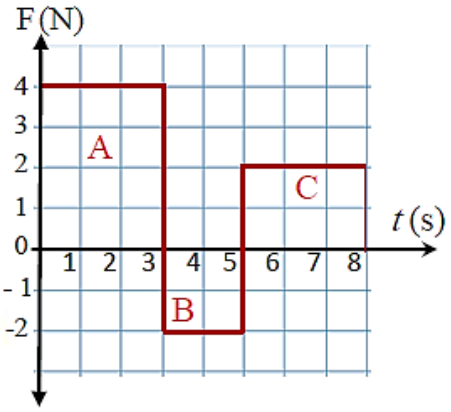
أثرت القوة المتغيرة كما في الشكل المجاور ، في جسم ساكن كتلته 4Kg احسب معتمدا على الرسم :

أ. سرعة الجسم في نهاية الثانية الثالثة.

ب. دفع القوة بعد مضي (5 s)

ج. دفع القوة الكلي.

د. الطاقة الحركية للجسم عند نهاية المدة الزمنية.



أ) $\Delta p = 3 \times 4 \Rightarrow 12 = m(v_2 - v_1) \Rightarrow 12 = 4(v_2 - 0)$

$v_2 = 3m/s$

ب) $I = A + B \Rightarrow I = 12 + (5-3) \times -2 \Rightarrow = 8N.s$

ج) $I = A + B + C \Rightarrow I = 12 - 4 + (8-5) \times 2 \Rightarrow I = 14N.s$

د) $\Delta p = m(v_2 - v_1) \Rightarrow 14 = 4(v_2 - 0) \Rightarrow v_2 = 3.5m/s$

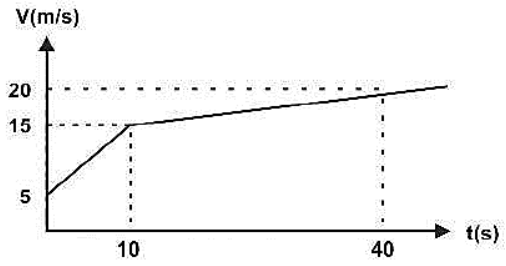
$KE = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow KE = \frac{1}{2} \times 4 \times (3.5)^2 \Rightarrow KE = 24.5J$

EXAMPLE 36

الشكل المجاور يمثل العلاقة بين السرعة والزمن لجسم كتلتها 2Kg احسب كلاً من

أ) الدفع المؤثر على الجسم خلال 40s

ب) القوة المتوسطة خلال اول 10s



أ) $I = \Delta p = m(v_2 - v_1) \Rightarrow 2(20-5) \Rightarrow I = 30N.s$

ب) $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{2(15-5)}{10} \Rightarrow F = 2N$

اختبار ذاتي (3)

1) واحد من التالية يعتبر زخمه أكبر مايمكن:

- قارب مثبت برصيف
- قطرة ماء ساقطة
- الكترون متحرك بسرعة الضوء
- شاحنة متوقفة

2) كرة كتلتها m سقطة نحو الأرض بسرعة V ثم ارتدت نحو الأعلى بثلث سرعتها فإن التغير في زخمها يساوي

- $\frac{2}{3}mv$
- $\frac{-2}{3}mv$
- $\frac{4}{3}mv$
- $\frac{-4}{3}mv$

3) أي من الوحدات التالية لا تكافيء وحدة قياس الزخم الخطي:

- Kg.m/s
- N.s
- $(J.Kg)^{\frac{1}{2}}$
- $(Kg.j)$

4) عند دفع جسم بقوة 10N لمدة 0.5s فإن التغير في الزخم بوحدة Kg.m/s تساوي

- 2
- 5
- 20
- 40

5) كلّما زاد زمن تأثير قوّة (F) في جسم كتلته (m) فإن :

- زاد مقدار الدفع المؤثر فيه، وزاد مقدار التغيّر في زخَمه الخطي.
- زاد مقدار الدفع المؤثر فيه، نقصَ مقدار التغيّر في زخَمه الخطي.
- نقصَ مقدار الدفع المؤثر فيه، وزاد مقدار التغيّر في زخَمه الخطي.
- نقصَ مقدار كلّ من الدفع المؤثر فيه، والتغيّر في زخَمه الخطي.

6) القوة المؤثرة في جسم متحرك تساوي المعدل الزمني للتغير في :

- سرعة الجسم.
- طاقة وضع الجسم.
- طاقة حركة الجسم.
- كمية تحرك الجسم

7) تركض لينا غربًا بسرعة مقدارها (3m/s) اذا ضاعفت سرعتها مرتان فإن الزخم الخطي:

- يتضاعفُ مرّتان.
- يتضاعف أربع مرات.
- يقلّ بمقدار النصف.
- يقلّ بمقدار الربع.

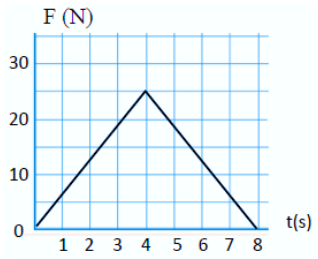
8) المساحة تحت منحنى (القوة - الزمن) تساوي عدديا :

القوة المحصلة　الزخم الخطي　الدفع　الطاقة الحركية

9) يركض شخص بسرعةv اذا اصبحت سرعته(3 v) بالإتجاه المعاكس فإن زخمه يصبح

P　$2P$　$3P$　$4P$

10) في الشكل المجاور اذا بدأ جسم كتلته(4Kg) بالحركة من السكون فإن سرعته في نهاية الحركة

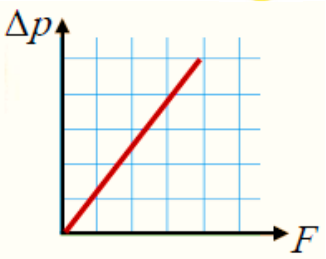


25　50
100　200

11) اذا علمت ان الدفع المؤثر في جسم كتلته (m) يساوي (I) فأي من التالية تستطيع حسابها

السرعة الإبتدائية　السرعة النهائية　التسارع　التغير في السرعة

12) في الشكل المجاور ميل الخط المستقيم يساوي:

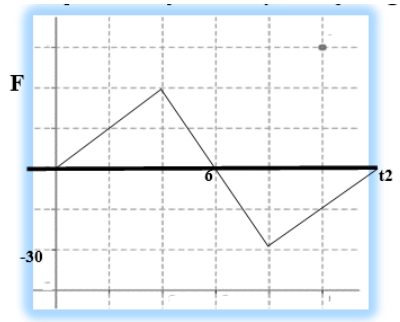


التغير في السرعة.　زمن تأثير القوةعلى الجسم.
كتلة الجسم.　التسارع الذي يتحرك به الجسم.

13) بدأ جسم كتلته 3kg بالحركة من السكون كما في الشكل ، اذا كان الدفع بالفترة من

(F، t_2) يساوي 60N.s وكانت سرعة الجسم في نهاية الحركة 10m/s فإن مقدار (t = (0-6

على الترتيب تساوي :



(20،8)　(20،2)
(30،62)　(60،30)

14) ضرب لاعب كرة ساكنة كتلتها 500gفانطلقت بسرعة 20m/s اذا كان زمن تأثير القوة على الكرة 0.05s فإن القوة المحصلة على الكرة بوحدة N :

200　100　50　40

15 المساحة تحت منحنى (القوة – الزمن) تساوي عددياً :

القوة المحصلة　الزخم　التغير في الزخم　مقلوب الدفع

16) جسمان (B, A) حيث $m_A=2m_B$ تتحركان نحو بعضهما بسرعة v لكل منها فإن:

دفع A على B أكبرمن دفع B على A　دفع A على B أقل من دفع B على A

دفع A على B يساوي دفع B على A　دفع A على B ضعف دفع B على A

17) اقتربت كرة كتلتها 0.2kg من المضرب بسرعة $40m/s$ بلإتجاه الأفقي وارتدت عنه الاتجاه المعاكس بسرعة $50m/s$ فإن الدفع الذي أثّر في الكرة أثناء فترة التلامس :

18 N.s　2N.s　900 N.s　90 N.s

18) صندوقان (A،B) يستقران على سطح افقي املس اثرت في كل منهما القوة المحصلة نفسها باتجاه محور س+ للفترة الزمنية Δt نفسها ، اذا علمت أن m_A أكبر من m_b فأي العبارات التالية صحيحة

$pA < pB , KEA < KEB$　$pA = pB , KEA > KEB$

$pA = pB , KEA < KEB$　$pA > pB , KEA > KEB$

19)جسم كتلته 4Kg يتحرك بسرعة 2m/s اثرت عليه قوة 8N بنفس اتجاه الحركة لمدة 5s فإن زخمه يصبح بوحدة Kg.m/s يساوي:

8　32　40　48

20) جسم كتله mوسرعته v اذا زاد زخمه بمقدار 20% فإن مقدار الزيادة في طاقته الحركية تساوي

44%　1.44%　22%　1.22%

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
20	19	18	17	16	15	14	13	12	11

6 حفظ الزخم الخطي

المقدمة

يوجد في الفيزياء اربعة كميات محفوظة (مجموعها قبل يساوي مجموعها بعد) وهي : الكتلة ، الطاقة ، الشحنة والزخم . مثالاً اذا كانت سيارة متوقفة على الطريق كتلتها m_1 اصطدمت بها سيارة اخرى متحركة من الخلف مما ادى الى حركة السيارتان بعد التصادم :

نلاحظ ان السيارة الساكنة زخمها قبل التصادم يساوي صفر ، وبعد التصادم اكتسبت زخم من السيارة الثانية التي كانت متحركة مما أدى الى نقصان في زخمها وزيادة في زخم السيارة الأولى (وهذا مايسمى حفظ الزخم الخطي)

متى يكون الزخم محفوظ ؟

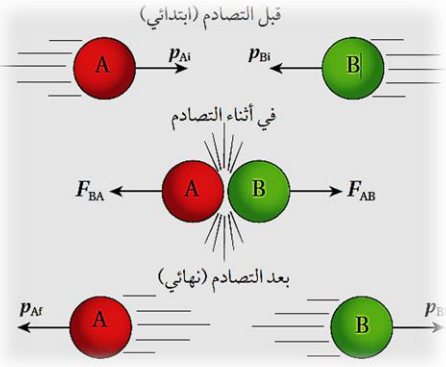
يكون الزخم محفوظ فقط اذا كان النظام معزول

ما المقصود بالنظام المعزول؟

النظام المعزول: النظامُ الذي تكونُ القوّةُ المُحصّلةُ الخارجيّةُ المؤثّرة فيه صفرًا، وتكونُ القوى المؤثّرةُ قوىً داخليّةً فقط.

من الأمثلة على النظام المعزول تصادم كرتا البلياردو حيث تعد قوة الإحتكاك صغيرة جداً وبالتالي يمكن اهمالها

حفظ الزخَم الخطيّ والقانون الثالث لنيوتن في الحركة :



يوضّحُ الشكل المجاور كرتي بلياردو قبل التصادُم مباشرةً، وفي أثناء التصادُم، وبعدَه مباشرةً. تؤثّرُ كلُّ كُرةٍ بقوّةٍ في الكرة الأُخرى في أثناء عمليّة تصادُمهما معًا، وأفترضُ أنّ مقدارَ كلٍّ من القوّتين ثابتٌ في أثناء الفترة الزمنية للتلامُس الكُرتين. تكونُ هاتان القُوّتانِ مُتساويتين في المقدار ومُتعاكستين في الاتّجاه؛ بحسب القانون الثالث لنيوتن في الحركة، إذ أنّهما تُمثّلان زوجي تأثيرٍ مُتبادلٍ (فعلٌ وردُّ فعلٍ) وأُعبّرُ عنهما كما يأتي:

$$F_{AB} = -F_{BA}$$

اذا استمر التصادم لمدة من الزمن (Δt) وبضرب المعادلة بهذه المدة فإن المعادلة تصبح

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

أي أنّ دفعَ الكرة A في الكرة B ($I_{AB} = \Delta p_B$) يساوي في المقدار دفع الكرة B في الكرة A ($I_{BA} = \Delta p_A$)، ويعاكِسُهُ في الاتّجاه. وبما أن التغيُّر في الزخَمِ الخطيّ يساوي الدفعَ بحسبِ مُبرهَنة (الزخَم الخطيّ – الدفع)، فإنّهُ يمكنُ كتابة العلاقة السابقة كما يأتي:

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

$$\Delta p_B = -\Delta p_A$$

أي أن:

$$p_{Bf} - p_{Bi} = -\,(p_{Af} - p_{Ai})$$

وبإعادة ترتيب حدودِ المُعادلةِ السابقةِ نحصلُ على معادلةِ قانونِ حفظ الزخَم الخطيّ:

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

حيث v_{Ai} و v_{Af} تمثّلانِ السرعتينِ المُتجهتَين للجسم الأوّل قبل التصادُم وبعَدهُ مباشرةً على الترتيب، و v_{Bi} و v_{Bf} تمثّلان السرعتين المُتّجهتينِ للجِسم الثاني قبلَ التصادُم وبعدَهُ مباشرةً على الترتيب. تشيرُ هذه المُعادلة إلى قانون حفظ الزخَم الخطيّ

أكتب نص قانون حفظ الزخم الخطي بالكلمات

((عندما يتفاعلُ جسمانِ أو أكثر في نظامٍ معزولٍ، يظلُّ الزخَم الخطيُّ الكليُّ للنظام ثابتًا))

أو

الزخَم الخطيّ الكليَّ لنظامٍ معزولٍ قبل التصادُم مباشرةً يساوي الزخَم الخطيَّ الكليَّ للنظام بعد التصادُم مباشرةً

يكون الزخَم الخطيّ محفوظًا أيضًا عندما ينفصلُ جسمٌ إلى أجزاءٍ تبتعدُ عن بعضها بعضًا.
فإذا كان الجسم ساكنًا؛ فإنَّ الأجسامَ الناتجة عن الانفصال تبدأ حركتُها من حالة السكون،
وتكوّن اتّجاهاتِ حركتها بحيث يبقى الزخَمُ الخطيّ الكُلّي بعد انفصالها مساويًا له قبل انفصالها في المقدار؛
أي صفرًا في هذه الحالة.

ماهو سبب ارتداد البندوقية للخلف أو المدفع بعد خروج الرصاصة منه؟

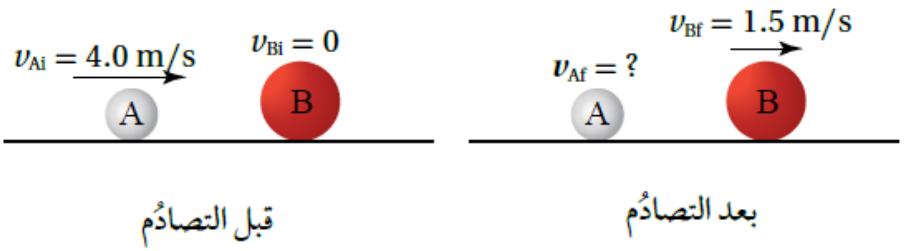
حتى يبقى الزخم محفوظاً

لماذا يحتاج إطفاء الحريق الى أكثر من اطفائي للإمساك به عند انفاع الماء منه ؟

بما أن سرعة الماء كبيرة وكتلته صغيرة يجب
زيادة الكتلة بالطرف المقابل لتقليل الإرتداد للخلف
وبالتالي يبقى الزخم محفوظ

EXAMPLE 37

يُوضّح الشكل تصادُمَ كُرَتين A وB ، حيث تتحرك الكرة A باتّجاه محور س +بسرعةٍ مقدارُها (4.0 m/s) نحوَ الكرة B الساكنة. بعد التصادُم تحرّكت الكُرة B بسرعةٍ مقدارُها (1.5 m/s) باتّجاه محور س+ إذا علمتُ أنَّ($mA = 1.0\ kg$ و $mB = 2.0\ kg$) فأحسبُ مقدار سرعة الكُرة A بعد التصادُم وأُحدّد اتّجاهها.



$$\Sigma p_i = \Sigma p_f \Rightarrow p_{Ai} + p_{Bi} = p_{Af} + p_{Bf}$$

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

$$1.0 \times 4.0 + 2.0 \times 0 = 1.0 \times v_{Af} + 2.0 \times 1.5$$

$$v_{Af} = 4.0 - 3.0 = 1.0\ m/s$$ ، س+

بما أنّ السرعةَ المُتّجهةَ النهائيّة للكُرة A موجبةٌ؛ فهذا يعني أن اتّجاه سرعتها باتّجاه محور س+، أي بنفس اتّجاه

EXAMPLE 38

مدفعٌ ساكنٌ كتلتُه (2.0×10^3 kg) ، فيه قذيفةٌ كتلتُها (50.0 kg). أُطلقت القذيفة أُفقيًّا من المدفع بسرعة (1.2×10^2 m/s) باتّجاه محور س+ أحسبُ مقدار ما يأتي:

أ . الدفعُ الذي تؤثّر به القذيفة في المدفع، وأُحدّد اتّجاهه.

ب. سرعة ارتداد المدفع

أ. الدفعُ الذي تؤثّر به القذيفةُ في المدفع (I_{BA}) يُساوي في المقدار الدفع الذي يؤثر به المدفع في القذيفة (I_{AB}) ويُعاكسُه في الاتّجاه.

أ) $I_{BA} = -I_{AB} = -\Delta p_B \Rightarrow I_{BA} = -(p_{Bf} - p_{Bi})$

$-m_B(v_{Bf} - v_{Bi}) = -50.0 \times (1.2 \times 10^2 - 0) \Rightarrow -6.0 \times 10^3$ kg.m/s

$I_{BA} = 6.0 \times 10^3$ kg.m/s, (نحو – س)

الدفع سالبٌ، حيث يؤثّر في المدفع باتّجاه محور-x.

ب. $\Sigma p_i = \Sigma p_f \Rightarrow p_{Ai} + p_{Bi} = p_{Af} + p_{Bf}$

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

$2.0 \times 10^3 \times 0 + 50.0 \times 0 = 2.0 \times 10^3 \times v_{Af} + 50.0 \times 1.2 \times 10^2$

$v_{Af} = \frac{-6.0 \times 10^3}{2.0 \times 10^3} = -3.0$ m/s $\Rightarrow v_{Af} = 3.0$ m/s, –س

بما أن السرعة المُتّجهةَ النهائيّة للمدفع (A) سالبةٌ، فهذا يعني أن اتّجاه سرعته باتّجاه محور س-، أي بعكس اتّجاه حركة القذيفة.

EXAMPLE 39

مسدس كتلته 1.95 kg اطلق منه رصاصة كتلتها 0.05 kg وبسرعة 78m/s احسب السرعة التي يرتد بها المسدس .

$\Sigma pi = \Sigma pf \Rightarrow p_{Ai} + p_{Bi} = p_{Af} + p_{Bf}$

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

$1.95x0 + 0.05 \times 0 = 1.95 \times v_{Af} + 0.05 \times 78$

$v_{Af} = \frac{-0.05 \times 78}{1.95} \Rightarrow v_{Af} = -2$ m/s

اي ان المدفع يرتد نحو الخلف بسرعة 2m/s نحو س-

EXAMPLE 40

صندوق كتلته 6 kg ينزلق بسرعة 4 m/s على ارض افقية ملساء نحو (+x) اذا انفجر الى قطعتين الأولى كتلتها 2 kg تحركت نحو السينات الموجب بسرعة 8 m/s فما سرعة القطعة الثانية .

$\Sigma p_i = \Sigma p_f \Rightarrow p_{Ai} + p_{Bi} = p_{Af} + p_{Bf}$

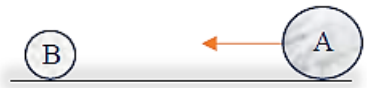
$m_A v_{Ai} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf} \Rightarrow 6x4 = 2 \times 8 + 4 \times v_{Bf}$

$v_{Bf} = \frac{24 - 16}{4} \Rightarrow v_{Af} = +2 \text{ m/s}$

EXAMPLE 41

كرة كتلتها 5 kg تتحرك نحو -x بسرعة 4 m/s فتصطدم بكرة اخرى كتلتها 2 kg تتحرك بحو س+ بسرعة 5m/s اذا اصبحت سرعة الكرة الاولى بعد التصادم 1 m/s نحو س- وكان زمن التصادم بين الكرتين 0.02 s احسب :

1. سرعة الكرة الثانية بعد التصادم.



2. القوة التي يؤثر بها الجسم الأول على الثاني.
3. القوة التي يؤثر بها الجسم الثاني بالجسم الأول

1) $\Sigma p_i = \Sigma p_f \Rightarrow m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$

$5 \times (-4) + 2 \times 5 = 5 \times (-1) + 2 \times v_{Bf}$

$-20 + 10 = -5 + 2 \times v_{Bf} \Rightarrow v_{Bf} = -2.5 \text{ m/s}$

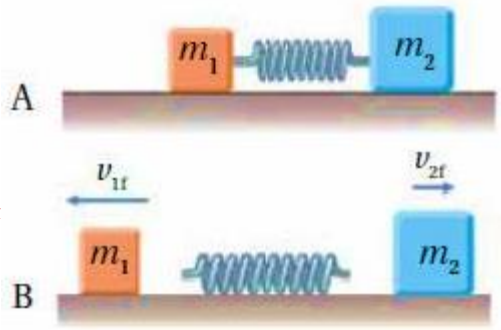
2) $\Sigma F_{12} = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow \Sigma F = \frac{m(v_{Bf} - v_{Bi})}{\Delta t} \Rightarrow \Sigma F = \frac{2(-2.5 - 5)}{0.02}$

$\Sigma F_{12} = -750 \text{ N}$

3) $\Sigma F_{21} = -\Sigma F_{12} \Rightarrow \Sigma F_{21} = 750 \text{ N}$

EXAMPLE 42

وضعت إسلام نابض خفيف مضغوط بين صندوقين كتلتيهما m_1 ، m_2 موضوعين على سطح إفقي أملس، كما هو مبين في الشكل A . لحظة إفلات إسلام النابض، تحرك الصندوقان باتجاهين متعاكسين كما في الشكل B . اذا علمت ان $m_2 = 2\ m_1$ فأوجد نسبة مقدار سرعة الصندوق الأول النهائية إلى مقدار سرعة الصندوق الثاني النهائية لحظة ابتعاد كل منهما عن النابض



$\Sigma p_i = \Sigma p_f$

$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$

$0 + 0 = m_1 \times -v_{1f} + m_2 v_{2f} \Rightarrow m_1 v_{1f} = m_2 v_2$

$\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_{1f}}{v_{2f}} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{2}{1}$

EXAMPLE 43

مدفعٌ ساكنٌ كتلهُ 2000Kg فيه قذيفة كتلتها 50Kg أطلقت أفقيا من مدفع بسرعة 120m/s باتجاه محور س+ احسب :

أ) الدفع الذي تؤثر به القذيفة في المدفع واحدد اتجاهه

ب) سرعة ارتداد المدفع

أ) $I_{BA} = I_{AB} = \Delta p_B$

$I_{BA} = -(p_{Bf} - p_{Bi}) = m_B (v_{Bf} - v_{Bi}) = 50.0 \times (1.2 \times 10^2 - 0)$

$= -6.0 \times 10^3$ kg.m/s

$I_{BA} = 6.0 \times 10^3$ kg.m/s,- س

ب) $\Sigma pi = \Sigma pf$

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

$2.0 \times 10^3 \times 0 + 50.0 \times 0 = 2.0 \times 10^3 \times v_{Af} + 50.0 \times 1.2 \times 10^2$

$v_{Af} = 3m/s$(س–)

اختبار ذاتي (4)

1)يكون الزخم الخطي محفوظ اذا كان النظام:

مغلق　　غير مغلق　　معزول　　غير معزول

2) التغير في كمية التحرك لمجموعة من الأجسام في نظام مغلق ومعزول يساوي:

صفر　　أقل من واحد　　أكبر من واحد　　يساوي واحد

3) إذا دفع رجل كتلته 70kg يقف على أرض جليدية (أفقية) طفلاً كتلته 50 kg وبالتالي فإن التغير في كمية التحرك للرجل والطفل بوحدة kg.m/s تساوي:

0　　100　　140　　240

4) انفجر جسم ساكن الى جزأين كتلة الأول مثلي كتلة الثاني ، اذا كانت الطاقة الحركية الناتجة عن الإنفجار 7500 J فإن الطاقة الحركية التي يكتسبها ($KE_1 : KE_2$)

(2500:5000)　　(5000:2500)　　(1500:6000)　　(6000:1500)

5) سيارة كتلتها m تتحرك بسرعة v اصطدمت مع شاحنة كتلتها 3m وتتحرك بسرعة v ، أي العبارات التالية صحيحة بعد الإصطدام:

التغير في زخم السيارة أكبر من التغير في زخم الشاحنة

التغير في زخم الشاحنة أكبر من التغير في زخم السيارة

التغير في زخم السيارة يساوي التغير في زخم الشاحنة

الزخم غير محفوظ في هذا التصادم

6) كرة كتلتها 2Kg متحركة بسرعة 4m/s نحو س+ اصطدمت رأساً برأس مع كرة اخرى كتلتها 3Kg متحركة بسرعة 5m/s نحو س- يكون مجموع الزخم بعد التصادم

23　　23-　　7　　-7

7) تقفز شذى من قاربٍ ساكنٍ كتلته(300Kg) إلى الشاطئ بسرعة أفقيّة مقدارُها (3m/s) إذا علمت أن كتلة شذى 50Kg ما مقدار سرعة حركة القارب؟ وما اتّجاهها؟

3m/s نحو الشاطئ.　　3m/s بعيداً عن الشاطئ

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

7	6	5	4	3	2	1

س١: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

١. أي الكميات الآتية تمثل (المعدل الزمني للتغير في الزخم)؟

أ) الدفع ب) الشغل جـ) القوة د) التسارع

٢. ما مقدار الدفع على الحائط عند اصطدام جسم كتلته 2 kg يتحرك أفقيا بسرعة 4 m/s بحائط وارتداده بنفس السرعة بوحدة (N.s) بإتجاه معاكس لحركته؟

أ) 8 ب) 16 جـ) 0 د) 32

٣. إذا مثلت العلاقة بيانياً بين الزخم لجسم على المحور الصادي والزمن على المحور السيني، ماذا يمثل ميل المنحنى؟

أ) الزخم ب) مقلوب الدفع جـ) الطاقة الحركية د) القوة

٤. جسم كتلته 0.5 kg سقط من السكون من ارتفاع 180 cm عن سطح الأرض، ما مقدار زخمه عند وصوله الأرض بوحدة (kg.m/s)؟

أ) 5 ب) 6 جـ) 3 د) 9

٥. يدور قمر صناعي حول الأرض فإذا كانت كتلته (m) ومقدار سرعته (v) ثابت، فما مقدار التغير في زخمه لدى اجتيازه نصف المدار حول الأرض؟

أ) 0 ب) $\frac{1}{2}$ m v جـ) m v د) 2 m v

٦. جسم كتلته 4 kg يتحرك بسرعة 2 m/s أثرت عليه قوة 8N بنفس اتجاه حركته لمدة 5s، كم يصبح مقدار زخمه بوحدة (kg.m/s)؟

أ) 32 ب) 8 جـ) 40 د) 48

٧. كرة كتلتها 0.2 kg تقترب أفقياً من مضرب لاعب بسرعة 40 m/s وترتد عنه بالإتجاه المعاكس بسرعة 50 m/s إذا دام التلامس 0.2s، فكم يساوي مقدار متوسط القوة التي يؤثر بها المضرب على الكرة بوحدة N ؟

أ) 18 ب) 10 جـ) 90 د) 2

٨. في منحنى (القوة – الزمن)، ماذا تمثل المساحة تحت المنحنى؟

أ) التغير في السرعة ب) التسارع جـ) الدفع د) الزخم

٩. إذا دفع رجل كتلته 70 kg يقف على أرض جليدية أفقية ولداً ساكناً كتلته 50 kg، فكم يساوي التغير في زخم الرجل والولد معاً بوحدة (kg.m/s)؟

أ) 0 ب) 100 جـ) 140 د) 240

١٠. إذا علمت مقدار الدفع المؤثر على جسم كتلته (m)، فأي مما يأتي تستطيع حسابه؟

أ) سرعته الابتدائية ب) سرعته النهائية جـ) تسارعه د) التغير في سرعته

١١. قذيفة كتلتها 2 kg انطلقت أفقياً بسرعة 200 m/s من فوهة مدفع ساكن كتلته 500 kg، ما سرعة ارتداد المدفع بوحدة (m/s)؟

أ) 1.25 ب) 0.75 جـ) 0.8 د) 2.5

س٢: وضح المقصود بكل من: الزخم، والدفع، والنظام المعزول.

س٣: علل:

١. تنكسر بيضة نيئة إذا سقطت من ارتفاع ما باتجاه أرض صلبة من الإسمنت وقد لا تنكسر البيضة نفسها إذا وقعت على أرض رملية من نفس الإرتفاع.

٢. تكون مواسير بنادق الصيد طويلة.

٣. سرعة ارتداد المدفع أقل بكثير من سرعة انطلاق القذيفة.

س٤: أثرت قوة مقدارها 15 N في جسم، ودام تأثيرها 7s، احسب:

أ- الدفع الذي أثر في الجسم.

ب- الزمن اللازم لقوة مقدارها 1.5 N تؤثر في الجسم ويكون لها نفس دفع القوة الأولى.

س٥: ضرب لاعب كرة ساكنة كتلتها 0.6 kg ، فانطلقت بسرعة 15 m/s، احسب:

أ- التغير في زخم الكرة.

ب- متوسط القوة التي أثر بها اللاعب على الكرة إذا دام التلامس 0.06s

س٦: أثرت قوة لمدة 0.6 s على جسم، فازداد زخمه بمقدار 12 kg.m/s، احسب متوسط القوة المؤثرة.

س٧: سائق سيارة كتلته 80 kg يقود سيارة بسرعة 25 m/s شاهد حيوانا على الطريق، فضغط على الكوابح، ليتفادى الاصطدام بالحيوان، فاندفع إلى الأمام إلا أن حزام الأمان أوقفه عن الحركة خلال 0.5 s، أجب عما يأتي:

١. ما متوسط القوة التي أثر بها حزام الأمان في السائق؟

٢. ما متوسط القوة التي سيؤثر بها المقود في السائق عند ارتطامه به خلال 0.001 s في حالة عدم وضع حزام الأمان؟

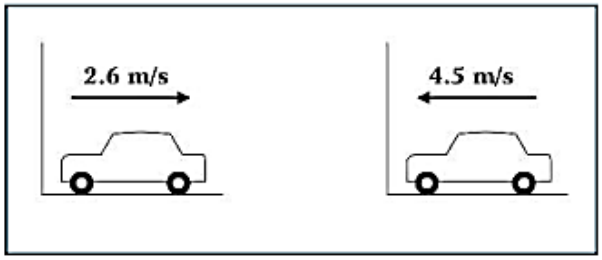
٣. ماذا تستنتج من خلال إجابتك عن الفرعين السابقين؟

س٨: تسير سيارة كتلتها 600 kg بجانب متسابق وبسرعة 9 km/h، إذا كانت كتلة المتسابق 60 kg

- ما مقدار زخم كل من السيارة والمتسابق؟

- هل يمكن أن يركض المتسابق بحيث يكون له زخم السيارة نفسه؟ علل إجابتك.

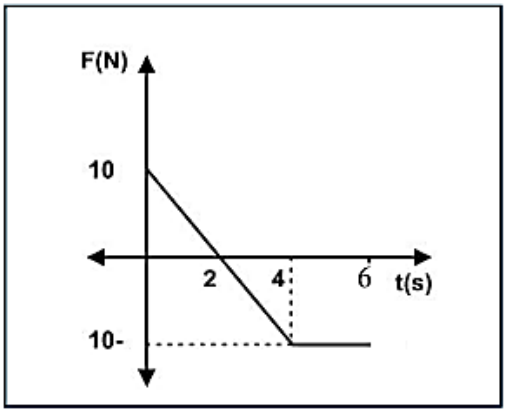
س٩: في الشكل تقترب سيارة كتلتها 1600 kg من جدار وترتد عنه في الإتجاه المعاكس، فما:



١. التغير في زخم السيارة.

٢. الطاقة الحركية المفقودة.

س١٠: جسم كتلته (2 kg) يتحرك بسرعة (5 m/s) على سطح أفقي أملس، أثرت عليه قوة متغيرة، مثلت بيانياً مع الزمن كما في الشكل المجاور، بالاعتماد على البيانات المثبتة عليه، جد:



١. دفع القوة خلال 4 s ، 6 s.

٢. أكبر سرعة يمكن أن يمتلكها الجسم في نفس إتجاه حركته.

٣. زمن توقف الجسم.

٤. متوسط القوة المؤثرة من بداية تأثيرها وحتى سكون الجسم.

الفصل الثاني : التصادُمات

ما المقصود بالتصادم ؟

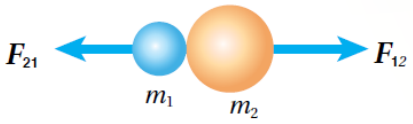
التصادم: تأثير متبادل بين جسمين أو أكثر أحدهما على الأقل متحرك، وتؤثر خلاله الأجسام المتصادمة بعضها في بعض بقوة خلال فترة زمنية قصيرة نسبياً.

ما هي اشكال التصادم ؟

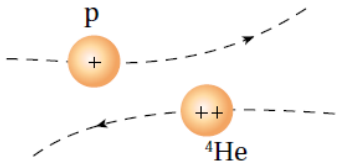
قد يتضمّنُ التصادُم:

1) تلامسًا بين جسمين على المستوى الجاهري، كما هو مُوضّحٌ في الشكل (أ)،

2) عدم حدوثِ تلامُسٍ بينهما كما في تصادُم جسيمات مشحونة على المستوى المجهريّ، مثل تصادُم بروتونٍ بجسيم ألفا (نواة ذرة الهيليوم)، كما هو موضّحٌ في الشكل (ب) ونظرا لإن الجسيمين مشحونان بشحنة موجبة فإنهما يتنافران عندما يقتربان من بعضهما بعضا، دون الحاجة إلى تلامسهما.



(أ)
تصادم جسمين على المستوى الجاهريّ
(يُمكن رؤيتها بالعين المجرّدة)



(ب)
تصادم جسيمين مشحونين على
المستوى المجهري

التصادُمات والطاقة الحركية

تعرفنا سابقاً

1) يكون الزخَم الخطيّ محفوظٌ دائمًا عند تصادُم الأجسام أو انفصال بعضها عن بعض في الأنظمة المعزولة.

2) الطاقة الحركية هي الطاقة التي يملكها الجسم المتحرك وتعتمد على الكتلة ومربع السرعة وتعطى بالعلاقة التالية $KE = \frac{1}{2}mv^2$ قد تكونُ الطاقة الحركية للأجسام المتصادمة محفوظةً، وقد تكون غير محفوظة؛ اعتمادًا على نوع التصادُم. فإذا لم تكن الطاقة الحركية محفوظةً فهذا يعني أن جزءًا منها تحوّل إلى شكلٍ أو أشكالٍ أخرى من الطاقة، مثل الطاقة الحرارية والطاقة الصوتية

7 أنواع التصادمات

تُصنّف التصادُمات بحسب حفظ الطاقة الحركية إلى نوعين رئيسين، هما: التصادُم المَرن، التصادُم غيرُ المَرن

1 التصادُم المَرن

ومن الأمثلة عليها التصادُمات بين كرات البلياردو، كما في الشكل ، يكون التصادم مرناً اذا تحقق شرطان

1) الزخم محفوظ: وبما أن النظام معزول فإن الزخم سيكون محفوظاً

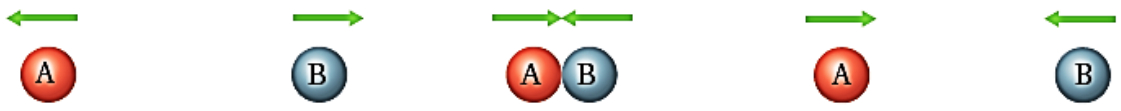
$$\Sigma p_i = \Sigma p_f$$
$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$

2) حفظ الطاقة الحركية: اذا كان مجموع الطاقة الحركية للأجسام قبل التصادم يساوي مجموع الطاقة الحركية للأجسام بعد التصادم فإن الطاقة الحركية تكون محفوظة

$$\Sigma KE_i = \Sigma KE_f$$
$$\frac{1}{2}m_1 v^2 + \frac{1}{2}m_2 v^2 = \frac{1}{2}m_1 v_f^2 + \frac{1}{2}m_2 v_f^2$$

متى يوصف التصادم بأنه تصادم في بعد واحد ؟

عندما يتحرّكُ جسمان قبل التصادُم على امتداد الخط المستقيم نفسِه، ويتصادمان رأسًا برأس بحيثُ تبقى حركتيهما بعد التصادُم على المسار المستقيم نفسه؛ فإن تصادُمَهُما يوصف بأنه تصادمٌ في بُعدٍ واحدٍ . أنظر الشكل



تصادم في بُعد واحد.

EXAMPLE 44

تتحرك كرتا بلياردو كتلة كلٍّ منهما (0.16Kg) تتحرّك الكرةُ الحمراء A نحو س+ بسرعة (2m/s) نحو الكرة الزرقاء الساكنة وتتصادمان رأس برأس تصادمًا مرنًا، أنظر الشكل أحسبُ مقدارسرعة الكرة (B) بعد التصادُم، وأُحدد اتّجاهها

تصادم مرن لكرتين في بُعد واحد.

أ) أُطبق قانونَ حفظ الزخَم الخطيّ على نظام الكرتين

$$\Sigma p_i = \Sigma p_f$$

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

بما أن $m_A = m_B$ فإنها تختصر من المعادلة وتصبح كما يأتي :

$$v_{Ai} + v_{Bi} = v_{Af} + v_{Bf} \Rightarrow 2 + 0 = v_{Af} + v_{Bf} \Rightarrow v_{Af} + v_{Bf} = 2$$

$$v_{Af} = 2 - v_{Bf} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

ب) بتطبيق حفظ الطاقة الحركيّة على نظام الكرتين قبل التصادُم وبعدَه؛ لأن التصادُم مرن

$$\frac{1}{2}m_1v^2 + \frac{1}{2}m_2v^2 = \frac{1}{2}m_1v_f^2 + \frac{1}{2}m_2v_f^2$$

بما أن $m_A = m_B$ ، $v_{Bi} = 0$ فإن المعادلة تصبح:

$$4 + 0 = v_{Af}^2 + v_{Bf}^2 \Rightarrow v_{Af}^2 + v_{Bf}^2 = 4$$

بتعويض المعادلة 1 في المعادلة 2 لإيجاد مقدارأحصلُ على v_{Bf} ما يأتي :

$$(2 - v_{Bf})^2 + v_{Bf}^2 = 4 \Rightarrow 4 + v_{Bf}^2 - 4v_{Bf} + v_{Bf}^2 = 4$$

$$2v_{Bf}^2 - 4\,v_{Bf} = 0 \Rightarrow v_{Bf}\,(v_{Bf} - 2) = 0$$

وبحلّ هذه المعادلة أتوصّل إلى حلّيْن لها، الأول $v_{Bf} = 2$ m/s، والثاني $v_{Bf} = 0$

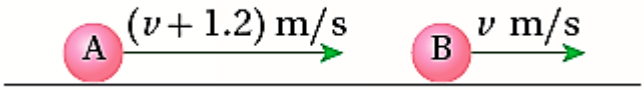
الأول يمثل السرعة قبل التصادم وهو مرفوض

وبتعويض $v_{Bf} = 0$ في المعادلة الأولى نستنتج ان $v_{Af} = 0$

الاستنتاج :
اذا كان الجسمان لهما نفس الكتلة وحدث بينهما تصادم مرن ، بعد التصادم كل جسم يعطي سرعته للجسم الثاني

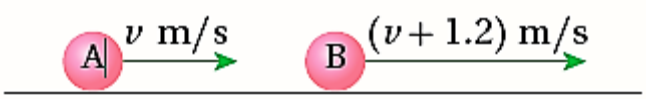
EXAMPLE 45

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) احسب سرعة كل كرة بعد التصادم اذا كان التصادم مرن



بما ان، التصادم مرن والكتلة متماثلة فإنه يحدث تبادل للسرعات فأن

$v_{Af} = v$ ، $v_{Bf} = (v + 1.2)$



EXAMPLE 46

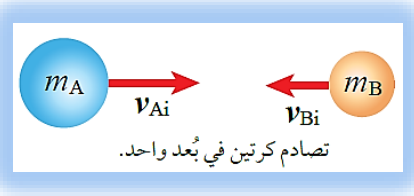
كرتا بلياردو اذا كانت سرعة الكرة الأولى قبل التصادم 5m/s(x+) وسرعتها بعد التصادم 3m/s نحو (+س) احسب سرعة الكرة الثانية قبل وبعد التصادم اذا كان التصادم مرن

بما ان التصادم مرن والكتل متساوية فإنه يحدث تبادل للسرعات فأن

$v_{Bi} = 3m/s$ (+س) ، $v_{Bf} = 5m/s$(+س)

EXAMPLE 47

كرتان كتلة الأولى 4kg تتحرك نحو الشرق بسرعة 3m/s اصطدمت مع كرة اخر رأسا برأس كتلتها 3kg وتتحرك بسرعة 4m/s نحو الغرب تصادمت تصادم مرن احسب سرعة كل بعد التصادم



تصادم كرتين في بُعد واحد.

$$\Sigma p_i = \Sigma p_f$$

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

$$4 \times 3 + 3 \times (-4) = 4\, v_{Af} + 3 \times v_{Bf} \Rightarrow 0 = 4\, v_{Af} + 3 \times v_{Bf}$$

$$\Rightarrow v_{Af} = \frac{-3}{4} v_{Bf} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\frac{1}{2}m_1 v^2 + \frac{1}{2}m_2 v^2 = \frac{1}{2}m_1 v_f^2 + \frac{1}{2}m_2 v_f^2$$

$$\frac{1}{2} \times 4 \times 3^2 + \frac{1}{2} \times 3 \times -4^2 = \frac{1}{2} \times 4 \times v_{Af}^2 + \frac{1}{2} \times 3 \times v_{Bf}^2 \Rightarrow$$

$$42 = 2v_{Af}^2 + 1.5v_{Bf}^2 \xrightarrow{\times 2} 84 = 4v_{Af}^2 + 2v_{Bf}^2 \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

بتعويض (1) في (2) نستنتج أن

$$84 = 4 \times \frac{9}{16} v_{Bf}^2 + 3v_{Bf}^2 \Rightarrow 336 = 9v_{Bf}^2 + 12v_{Bf}^2 \Rightarrow v_{Bf}^2 = 16$$

نهمل الأشارة السالبة لأنها تمثل السرعة الإبتدائية قبل التصادم $v_{Bf} = \pm 4m/s$

بالتعويض في 1 نستنتج أن

$$v_{Af} = -3m/s$$

الإستنتاج :

اذا كان الجسمان لهما نفس الزخم قبل التصادم وبعكس الإتجاه والتصادم مرن يحدث ارتداد للجسمان بعد التصادم

تدريب

جسمان الأول كتلته 5Kg وسرعته 4m/s (س+) ، اصطدم مع جسم أخر كتلته 2Kg وسرعته 10m/s (- س) تصادم مرن احسب سرعة كل جسم بعد التصادم

2 التصادُم غيرُ المَرن

في التصادُم غيرِ المرن لا يكونُ مجموع الطاقة الحركيّة لأجزاء النظام قبل التصادُم مساويًا مجموعَ طاقتها الحركية بعد التصادُم؛ أي أنّ الطاقة الحركيّة للنظام غيرَ محفوظة. ومن أمثلتها اصطدامُ كرةٍ مطاطيّةٍ بسطحٍ صُلبٍ (مَضرِبٌ مثلاً)، حيث تفقد جزءًا من طاقتها الحركية عندما تتشوّه الكرة في أثناء ملامستها للسطح. أنظر الشكل

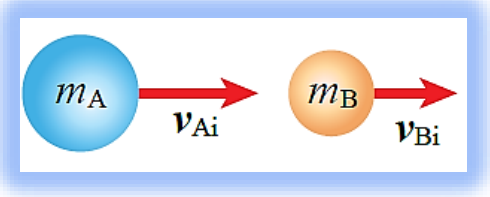
لكن الزخَم الخطيّ يكون محفوظًا في كل أنواع التصادُمات التي تكون فيها القوى الخارجية المؤثّرة في النظام (إن وجدت) صغيرةً جدًّا مقارنةً بقوى الفعل ورد الفعل المتبادلة بين الاجسام المتصادُمة ومن الأمثلة عليه بعض حالات تصادم السيارات

EXAMPLE 48

تتحرك الكرة (A) باتّجاه محور س + بسرعة (6.0 m/s) ؛ فتصطدم رأسًا برأس بكرةٍ أُخرى (B) أمامَها تتحرك باتّجاه محور س + بسرعة (3.0 m/s) أنظرُ الشكل بعد التصادُم تحرّكت الكرة (B) بسرعةٍ مقدارُها (5.0 m/s) بالاتّجاه نفسه قبل التصادُم. إذا علمتُ أن ($m_A = 5.0\ kg, m_B = 3.0\ kg$) ، فأُجيبُ عمّا يأتي:

أ . أحسبُ مقدار سرعة الكرة (A) بعد التصادُم، وأُحدّدُ اتّجاهها.

ب. أُحدّد نوع التصادُم



أ) $\Sigma pi = \Sigma pf$

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

ب) $5.0 \times 6.0 + 3.0 \times 3.0 = 5.0\ v_{Af} + 3.0 \times 5.0 \Rightarrow v_{Af} = 4.8\ m/s$

$$\Delta KE = \frac{1}{2} m_A v_{Af}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bf}^2 - \left[\frac{1}{2} m_A v_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bi}^2\right]$$

$$\Delta KE = \frac{1}{2} \times \left[5.0 \times (4.8)^2 + 3.0 \times (5.0)^2\right] - \frac{1}{2} \times \left[5.0 \times (6.0)^2 + 3.0 \times (3.0)^2\right]$$

$$\Delta KE = -8.4\ J$$

بما أن التغير في الطاقة الحركية لا يساوي صفر فهي غير محفوظة وبالتالي تصادم غير مرن

EXAMPLE 49

تنزلق كرة زجاجية كتلتها 1.5kg نحو الغرب بسرعة 2m/s فتصطدم رأس برأس بكرة اخرى ساكنة كتلتها 3Kg تتحرك نحو الشرق بسرعة 4m/s ، بعد التصادم ارتدت الكرة الأولى شرقاً بسرعة 3m/s اجب عمايلي:

أ) احسب مقدار سرعة الكرة الثانية بعد التصادم واحدد اتجاهها.

ب) حدد نوع التصادم.

أ) $\Sigma p_i = \Sigma p_f$

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

$1.5 \times -2 + 3 \times 4 = 1.5 \times 3 + 3 \times v_{2f} \Rightarrow v_{2f} = 1.5 \text{ m/s}$

بما ان الجواب موجب فإن الإتجاه نحو الشرق

ب) نحدد نوع التصادم من خلال حساب التغير في الطاقة الحركية

$$\Delta KE = \left[\frac{1}{2} m_A v_{Af}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bf}^2\right] - \left[\frac{1}{2} m_A v_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bi}^2\right]$$

$$\Delta KE = \left[\frac{1}{2} \times 1.5 \times 9 + \frac{1}{2} \times 3 \times 2.25\right] - \left[\frac{1}{2} \times 1.5 \times 4 + \frac{1}{2} \times 3 \times 16\right]$$

$$\Delta KE = 10.125 - 27 \Rightarrow \Delta KE = -16.875 \text{J}$$

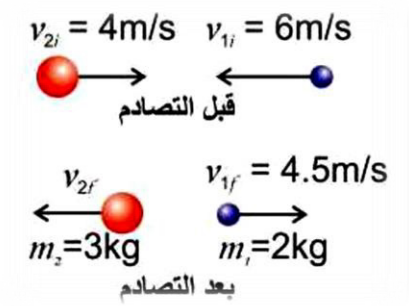
بما أن الجواب سالب فإن جزء من الطاقة الحركية يتحول الى نوع اخر من الطاقة

وبالتالي التصادم غير مرن

انضموا الى قناة التليغرام :
فيزياء التوجيهي العلمي والصناعي ٢٠٠٦

EXAMPLE 50

كرة كتلتها 2kg تتحرك باتجاه الغرب بسرعة 6m/s فتصطدم بأخرى كتلتها 3kg تتحرك باتجاه الشرق بسرعة 4m/s اذا اصبحت سرعة الأولى بعد التصادم 4.5m/s مباشرة كمافي الشكل المجاور حيث بقي الجسمان يتحركان على نفس الخط قبل وبعد التصادم



واستمر التصادم لمدة 0.03 s احسب متوسط القوة التي اثرت بها الكرة الأولى بالثانية

$\Sigma p_i = \Sigma p_f$

$m_1v_{1i} + m_2v_{2i} = m_1v_{1f} + m_2v_{2f}$ ⟹ $2\times-6+3\times4 = 2\times4.5+3\times v_{2f}$

$v_{2f} = (3m/s, -س)$

وبالتالي :

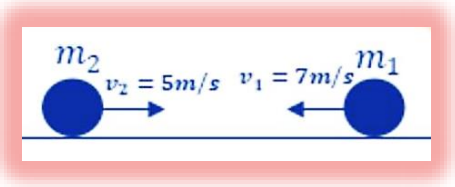
$I_{12} = \Delta p_2$ ⟹ $F_{12} \times \Delta t = m_2(v_{2f} - v_{2i})$

$F_{12} \times 0.03 = 3(-3-4)$ ⟹ $F_{12} = 700N(-س)$

EXAMPLE 51

كرتان (m_1=2Kg)، (m_2=3kg) تتحركان باتجاهين متعاكسين (v_1=7m/s)، (v_2=5m/s) كما في الشكل المجاور ، اذا حدث بينهما تصادم وكان الدفع المؤثر في الكرة الثانية (18N.s) نحو س-:

احسب سرعة كل كرة بعد التصادم



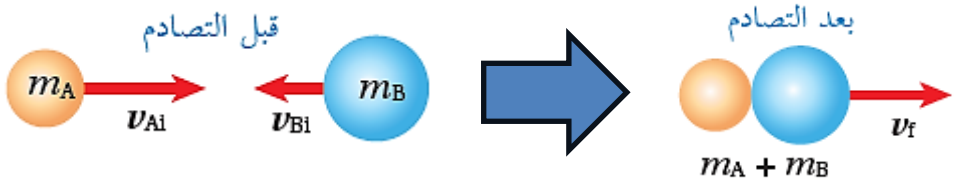
تذكر أن : $I_{12} = -I_{21}$

$I_{12} = \Delta p_2$ ⟹ $-18=3(v_{2f}-5)$ ⟹ $v_{2f} = -1m/s$

$I_{12} = \Delta p_2$ ⟹ $+18=2(v_{2f}--7)$ ⟹ $v_{2f} = +2m/s$

2 تصادمٌ عديم المرونة

يوصَفُ التصادمُ غيرُ المَرن بأنه تصادمٌ عديم المرونة عندما تلتحم الأجسام المتصادمة معًا بعد التصادم، لتصبح جسمًا واحدًا تساوي كتلتهُ مجموع كتل الأجسام المتصادمة. ومثالُ ذلك ما يحدث عند اصطدام كُرَتي صلصالٍ معًا، أو اصطدام سيارتين وتحرُّكهما معًا بعد التصادم وفي هذا النوع من التصادمات يكون الزخم محفوظ والطاقة الحركية غير محفوظة (يتحول جزء منها الى نوع اخر من الطاقة)

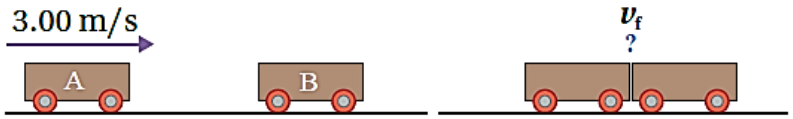


بتطبيق حفظ الزخم

$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f$$

EXAMPLE 52

عربة قطارٍ (A) كتلتُها (1.80×10^3 kg) تتحرك في مسارٍ أُفقيّ مستقيمٍ لسكة حديدٍ بسرعةٍ مقدارُها (3 m/s) باتّجاه محور س+، فتصطدم بعربة أُخرى (B) كتلتُها (2.20×10^3 kg) تقف على المسار نفسه، وتلتحمان معًا وتتحركان على المسار المستقيم لسكة الحديد نفسه، كما هو موضّحٌ في الشكل احسب مقدار سرعة عربتي القطار بعد التصادم واحدد اتجاهها.



تصادم عربتي قطار.

$\Sigma p_i = \Sigma p_f$

$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f$

$1.80 \times 10^3 \times 3 + 2.20 \times 10^3 \times 0 = (1.80 \times 10^3 + 2.20 \times 10^3)\, v_f$

$v_f = 1.35$ m/s, +س

EXAMPLE 53

يتحرك جسم كتلته (16Kg) باتجاه محور السينات الموجب فيصطدم مع جسم اخر كتلته (4Kg) يتحرك نحو السينات السالب بسرعة (3m/s) فتحركا معا بعد التصادم بسرعة (3m/s) نحو السينات الموجب احسب سرعة الجسم الأول قبل التصادم .

$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B)\, v_f$

$16 \times v_{Ai} + 4 \times (-3) = (16 + 4) \times 3 \Rightarrow 16\, v_{Ai} + -12 = 60 \Rightarrow v_{Ai} = +4.5 \text{ m/s}$

EXAMPLE 54

كرةُ صلصالٍ كتلتها (2Kg) 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

$\Sigma p_i = \Sigma p_f$

$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = (m_1 + m_2)\, vf \Rightarrow 2\, v_1 + 0 = (2 + m_2)\, \frac{1}{4} v1$

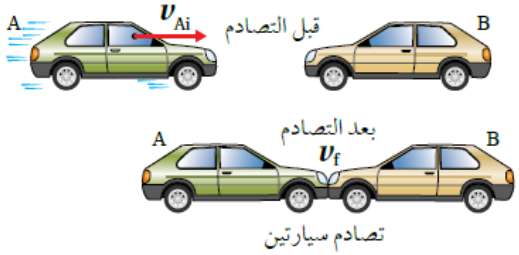
$8 = 2 + m_2 \Rightarrow m_2 = 6 \text{ kg}$

EXAMPLE 55

السيارة (A) كتلتها (1.2×10^3 kg) تتحرك بسرعة (5m/s) باتّجاه محور س+، فتصطدم رأسًا برأس بسيارةٍ ساكنةٍ (B) كتلتها (1.8×10^3 kg) وتلتحم السيارتان معًا بعد التصادُم وتتحرّكان على المسار المستقيم نفسه قبل التصادُم، كما هو موضح في الشكل المجاور. أحسبُ مقدار ما يأتي:

أ . سرعة السيارتين بعد التصادُم، وأُحدّد اتّجاهها.

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



$\Sigma pi = \Sigma pf$

أ) $m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B)\, v_f$

$1.2 \times 10^3 \times 5 + 1.8 \times 10^3 \times 0 = (1.2 \times 10^3 + 1.8 \times 10^3)\, v_f \Rightarrow v_f = 1.5 \text{ m/s} +$س

ب) $I_{BA} = \Delta p_A = m_A (v_{Af} - v_{Ai}) = 1.2 \times 10^3 (1.5 - 5) = -4.2 \times 10^3 \text{ kg.m/s}.$

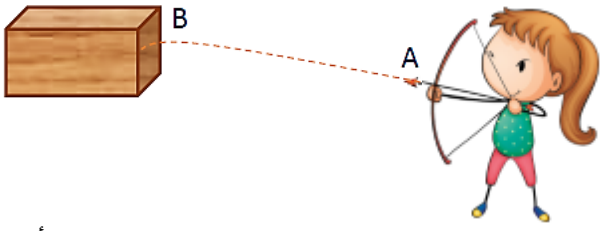
$I_{BA} = 4.2 \times 10^3 \text{ kg.m/s},$ -س

EXAMPLE 56

أطلقت مريم سهما كتلته (0.2Kg) أفقيا بسرعة (15m/s) باتجاه الغرب نحو هدف ساكن كتلته (5.8Kg) به واستقر فيه وتحركا كجسم واحد نحو الغرب. احسب مقدار ما يأتي:

أ. سرعة النظام (السهم والهدف) بعد التصادم .

ب.التغير في الطاقة الحركية للنظام



أ) $\Sigma p_i = \Sigma p_f$

$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B)\, v_f$

$0.20 \times -15 + 5.8 \times 0 = (0.20 + 5.80)\, v_f$ ⇒ $v_f = 0.5$ m/s, س -

ب) $\Delta KE = \Sigma KE_f - \Sigma KE_i$ ⇒ $\frac{1}{2}(m_A + m_B)v_f^2 - \frac{1}{2}(m_A v_{Ai}^2)$

$\frac{1}{2} \times 6 \times 0.5^2 - \frac{1}{2} \times 0.2 \times 15^2$ ⇒ $\Delta KE = 0.75 - 22.5$

$\Delta KE = -21.75$

EXAMPLE 57

يجلس طالب كتلته (35 kg) في قارب ساكن كتلته (65 kg) ويحمل صندوقا كتلته (6 kg) إذا قذف الطالب الصندوق أفقيا بسرعة مقدارها (10 m/s) بإهمال مقاومة الماء، جد سرعة القارب بعد قذف الصندوق مباشرة

$\Sigma p_i = \Sigma p_f$

$(m_1 + m_2)\, v_i = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$

$0 = 6 \times 10 + 100\, v_{2f}$ ⇒ $v_{2f} = -0.60$ m/s

8 تطبيق: البندول القذفي

ماهي استخدامات الجهاز ؟

لحساب سرعة اصطدام رصاصة تستقر في القطعة الخشبية

ماهي مكونات النظام ؟

ويتكون من كتلة خشبية معلقة بحبلين متساويين في الطول متوازيين غير مرنين، حيث كتلة الخشبة المعلقة أكبر بكثير من كتلة الرصاصة.

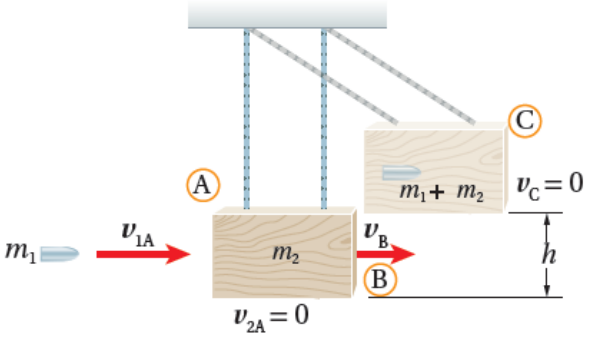
ماهي ألية عمل الجهاز ؟

تخترق الرصاصة قطعة الخشب وتستقرّ داخلَها، ويتحرّك النظام المُكوّن منهما كجسم واحد، ويرتفع مسافةً رأسيّة (h) أنظرُ الشكل ويمكن حسابُ مقدار سرعة الرصاصة قبل اصطدامها بقطعة الخشب إذا عرفتُ مقدار (h) .

أنّ اتّجاه حركة النظام المُكوّن من قطعة الخشب والرصاصة بعد التصادُم مباشرةً يكون باتّجاه حركة الرصاصة نفسه قبل التصادُم في مستوى الصفحة، ونحو اليمين.

$$\Sigma p_i = \Sigma p_f$$
$$m_1 v_{1A} + 0 = (m_1 + m_2)\, v_B$$

$$v_B = \frac{m_1 v_{1A}}{m_1 + m_2}$$



تكون الطاقة الميكانيكيّة محفوظةً، وأفترضُ أنّ طاقة الوضع (الناشئة عن الجاذبية) لقطعة الخشب لحظة بدء حركتها عند الموقع (B) تساوي صفرًا ($PE_B = 0$) ، بافتراض موقعها عند (B) مستوى إسناد. كما أنّ طاقتها الحركية عند أقصى ارتفاعٍ تُساوي صفرًا؛ أي أن ($KE_C = 0$) .

$$ME_B = ME_C$$
$$KE_B + PE_B = KE_C + PE_C$$
$$\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_B^2 + 0 = 0 + (m_1 + m_2)g\,h$$

بتعويض (v_B) من معادلة حفظ الزخم؛ أجد علاقةً لحساب (v_{1A}).

$$\frac{1}{2}\left(\frac{m_1 v_{1A}}{m_1 + m_2}\right)^2 = g\,h$$
$$v_{1A} = \left(\frac{m_1 + m_2}{m_1}\right)\sqrt{2g\,h}$$

EXAMPLE 58

أطلق مُحقّقٌ رصـــاصةً كتلتُها (30 g) أُفقيًّا باتّجاه بندول قذفي كتلته (0.97 kg) فاصطدمت به والتحما معًا فكان أقصى ارتفاع وصل إليه البندول فوق المستوى الابتدائي له (45 cm) أحسبُ مقدار السرعة الابتدائية للرصاصة.

$m_1 v_{1A} + 0 = (m_1 + m_2)\, v_B$

$30 \times 10^{-3} \times v_1 + 0 = (30 \times 10^{-3} + 0.97)\sqrt{2 \times 10 \times 0.45}$

$v_1 = 100 m/s$

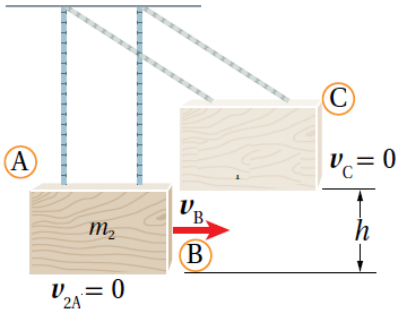
EXAMPLE 59

أطلق سعدٌ سهمًا كتلته (0.03 kg) بسرعة 50m/s أُفقيًّا باتّجاه بندول قذفيٍّ كتلته (0.72 kg) ؛ فاصطدم به والتحما معًا، بحيث كان أقصى ارتفاع وصل إليه البندول فوقَ المستوى الابتدائي له يساوي (h) وباعتبار تسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$) أُجيب عمّا يأتي:

أ . أيُّ مراحل حركة النظام المُكوّن من البندول والسهم يكون فيها الزخَمُ الخطيُّ محفوظًا؟

ب. أي مراحل حركة النظام تكون فيها الطاقة الميكانيكيّة محفوظةً؟

جـ. أحسبُ أقصى ارتفاع وصل اليه البندول.



أ) يكون الزخَم الخطيّ محفوظًا في التصادُم عديم المرونة بين السهم والبندول.

ب) تكون الطاقة الميكانيكيّة محفوظةً للسهم قبل التصادُم، كما تكونُ الطاقة الميكانيكيّة محفوظةً للبندول والسهم بدءًا من حركتهما معًا بعد التصادُم مباشرةً، وحتى وصولهما إلى أقصى ارتفاع، وذلك عند إهمال قوى الاحتكاك.(من B الى C).

ج)

$m_1 v_{1A} + 0 = (m_1 + m_2)\, v_B$

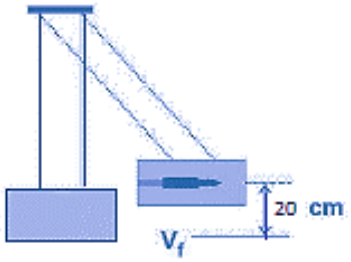
$0.03 \times 50 + 0 = (0.03 + 0.72) v_f \Rightarrow v_f = 2 m/s$

$v_f = \sqrt{2gh} \Rightarrow 2 = \sqrt{20h} \Rightarrow h = 0.2 m$

EXAMPLE 60

اطلقت رصاصة كتلتها (m) بسرعة 80m/s على كتلة خشبية كتلتها (1.95kg) معلقة كما في الشكل فكان اكبر ارتفاع رأسي وصلته المجموعة (20 cm) عن المستوى الأفقي احسب :

1) سرعة المجموعة بعد التصادم.
2) كتلة الرصاصة.
3) مقدار الطاقة الحركية المفقودة.



1) $v_f = \sqrt{2gh} \Rightarrow v_f = \sqrt{20 \times 20 \times 10^{-2}} \Rightarrow v_f = 2m/s$

2) $m_1 v_{1A} + 0 = (m_1 + m_2)v_B \Rightarrow m_1 \times 80 = (m_1 + 1.95) \times 2$

$m_1 = 50g$

3) $\Delta KE = \Sigma KE_f - \Sigma KE_i \Rightarrow \left(\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_f^2\right) - \left(\frac{1}{2}m_1 v_1^2\right)$

$\Delta KE = \frac{1}{2}(0.05 + 1.95)(2^2) - \frac{1}{2} \times 0.05 \times (80)^2$

$\Delta KE = -156J$

3-2 التصادم في بعدين Two –Dimensional Collision

إذا راقبت حركة كرات البلياردو أو حادث سير على مفترق طرق، لعلك لاحظت أن حركة الكرات أو السيارات قبل التصادم وكذلك بعده لم تكن على خط واحد، بل كانت تصنع زوايا بعضها مع بعض، أي التصادم في بعدين.

ما المقصود بالتصادم في بعدين؟

التصادم في بعدين: هو تصادم الأجسام بحيث لاتبقى فيه حركة الأجسام على نفس الخط قبل التصادم وبعده، وفيه يتحقق قانون حفظ الزخم في كلا الاتجاهين (السيني والصادي)، بينما حفظ الطاقة الحركية يعتمد على نوع التصادم إن كان مرناً، أو غير مرن، أو عديم المرونة.

$$\sum P_{ix} = \sum P_{fx}$$

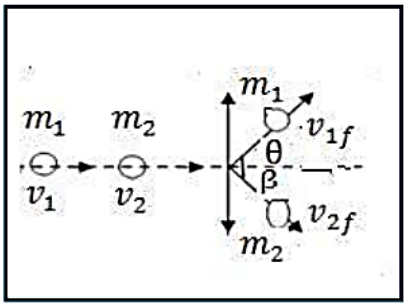
$$m_1 v_{1ix} + m_2 v_{2ix} = m_1 v_{1fx} + m_2 v_{2fx} \qquad (2\text{-}5)$$

$$m_1 v_{1ix} + m_2 v_{2ix} = m_1 v_{1f}\cos\theta + m_2 v_{2f}\cos\beta$$

$$\sum P_{yi} = \sum P_{yf}$$

$$m_1 v_{1iy} + m_2 v_{2iy} = m_1 v_{1fy} + m_2 v_{2fy} \qquad (2\text{-}6)$$

$$m_1 v_{1iy} + m_2 v_{2iy} = m_1 v_{1f}\sin\theta + m_2 v_{2f}\sin\beta$$



$$\sum K_i = \frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2$$

$$\sum K_f = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2$$

وفي حال التحم الجسمان بعد التصادم مباشرة:

$$\sum P_{xi} = \sum P_{xf}$$

$$m_1 v_{1ix} + m_2 v_{2ix} = (m_1 + m_2) v_{fx}$$

$$\sum P_{yi} = \sum P_{yf}$$

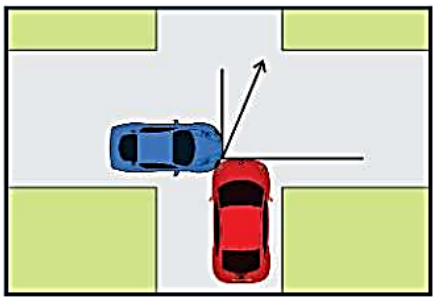
$$m_1 v_{1iy} + m_2 v_{2iy} = (m_1 + m_2) v_{fy}$$

حيث:

$$v_{fx} = v_f \cos\theta$$

$$v_{fy} = v_f \sin\theta$$

EXAMPLE



اصطدمت سيارة تتحرك نحو الشرق بسرعة 13 m/s بسيارة أخرى مماثلة لها في الكتلة تتحرك تجاه الشمال عند مفترق طرق فالتحمت السيارتان معاً، وتحرك الحطام تجاه زاوية 55° شمال الشرق. وعندما جاء شرطي المرور ادعى سائق السيارة الثانية المتجهة شمالاً أن سرعته لم تتجاوز 60 km/h، هل ما قاله هذا السائق يطابق ما توصل إليه الشرطي عند معاينة الحادث؟

الحل: _____

$$\sum P_{ix} = \sum P_{fx}$$

$$m_1 v_{1ix} + m_2 v_{2ix} = (m_1 + m_2) v_{fx}$$

$$m \times 13 \cos(0) + m v_2 \cos(90) = 2 m v_{fx}$$

$$13 + 0 = 2 v_f \cos(55)$$

$$v_f = 11.33 m/s$$

$$\sum P_{iy} = \sum P_{fy}$$

$$m_1 v_{1iy} + m_2 v_{2iy} = (m_1 + m_2) v_{fy}$$

$$m v_{1i} \sin(0) + m v_{2i} \sin(90) = 2 m v_{fy}$$

$$2 \times 11.33 \times \sin(55) = v_{2i}$$

$$2 v_{fy} = v_{2i} \sin(90)$$

$$v_{2i} = 18.56 m/s$$

سرعة السيارة الثانية قبل الاصطدام تساوي 66.8 km/h وهي لا تطابق ما ادعاه السائق.

سؤال: كرة كتلتها 3 kg تتحرك بسرعة 5 m/s نحو المحور السيني الموجب، فتصطدم بكرة أخرى كتلتها 2 kg متحركة بسرعة 3 m/s تجاه المحور الصادي السالب، إذا التحمتا معاً، جد مقدار واتجاه سرعتهما بعد الاصطدام مباشرة.

اختبار ذاتي(5)

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

2 m/s شرقًا. | 2 m/s غربًا. | 1 m/s شرقًا | 1 m/s غربًا

(2) يركض عمرٌ شرقًا بسرعة(4.0 m/s) ، ويقفز في عربةٍ كتلتُها (90.0 kg) تتحرك شرقًا بسرعة مقدارها .(1.5 m/s) إذا علمتُ أن كتلة عمر(60.0 kg) ؛ فما مقدارُ سرعة حركة عمرَ والعربةَ معًا؟ وما واتّجاهها؟

2.0 m/s شرقًا. | 5.5 m/s غربًا.
2.75 m/s شرقًا. | 2.5 m/s شرقًا.

أقرأ الفقرة الآتية، ثم أجيب عن الأسئلة (3 - 5) بافتراض الاتّجاه الموجب باتّجاه محور $+x$.
سيارةٌ رياضيةٌ كتلتُها (1.0×10^3 kg) تتحرّك شرقًا بسرعة ثابتة مقدارها(90.0 m/s) فتصطدم بشاحنةٍ كتلتُها (3.0×10^3 kg) تتحرّك في الاتّجاه نفسه. بعد التصادُم التحمتا معًا وتحركتا على المسار المستقيم نفسه قبل التصادُم بسرعةٍ مقدارها (25 m/s).

(3) ما الزخَم الخطيّ الكُلّي للسيارة والشاحنة بعد التصادُم بوحدة (Kg.m/s) :

-7.5×10^4 | 1.0×10^5 | 7.5×10^4 | -1.0×10^5

(4) ما الزخَم الخطيّ الكُلّي للسيارة والشاحنة قبل التصادُم بوحدة (Kg.m/s) :

-7.5×10^4 | 7.5×10^4 | 1.0×10^5 | -1.0×10^5

(5) ما السرعة المُتّجهة للشاحنة قبل التصادُم مباشرةً؟

- 25 m/s | 25 m/s | - 3.3 m/s | 3.3 m/s

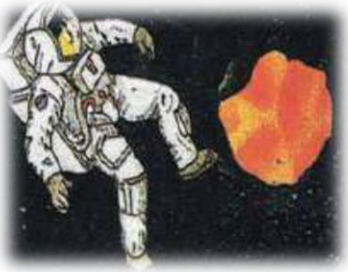
(6) تدافع صديقان في صالة تزلج بحيث تحركا في اتجاهين متعاكسين ، اذا كانت كتلة احدهما (55 kg) وتحرك بسرعة (3 m/s) وكتلة الأخر (50 kg) وتحرك بسرعة (3.3 m/s) ، ان التغير في الزخم للصديقين معا بوحدة (Kg.m/s) يساوي :

156 | 330 | 1050 | 0

(7) في الشـــكل المجـــاور (A,B,C) ثلاثة كرات متماثـــلة اذا تحركت الكرة (A) بسرعة مقدارها (6 m/s) نحو الكرتين (B,C) الساكنتين والمتلامستين فاصطدمت بالكرة (B) تصادما مرنا بإهمال قوة الإحتكاك فأنه بعد التصادم المباشر فإن :

- تسكن الكرتان (A) و (B) وتتحرك الكرة (C) بسرعة 6 m/s .
- تتحرك الكرتان (A) و (B) وتتحرك الكرة (C) بسرعة 6 m/s .
- تسكن الكرة (A) وتتحرك الكرتان(B) و (C) بسرعة 2 m/s .
- تتحرك الكرات الثلاث بسرعة مقدارها 2 m/s .

(8) اذا ركل رائد فضاء حجراً صغيراً في الفضاء الخارجي ، اي العبارات الأتية صحيحة:



- يتحرك رائد الفضاء والحجر بنفس السرعة ولكن باتجاهين متعاكسين .
- يتحرك رائد الفضاء والحجر بسرعتين مختلفتين مقدارا وبنفس الاتجاه .
- يتحرك رائد الفضاء بسرعة اقل من سرعة الحجر وبالاتجاه المعاكس .
- لايتحرك اي منهما .

(9) جسمان (A،B) لهما نفس الكتلة اذا كان زخم (A) مثلي زخم (B) فإن :

$KE_A = 2\ KE_B$ $KE_A = 4\ KE_B$ $KE_A = \frac{1}{2}\ KE_B$ $KE_A = \frac{1}{4}\ KE_B$

(10) تصادم جسم كتلته(m) وسرعته (v) تصادما عديم المرونة بجسم اخر ساكن مماثل له في الكتلة فأن الطاقة الحركية الضائعة تساوي:

$\frac{1}{2}mv^2$ $\frac{1}{4}mv^2$ $\frac{3}{4}mv^2$ mv^2

(11) في التصادم غير المرن تكون النسبة بين الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم الى الطاقة الحركية بعد التصادم:

أقل من واحد واحداً أكبر من واحد صفرا

(12) أي الكميات الفيزيائية تبقى محفوظة دائما في أي عملية تصادم في نظام معزول ؟

الطاقة الحركية الزخم الخطي الطاقة الميكانيكية السرعة

(13) أي العبارات الأتية ليست صحيحة لجميع انواع التصادمات في نظام معزول ؟

يكون احد الجسمان على الأقل متحركا .
الطاقة الحركية للنظام محفوظة.
قد لايتلامس الجسمان المتلامسان.
الزخم للنظام محفوظ .

(14) اصـــــطدم جسم (A) كتلته (m_1) وســـــرعته (v_1) بكرة كتلتها (m_2) وسرعتها (v_2)

بحيث ($v_2 < v_1$) ($m_2 > m_1$) تصادم عديم المرونة فإن التغير في الزخم :

يكون للجسم (A) اكبر منه للكرة .
يكون للكرة اكبر منه للجسم (A) .
متساوي في المقدار متعاكس في الإتجاه .
متساوِ لكل منهما مقدارا فقط .

(15) عندما يصطدم جسمان مختلفان في الكتلة فإن الدفع الذي يؤثر به كل جسم على الآخر:

متساو في المقدار ومتعاكس في الاتجاه لكل أنواع التصادمات .
متساو في المقدار ومتعاكس في الاتجاه للتصادمات المرنة فقط .
متساو في المقدار ومتعاكس في الاتجاه للتصادمات عديمة المرنة فقط .
غير متساو لكل أنواع التصادمات.

(16) كرتا بلياردو متماثلتان تتحركان في اتجاهين متعاكسين تصطدم الكرتين تصادما مرنا ، إذا كانت سرعة كل كرة قبل التصادم(2 m/s) فإن مقدار سرعة كل منهما بعد التصادم مباشرة :

1 m/s ، 1 m/s
2 m/s ، 2 m/s
1 m/s ، - 1 m/s
2 m/s ، - 2 m/s

(17) انفجر جسم كتلته(m) ويسير بسرعة مقدارها (v) إلى جزأين متساويين. فإذا كانت سرعة أحدهما ($0.5\ v$) فإن سرعة الآخر:

($1.5\ v$) بنفس الاتجاه
($1.5\ v$) بالاتجاه المعاكس
($0.5\ v$) بنفس الاتجاه
($0.5\ v$) بالاتجاه المعاكس

(18) تصطدم كرة كتلتها (5 kg) تسير بسرعة (2 m/s) باتجاه (+س) بكرة أخرى كتلتها (4 kg) تسير بسرعة (3 m/s) باتجاه(- س)، تصادما مرنا فإن مجموع الطاقة الحركية للكرتين بوحدة الجول بعد التصادم مباشرة يساوي :

18
28
60
11

9	8	7	6	5	4	3	2	1
18	17	16	15	14	13	12	11	10

9 امثلة اضافية على الوحدة

EXAMPLE 61

تتحرك سيارة كتلتها (1.20×10^3 kg) تتحرك بسرعة (15m/s) شرقا، فتصطدم بجدار وتتوقف تماما خلال فترة زمنية مقدارها (0.10 s) ، فاحسب ما يأتي :

أ . التغير في الزخم الخطي للسيارة .

ب. القوة المتوسطة التي يؤثر به الجدار في السيارة .

أ) $\Delta p = m\,\Delta v = m(v_f - v_i) = 1.20 \times 10^3\,(0 - 15) = -18 \times 10^3$ Kg.m/s

ب) $\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow \sum F = \frac{-18 \times 10^3}{0.1} \Rightarrow F = 18 \times 10^4 N$, س−

EXAMPLE 62

أثرت قوة محصلة مقدارها (1×10^3 N) في جسم ساكن كتلته (10 kg) وحركته باتجاهها فترة زمنية مقدارها (0.01 s) فاحسب مقدار ما يأتي :

أ . التغير في الزخم الخطي للجسم.

ب. السرعة النهائية للجسم.

أ) $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow 1 \times 10^3 = \frac{\Delta p}{0.01} \Rightarrow \Delta p = 10 kg.m/s$

ب) $\Delta p = m(v_2 - v_1) \Rightarrow 10 = 10(v_2 - 0) \Rightarrow v_2 = 1 m/s$, س +

EXAMPLE 63

عربتان (A وB)، تتحركان باتجاهين متعاكسين على مسار أفقي مستقيم أملس كما هو موضح بالشكل فتصدمان رأسا برأس وترتدان باتجاهين متعاكسين على المسار المستقيم نفسه. إذا علمت أن كتلة العربة (A) تساوي (30 kg) وسرعة العربتين بعد التصادم مباشرة : ($v_{Af}=-1.5$ m/s) و ($v_{Bf}=4$ m/s) ، فأجيب عما يأتي :

أ.أحسب مقدار كتلة العربة (B).

ب.أوضح هل التصادم مرن أم غير مرن؟

أ) $\Sigma p_i = \Sigma p_f$

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

$30 \times 4.5 + m_B \times (-3.2) = 30 \times (-1.5) + m_B \times 4 \Rightarrow m_B = 25$ Kg.

ب) $\Delta KE = \left[\frac{1}{2} m_A v_{Af}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bf}^2\right] - \left[\frac{1}{2} m_A v_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bi}^2\right]$

$\Delta KE = \left[\frac{1}{2} \times 30 \times (1.5)^2 + \frac{1}{2} \times 25 \times 16\right] - \left[\frac{1}{2} \times 30 \times (4.5)^2 + \frac{1}{2} \times 25 \times (3.2)^2\right]$

$\Delta KE = 233.75 - 431.75 \Rightarrow \Delta KE = -198$J

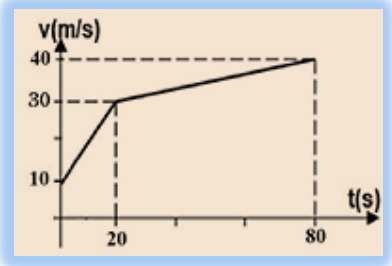
بما أن التغيُّر في الطاقة الحركية للنظام سالبٌ، فهذا يعني حدوثَ نقصٍ في الطاقة الحركيّة، والكرتان لم تلتحما بعد التصادُم؛ إذًا التصادُم غيرُ مرن.

EXAMPLE 64

يمثل الشكل المجاور العلاقة البيانية بين السرعة والزمن لحركة جسم كتلته (4 kg) احسب كلا من :

أ. الدفع المؤثر على الجسم خلال (80 s).

ب. متوسط قوة الدفع خلال (20 s).



أ)

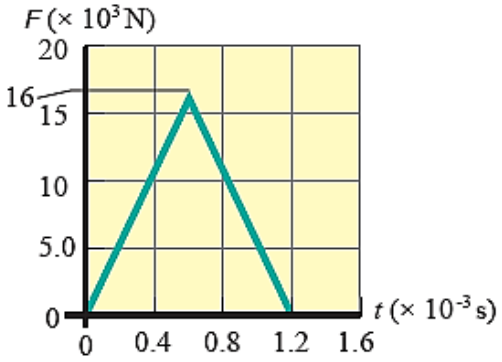
$I = \Delta p = m(v_f - v_i) = 4\ (40 - 10) = 120$ N.s

ب)

$\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow \sum F = \frac{4(30-10)}{20} \Rightarrow F = 4N$

EXAMPLE 65

يوضح الشكل المجاور منحنى (القوة ـ الزمن) للقوة المحصلة المؤثرة في كرة بيسبول كتلتها (150 g) في أثناء زمن تلامسها مع المضرب. استعين بهذا المنحنى والبيانات المثبتة فيه للإجابة عما يأتي بإهمال وزن الكرة :



أ. ما الذي يمثله الرقم (16) على محور القوة؟

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

جـ. احسب مقدار السرعة النهائية للكرة في نهاية الفترة الزمنية لتأثير القوة المحصلة فيها باعتبارها ساكنة لحظة بدء تأثير القوة المحصلة.

د. احسب مقدار القوة المتوسطة المؤثرة في الكرة خلال زمن تلامسها مع المضرب.

أ. يمثل أكبر مقدار للقوة المؤثرة في الكرة أثناء التصادم.

ب) الدفع يساوي مساحة المثلث :

$$I = \frac{1}{2} \times 1.2 \times 10^{-3} \times 16 \times 10^{3} \Rightarrow I = 9.6N$$

جـ) $\Delta p = m(v_f - v_i) \Rightarrow 9.6 = 0.15(v_f - 0) \Rightarrow v_f = 64m/s$

د) $I = F\Delta t \Rightarrow 9.6 = F \times 1.2 \times 10^{-3} \Rightarrow F = 8 \times 10^{3} m/s$

EXAMPLE 66

اصطدمت كرة كتلتها (m) تتحرك بسرعة (v) بكرة أخرى ساكنة كتلتها $(2m)$ تصادما عديم المرونة أثبت أن مقدارالطاقة الحركية المفقودة للنظام تعطى بالعلاقة:

$$\Delta KE = \frac{-1}{3} mv^2$$

$m_1 v_{1A} + 0 = (m_1 + m_2) v_B \Rightarrow mv + 0 = (m+2m) v_f \Rightarrow v = 3\, v_f$

$\Delta KE = KE_f - KE_i \Rightarrow \frac{1}{2} \times 3m(\frac{v}{3})^2 - \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow \Delta KE = -\frac{1}{3}mv^2$

EXAMPLE 67

اصطدمت كرة كتلتها (m) تتحرك بسرعة (v) حيث زخمها الخطي (p) بكرة أخرى ساكنة لها نفس الكتلة تصادما عديم المرونة أثبت أن مقدار الطاقة الحركية المفقودة للنظام تعطى بالعلاقة

$$\Delta KE = \frac{-p^2}{4m}$$

$m_1 v_{1A} + 0 = (m_1 + m_2)\, v_B \Rightarrow mv + 0 = (2m)v_f \Rightarrow v_f = \frac{v}{2}$

$$\Delta KE = KE_f - KE_i \Rightarrow \frac{1}{2} \times 2m \times (\frac{v}{2})^2 - \frac{1}{2} \times mv^2 \Rightarrow \Delta KE = -\frac{mv^2}{4}$$

$$\Delta KE = \frac{-p^2}{4m}$$

EXAMPLE 68

أطلقت رصاصة كتلتها (30 g) بسرعة (500 m/s) على قطعة خشبية ساكنة معلقة كبندول كتلته (0.75 kg) فاخترقتها، وخرجت منها بسرعة (100 m/s) احسب كل من :

أ.سرعة القطعة الخشبية بعد التصادم مباشرة .

ب.مقدار الطاقة الحركية المفقودة.

أ) $\Sigma pi = \Sigma pf$

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

$0.03 \times 500 + 0.75 \times 0 = 0.03 \times 100 + 0.75 \times v_{Bf} \Rightarrow v_{Bf} = 16 m/s$

$$\Delta KE = \left[\frac{1}{2} m_A v_{Af}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bf}^2\right] - \left[\frac{1}{2} m_A v_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bi}^2\right]$$

$$\Delta KE = \left(\frac{1}{2} \times 0.03 \times 100^2 + \frac{1}{2} \times 0.75 \times 256\right) - \left(\frac{1}{2} \times 0.03 \times 500^2 + 0\right)$$

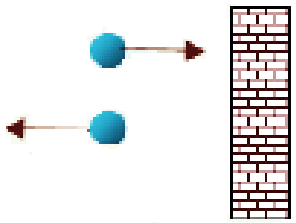
$$\Delta KE = -3504 J$$

EXAMPLE 69

تحرك جسم كتلته (4 kg) وطاقته الحركية (200 J) نحو حائط رأسي ، فاصطدمت به وارتدت عنه بربع طاقته الحركية ، احسب :

أ.التغير في الزخم الخطي للجسم

ب.متوسط قوة دفع الحائط للجسم خلال زمن مقداره (0.2 s)



$p_1 = \sqrt{2mKE} \Rightarrow p_1 = \sqrt{2 \times 200 \times 4} \Rightarrow p_1 = 40Kg.m/s$

$p_2 = \sqrt{2mKE} \Rightarrow p_2 = \sqrt{2 \times 4 \times 50} \Rightarrow p_2 = -20Kg.m/s$

$\Delta p = 20 - 40 \Rightarrow \Delta p = -60Kg.m/s \Rightarrow \Delta p = 60\ Kg.m/s, x -$

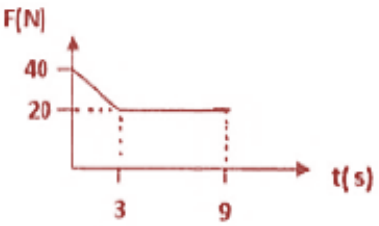
ب) $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{-60}{0.2} \Rightarrow F = -300N \Rightarrow F = 300N, x -$

EXAMPLE 70

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 المجاور ، جد :

أ.السرعة النهائية للجسم .

ب.متوسط القوة المؤثرة على الجسم خلال تلك الفترة الزمنية.



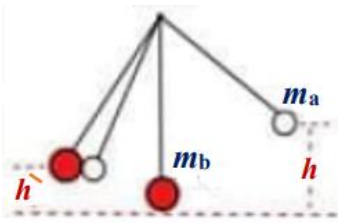
$\Delta p =$ المساحة $\Rightarrow \Delta p = \frac{1}{2}(40 + 20) \times 3 + 6 \times 20 \Rightarrow \Delta p = 210Kg.m/s$

$\Delta p = m(v_2 - v_1) \Rightarrow 210 = 3(v_2 - 5) \Rightarrow v_2 = 75m/s$

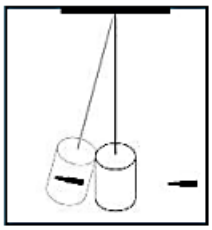
ب) $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{210}{9} \Rightarrow F = 23.3N$

امثلة غير محلولة

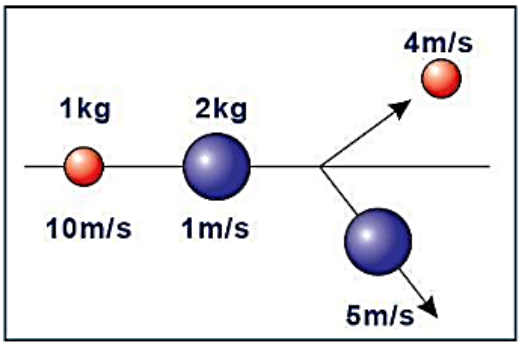
كرتان (a,b) **حيث** $(m_b=2m_a)$ **مربوطتان بخيطين متساويين في الطول سحبت الكرة** (a) **لارتفاع** (h) **ثم أفلتت لتتصادم مع الكرة** (b) **تصادما عديم المرونة إذا وصلت الكرتان لأقصى ارتفاع لهما بعد التصادم** $(\hat{h})$ **أثبت أن :** $\hat{h}=\frac{h}{9}$



س٦ : اصطدمت رصاصة كتلتها 20 g بقطعة خشبية معلقة كتلتها 980 g فاستقرت بها، وارتفعت المجموعة عن وضع الاتزان 10 cm، احسب سرعة الرصاصة قبل الاصطدام مباشرة .



س٧: جسمان لهما نفس الكتلة وبنفس مقدار السرعة يسيران بحيث يصنعان بينهما زاوية، اصطدما وكونا جسماً واحداً وتحركا بنصف مقدار سرعتهما الأصلية أوجد الزاوية بينهما قبل الاصطدام مباشرة.



س٨: كرة كتلتها 1 kg تتحرك بسرعة 10 m/s تصطدم بكرة أخرى كتلتها 2 kg، وتتحرك بسرعة 1 m/s في الاتجاه نفسه كما في الشكل، جد:

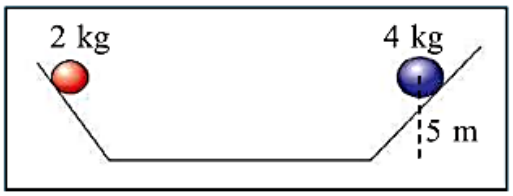
١- الزاوية بين اتجاه حركة الكرتين بعد التصادم مباشرة.

٢- نوع التصادم.

س٩: أطلقت رصاصة كتلتها 30 g بسرعة 500 m/s على قطعة خشبية ساكنة معلقة كبندول كتلته 0.75 kg فاخترقتها، وخرجت منها بسرعة 100 m/s، جدكلاً من:

١- سرعة القطعة الخشبية بعد الاصطدام مباشرة.

٢- مقدار الطاقة الحركية المفقودة.

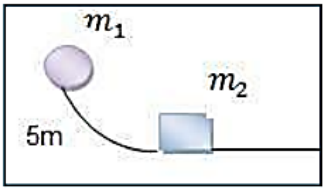


س١٠: في الشكل تنزلق الكتلتان 2 kg، 4 kg من السكون من ارتفاع 5 m على مستوى أملس إذا اصطدمتا تصادماً مرناً، جد:

١- سرعة كل من الكرتين قبل التصادم مباشرة.

٢- سرعة كل من الكرتين بعد التصادم مباشرة.

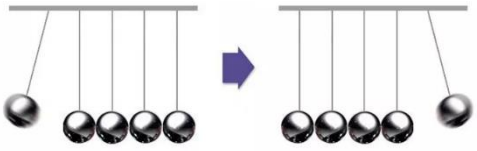
٣- أقصى ارتفاع تصل إليه كل من الكرتين بعد الاصطدام مباشرة.



س١١: تنزلق كتلة 5 kg من السكون من ارتفاع 5 m على مسار أملس، وعند أسفل المسار تصطدم اصطداماً مرناً بكرة أخرى ساكنة كتلتها 10 kg، جد أقصى ارتفاع تصل إليه الكتلة الأولى m_1 بعد الاصطدام مباشرة.

10 المادة النظرية

تظهر في الشكل المجاور لعبة شهيرة تسمى كرات نيوتن ؛ تتكون من كرات عدة فلزية متماثلة متراصة معلقة بخيوط خفيفة. عند سحب إحدى الكرات الفلزية الخارجية نحو الخارج ثم إفلاتها؛ فإنها تصطدم تصادما مرنا بالكرة التي كانت مجاورة لها، وبدلا من حركة هذه الكرة؛ ألاحظ أن الكرة الخارجية على الجانب الآخر من اللعبة تقفز في الهواء.

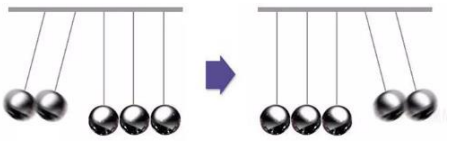


أ. أفسر ما الذي حدث.

1) عند سحب إحدى الكرات الفلزية الخارجية نحو الخارج تزداد طاقة الوضع.
2) عند افلات الكرة وقبل تصادمها بالكرة المجاورة لها تتحول طاقة الوضع إلى طاقة حركية وتمتلك الكرة زخما بسبب سرعتها.
3) حسب قانون حفظ الطاقة وقانون حفظ الزخم تنتقل الطاقة وينتقل الزخم من الكرة الاولى إلى الكرة الاخيرة عبر الكرات الوسطى مما يؤدي إلى قفز الكرة الخارجية في الهواء على الجانب الآخر من اللعبة.

ماذا سيحدث إذا سحبت كرتين من الجانب الأيسر جانبيا ثم إفلتهما معا ؟

ستقفز كرتين في الهواء من الجانب الأيمن من اللعبة.

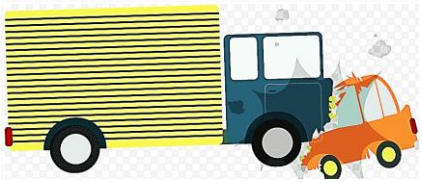


فيديو توضيحي

ما نوعا التصادم بحسب حفظ الطاقة الحركية؟ وما الفرق بينهما؟

التصادم المرن والتصادم غير المرن ، في التصادم المرن الطاقة الحركية للنظام محفوظة أما في التصادم غير المرن الطاقة الحركية للنظام غير محفوظة.

تتحرك شاحنة غربا بسرعة ثابتة؛ فتصطدم تصادما عديم المرونة مع سيارة صغيرة تتحرك شرقا بمقدار سرعة الشاحنة نفسه.



أجيب عن الأسئلة التالية :

أ.أيهما يكون مقدار التغير في زخمها الخطي أكبر : الشاحنة أم السيارة؟

من قانون حفظ الزخم الخطي يكون مقدار التغير في زخم الشاحنة مساويا لمقدار التغير في زخم السيارة.

ب.أيهما يكون مقدار التغير في طاقتها الحركية أكبر : الشاحنة أم السيارة؟

يكون مقدار التغير في الطاقة الحركية للشاحنة أكبر من مقدار التغير في الطاقة الحركية للسيارة.

اختبار شامل

(1) أي مما ياتي زخمه الخطي أكبر : قارب مثبت برصيف ميناء، أم قطرة ماء ساقطة؟

القارب. | قطرة الماء.

لهما الزخم الخطي نفسه | الجسمان لا يملكان زخما خطيا

(2) دراجة هوائية كتلتها (30 kg)، و مقدار زخمها الخطي (150 kg.m/s) إن مقدار سرعتها بوحدة (m/s) يساوي :

4500 | 15 | 5 | 45

(3) إذا تضاعف مقدار سرعة جسم مرتان؛ فإن مقدار طاقته الحركية :

لا يتغير. | يتضاعف مرتان.

يتضاعف أربع مرات. | يصبح نصف مقدار طاقته الحركية الابتدائية.

(4) كمية التحرك للنظام الذي يتكون من كرتين كتلة احدهما ضعف الأخرى وتسيران باتجاهين متعاكسين وبنفس السرعة تساوي:

mv | $2mv$ | $\frac{2}{3}mv$ | صفر

(5) متوسط القوة التي اذا أثرت على سيارة كتلتها (1000 kg) تسير بسرعة (25 m/s) فتؤدي الى خفضهاالى سرعة (5 m/s) في نفس الاتجاه في زمن قدره (20 s) تساوي بوحدة (N):

1000 | 1500 | 15000 | 10000

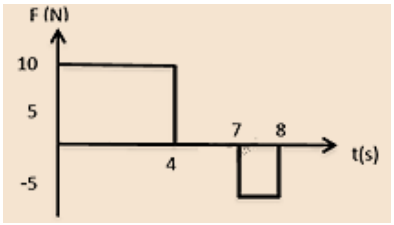
(6) تتحرك سيارة كتلتها (900kg) بسرعة مقدارها (v) اذا بلغت قوة المحرك(1050 N) خلال نصف دقيقة فأصبحت سرعة السيارة(55 m/s) ان السرعة الابتدائية للسيارة بوحدة (m/s) تساوي:

20 | 25 | 32 | 35

(7) اذا كانت كمية التحرك لجسم (16 kg.m/s) فكم تصبح كمية التحرك اذا أصبحت الطاقة الحركية له أربع أمثال ما كانت عليه:

4 kg.m/s | 16 kg.m/s | 32 kg.m/s | 64 kg.m/s

(8) يستقر جسم كتلته (5kg) 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 (6 m/s) :



2 — 3 — 5 — 8

(9) جسمان كتلة الأول نصف كتلة الثاني ولهما نفس الطاقة الحركية فان (p_1) تساوي :

$2\,p_2$ — $\sqrt{2}\,p_2$ — $\sqrt{\frac{1}{2}}\,p_2$ — $\frac{1}{2}\,p_2$

(10) جسم كتلته (4kg) يتحرك بسرعة (2 m/s)أثرت عليه قوة لمدة (4 s) فزاد زخمه بمقدار (40 N.s) فما مقدار القوة المؤثرة عليه بوحدة النيوتن ؟

8 — 10 — 16 — 26

(11) ما الصيغة التي تمثل القانون الثالث لنيوتن في التصادم بين جسمين ؟

$\Delta p = 0$ — $\Delta p_1 = -\Delta p_2$ — $p = 0$ — $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$

(12) قوتان(F_1 , F_2)تؤثران على جسم اذا كانت ($F_1 = 3F_2$) وينتج عنها كمية الدفع نفسها فإن زمن تأثير (F_1) يساوي:

ثلاثة أضعاف زمن تأثير (F_2) — ثلث من زمن تأثير (F_2)

زمن تأثير (F_2) — تسع اضعاف زمن تأثير (F_2)

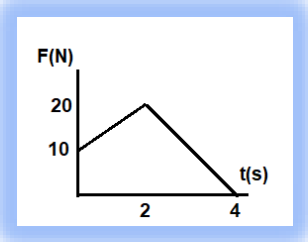
(13) جسمان (x،y) إذا كان للجسم (y) كتلة تساوي($\frac{1}{4}\,m_x$) وزخم يساوي ($\frac{1}{4}\,p_x$) فإن مقدار الطاقة الحركية للجسم (y) :

$16\,KE_x$ — $\frac{1}{64}\,KE_x$ — $\frac{1}{16}\,KE_x$ — $\frac{1}{4}\,KE_x$

(14) جسمان (a،b) إذا كانت كتلتيهما ($m_a = 4\,m_b$) ولهما نفس الطاقة الحركية فما النسبة بين زخمهما ($p_a : p_b$) :

2:1 — 1:2 — 4:1 — 1:4

(15) جسم كتلته (2 kg) يتحرك بسرعة (3 m/s) على سطح أفقي أملس أثرت عليه قوة متغيرة مثلت بيانيا مع الزمن كما في الشكل المجاور، ما مقدار الدفع الكلي المؤثرة عليه بوحدة (N.s) :



50 　 30 　 10 　 0

(16) إذا مثلت العلاقة بيانيا بين الزخم لجسم على المحور الصادي والزمن على المحور السيني ، ماذا يمثل ميل المنحنى ؟

الزخم 　 مقلوب الدفع 　 الطاقة الحركية 　 القوة

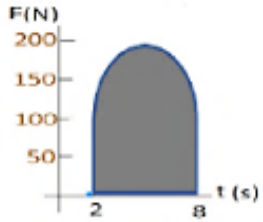
(17) يدور قمر صـــناعي حول الارض فإذا كانت كتلته (m) ومقدار سرعته (v) ثابت، فإن مقدار التغير في زخمه لدى اجتيازه نصـــف المدار حول الارض

mv 　 $2mv$ 　 $\frac{1}{2}mv$ 　 صفر

(18) قذيفة كتلتها (2 kg) انطلقت أفقيا بسرعة (200 m/s) من فوهة مدفع ساكن كتلته(500 kg) ، ما سرعة ارتداد المدفع بوحدة (m/s)؟

1.25 　 0.75 　 0.80 　 2.5

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



200 　 150 　 100 　 50

(20) 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):

0.05 　 5 　 20 　 200

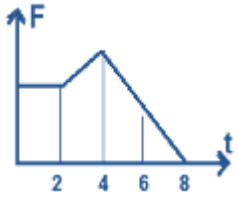
(21) جسمان (A ، B) لهما نفس الكتلة ، إذا كانت ($p_A = 3p_B$)، فإن KE_A تساوي :

$3\ KE_B$ 　 $9\ KE_B$ 　 KE_B 　 $\frac{1}{9}\ KE_B$

(22) جسمان (X ، Y) لهما نفس الكتلة ، إذا كانت ($KE_X = 9\ KE_Y$)، فإن p_X تساوي :

$3\ p_Y$ $\sqrt{3}\ p_Y$ $9\ p_Y$ $\frac{1}{3}\ p_Y$

(23) جسم ساكن على مستوى أفقي أملس، أثرت عليه قوة متغيرة باتجاه اليمين كما في الشكل المجاور عند أي زمن يمتلك الجسم أكبر سرعة ؟



2 s 4 s
6 s 8 s

(24) أي الكميات التالية تمثل المعدل الزمني للتغير في الزخم الخطي :

الدفع الشغل القوة التسارع

(25) في منحنى (الدفع – التغير في السرعة) ماذا يمثل ميل المنحنى ؟

القوة المؤثرة التسارع الزخم كتلة الجسم

(26) أي الكميات التالية لها نفس وحدة الدفع ؟

الزخم الخطي الطاقة الحركية الشغل القوة المؤثرة

(27) 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) ؟

2 3 4 8

(28) جسم كتلته (2 kg) يتحرك بسرعة (50 m/s) وآخر كتلته (4 kg) يسير بعكس اتجاه الأول بسرعة (25 m/s) فإذا تصادم الجسمان تصادما عديم المرونة فإن الطاقة الحركية الضائعة نتيجة التصادم بوحدة الجول تساوي :

0 1250 3750 5600

(29) جسم كتلته (5 kg) يتحرك بسرعة مقدارها (6 m/s)، اصطدم بجسم أخر ساكن فكونا جسما واحدا سرعته بعد التصادم(2 m/s)، فإن كتلة الجسم الثاني بعد التصادم بوحدة (kg) :

2.5 ، 5 ، 10 ، 20

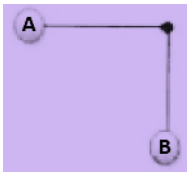
(30) يتحرك جسم كتلته (m) بسرعة (v) ، فما النسبة بين طاقته الحركية إلى زخمه $(\frac{KE}{p})$ ؟

$\frac{m}{2}$ ، $\frac{2}{m}$ ، $\frac{v}{2}$ ، $\frac{2}{v}$

(31) جسمان (A ، B) إذا كانت ($m_A = 0.5\ m_B$) ، وكانت ($KE_B = 8\ KE_A$) ، فما مقدار كمية التحرك (p_A) ؟

$0.25\ p_B$ ، p_B ، $4\ p_B$ ، $8\ p_B$

(32) كرتان (A و B) متماثلتان في الكتلة ومعلقتان بخيطين طول كل منهما (1 m) سحبت الكرة (A) حتى أصبح الخيط أفقيا ، وتركت لتسقط من السكون وتصطدم بالكرة (B) الساكنة عند أخفض نقطة تصادما مرن، ما الارتفاع الذي تصل اليه الكرتان معا بعد التصادم ؟



0.05 m ، 0.25 m ، 0.50 m ، 1 m

(33) عندما تتصادم كرتان إحداهما أكبر كتلة من الاخرى، فإن مقدار القوة التي تحدثه كل منهما على الاخرى تكون :

الكتلة الأكبر تحدث قوة أكبر .

الكتلة الاصغر تحدث قوة أكبر .

القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه .

تعتمد على مقدار سرعة الاجسام قبل التصادم.

(34) تصادم جسم كتلته (m) وسرعته (v) تصادما عديم المرونة بجسم اخر ساكن كتلته ثلاثة أضعاف كتلة الأول فأن الطاقة الحركية الضائعة نتيجة التصادم تساوي:

$\frac{1}{8}mv^2$ ، $\frac{1}{4}mv^2$ ، $\frac{3}{8}mv^2$ ، $\frac{1}{2}mv^2$

(35) أي العبارات التالية صحيحة بالنسبة للتصادم غير المرن :

التغير في زخم أحد الجسمين يكون أكبر من التغير في الزخم للجسم الآخر .

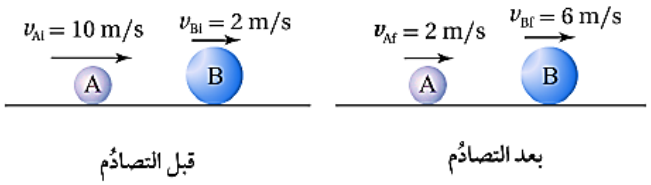
السرعة لأحد الجسمين قبل وبعد التصادم متساوية مقدارا ومتعاكسة اتجاها .

الدفع الذي يؤثر به أحد الجسمين المتصادمين على الجسم الأخر متساو في المقدار ومتعاكس في الاتجاه .

النسبة بين الطاقة الحركية لنظام قبل التصادم إلى الطاقة الحركية للنظام بعد التصادم تساوي واحد.

(36) تصادمت كرتان مختلفتان في الكتلة كما في الشكل المجاور النسبة بين $(m_A : m_B)$ تساوي:

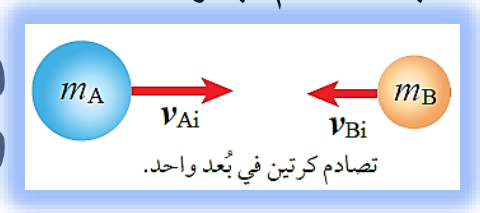
2:1 1:2 1:4 4:1



(37) كرة كتلتها وسرعتها اصطدمت بحائط ، وارتدت عنه بثلث سرعتها ، إن مقدارالطاقة الحركية التي تفقدها الكرة :

$\frac{4}{9}mv^2$ $\frac{1}{4}mv^2$ $\frac{3}{8}mv^2$ $\frac{1}{2}mv^2$

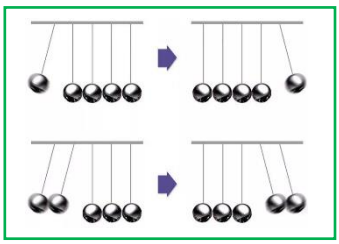
(38) ما الشرط اللازم توفره حتى يسكن الجسمان المبينان في الشكل بعد التصادم مباشرة؟



$m_A = m_B$ $p_A = p_B$

$v_A = v_B$ $KE_A = KE_B$

(39) في الشكل المجاور ما الذي يجعل عدد الكرات التي تنطلق بعد التصادم يساوي عدد الكرات المتحركة قبل التصادم ؟



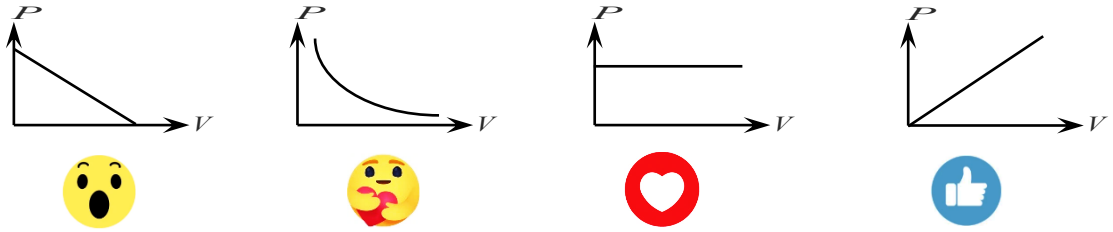
حفظ الزخم والتغير في الطاقة الحركية .

التغير في الزخم وحفظ الطاقة الحركية .

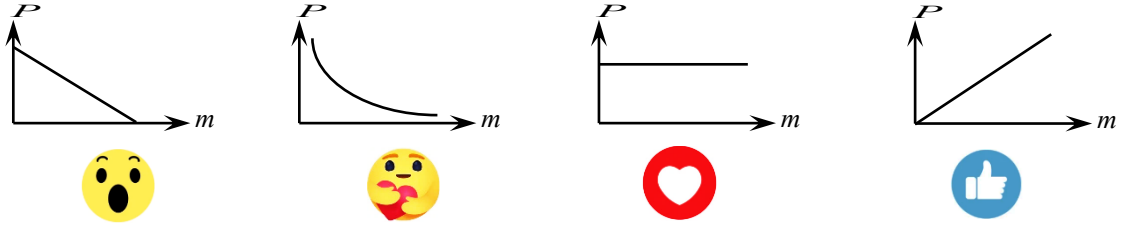
حفظ الزخم والطاقة الحركية معا .

التغير في الطاقة الميكانيكية.

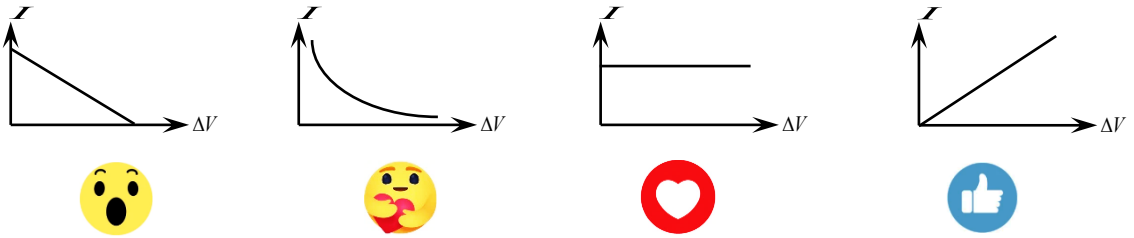
(40) أنسب خط بياني يوضح العلاقة بين سرعة الجسم و كمية حركته هو:



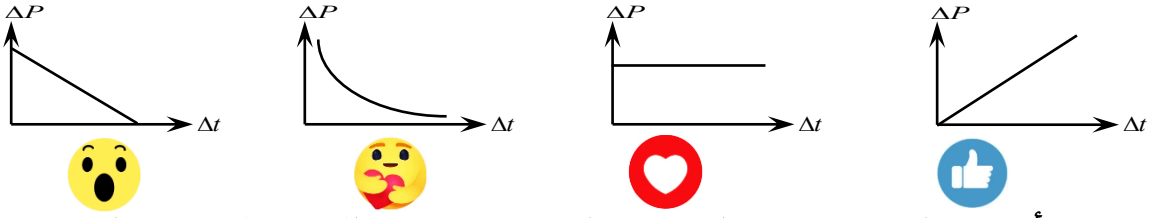
(41) أحد المنحنيات التالية يمثل العلاقة بين كمية تحرك أجسام مختلفة الكتلة و تتحرك بسرعة ثابتة:



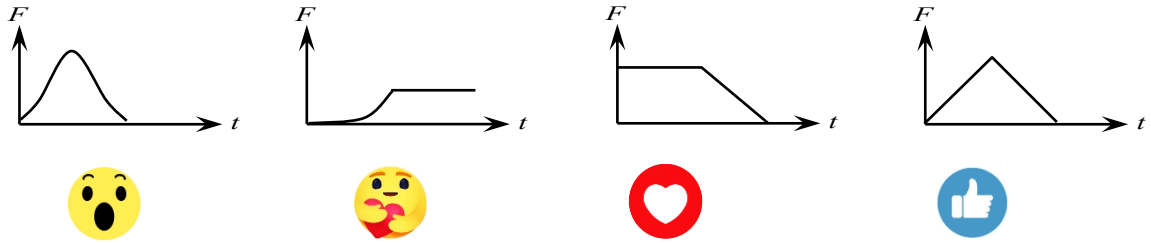
(42) أنسب خط بياني يوضح العلاقة بين الدفع و التغير في سرعة الجسم هو:



(43) أثرت قوة ثابتة على جسم فكان مقدار التغير في كمية الحركة ΔP خلال زمن Δt فأن أنسب خط بياني يمثل ذلك:



(44) أفضل خط بياني يعبر عن ركل لاعب لكرة بقدمه من لحظة ملامسة القدم للكرة حتى انفصالها:



11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12
33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23
44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34

11 امتحان الوحدة الأولى

ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيمايلي حيث عدد الأسئلة (10)

1) جسم كتلته 10kg يتحرك بسرعة 3m/s نحو X+ ، اذا اثرت عليه قوة مقدارها 30N نحو X+ اذا تغيرت السرعة بمقدار 24m/s فإن زمن تأثير القوة بوحدة S :

7 8 9 10

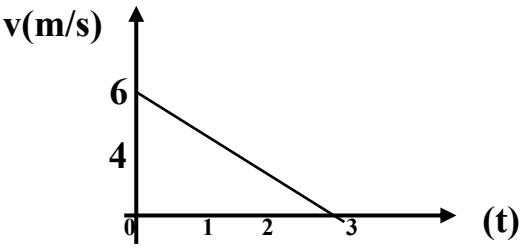
2) جسمان (A,B) اذا كانت ($m_B>m_A$) ، ($V_B<V_A$) اذا حدث بينهما تصادم عديم المرونة ، اي العبارات التالية صحيحة :

- التغير في زخم A < من التغير في زخم B
- التغير في زخم A > من التغير في زخم B
- التغير في زخم A = من التغير في زخم B
- زخم A قبل التصادم > من زخم B بعد التصادم

3) جسم كتلته m وسرعته v اذا قلت سرعته الى النصف فإن (P،KE) يصبح كل منهما على الترتيب:

$(\frac{P}{2}، \frac{KE}{2})$ $(\frac{P}{2}، 2KE)$ $(\frac{P}{2}، \frac{KE}{4})$ (2P،4KE)

4) في الشكل المجاور اذا تحرك جسم كتلته 3kg على محور X ، يكون مقدار القوة المحصلة على الجسم بوحدة (N) :



6 8 9 10

5) جسمان متماثلان لهما نفس الكتلة الأول متحرك بسرعة v والثاني ساكن اذا حدث بينهما تصادم عديم المرونة فإن نسبة ($KE_f : KE_i$) تساوي :

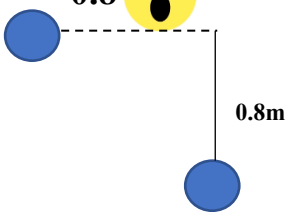
(1:4) (4:1) (1:2) (2:1)

6) رصاصة كتلتها 50g تصادمت مع مكعب ساكن كتلته 9.95kg تصادم عديم المرونة اذا كانت سرعة الرصاصة قبل التصادم 200 m/s فإن أقصى ارتفاع يصل اليه المكعب والرصاصة معاً بوحدة cm:

0.05 0.5 5 50

7) في الشكل المجاور كرتان لهما نفس الكتلة اذا سقطت الكرة الاولى من السكون من ارتفاع 0.8m لتصطدم مع الكرة الثانية تصادم مرن ، فإن اقصى ارتفاع تصل اليه الكرة الأولى بعد التصادم:

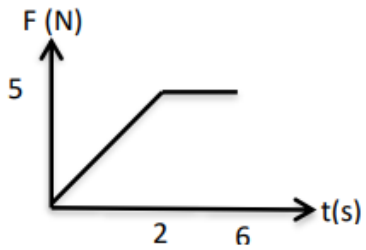
0 0.2 0.4 0.8



8) اذا كانت كمية التحرك لجسم تساوي ربع طاقته الحركية فإن سرعة الجسم بوحدة m/s :

4 8 16 64

9) في الشكل المجاور مقدار القوة المتوسطة المؤثرة على الجسم بوحدة N:



5 4.17 25 300

10) في الشكل بالأعلى السرعة النهائية للجسم اذا بدأ الحركة من السكون وكتلته 2Kg :

12.5 25 6 15

ملخص القوانين

اسم القانون	الصيغة
الزخم الخطي	P=mv
التغير في الزخم الخطي	$\Delta P=m\Delta v$ او Δmv أو $(p_2- p_1)$
الطاقة الحركية	$KE=\frac{1}{2}mv^2$ أو $KE=\frac{p^2}{2m}$ أو $KE=\frac{pv}{2}$
قانون نيوتن الثاني	F=ma او $F=\frac{\Delta p}{\Delta t}$
حفظ الزخم الخطي اذا كان التصادم عديم المرونة	$\sum p_i=\sum p_f$ $m_Av_{Ai}+m_Bv_{Bi}=m_Av_{Af}+m_Bv_{Bf}$ $m_Av_{Ai}+m_Bv_{Bi}=(m_A+m_B)v_f$
حفظ الطاقة الحركية	$\sum KE_i=\sum KE_f$ $\frac{1}{2}m_1v^2+\frac{1}{2}m_2v^2=\frac{1}{2}m_1v_f^2+\frac{1}{2}m_2v_f^2$
الطاقة الحركية الضائعة	$\Delta KE=\sum KE_f-\sum KE_i$

تم بحمد الله