

٧

الوحيدي في الفيزياء

الفرع العلمي
الفصل الثاني

الزخم الخطي والتصادمات

إعداد الأستاذ : جهاد الوحيدي

٠٧٩٧٨٤٠٢٣٩

الزخم الخطي والدفع



(١) عرف الزخم الخطي (كمية الحركة) (\vec{X})؟ هي الكمية المتجهة الناتجة عن حاصل ضرب كتلة الجسم في متجه سرعته .

$\vec{X} = m \vec{v}$ العلاقة بين السرعة والزخم هي خطية او طردية
وحيث ان الكتلة موجبة دائما فان اتجاه الزخم باتجاه السرعة دائما

(٢) اشتق العلاقة بين الزخم والدفع ؟

اذا اثرت قوة ثابتة (\vec{F}) بشكل مستمر على جسم كتلته (m) لمدة (Δt) فتغيرت سرعته من (v_1) الى (v_2) فانه باستخدام قانون نيوتن الثاني :



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

وبالضرب التبادلي وفك Δt ينتج :

$$\vec{F} \Delta t = m (\vec{v}_2 - \vec{v}_1)$$

$$\vec{F} \Delta t = m \vec{v}_2 - m \vec{v}_1$$

$$d = m \vec{v}_2 - m \vec{v}_1$$

$$d = \Delta \vec{X}$$

الدفع = $\vec{F} \Delta t = d = \Delta \vec{X}$ = المساحة تحت منحنى (القوة - الزمن)

$\frac{\Delta \vec{X}}{\Delta t} = \vec{F}$ وهذه الصيغة العامة لقانون نيوتن الثاني في الحركة الذي ينص على انه اذا اثرت قوة في جسم وتغير زخمه فان المعدل الزمني للتغير في الزخم الخطي = تلك القوة

ق : القوة المحصلة للدفع ، Δt : زمن التلامس بين الجسمين ، m : كتلة الجسم ، $\frac{\Delta \vec{X}}{\Delta t}$: المعدل الزمني للتغير في الزخم الخطي

تدريب : مثال صفحة ١٤٧ في الكتاب .

(٣) كرة كتلتها (٠,١٥ كغ) قذفت راسيا لاعلى بسرعة (٣٠ م/ث) وبعد ثائيتين اصبحت (١٠ م/ث) احسب :

١. زخم الكرة بعد ثائيتين ؟
٢. القوة المؤثرة في الكرة ؟
٣. وزن الكرة ؟

(أ) $\vec{X} = m \vec{v} = 0,15 \times 10 = 1,5 \text{ كغ.م/ث}$

(ب) $\vec{F} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = 0,15 \times \frac{10 - 30}{2} = -10 \text{ نيوتن}$ ، (والإشارة السالبة تدل على أن القوة المؤثرة معاكسة لاتجاه الحركة).

(ج) $W = m \cdot g = 0,15 \times 10 = 1,5 \text{ نيوتن}$. (وزن الجسم باتجاه مركز الأرض دائماً)، وبمقارنة إجابة هذا الفرع بإجابة الفرع السابق نتوصل إلى إن القوة الوحيدة المؤثرة في الجسم الساقط في مجال الجاذبية الأرضية هي وزنه - في حال إهمال قوة الاحتكاك.

٤) قوة مقدارها (٢٥ نيوتن) تؤثر في جسم ساكن كتلته (١٠ كغ) بالاتجاه السيني الموجب ، وتؤثر قوة أخرى (١٣,٥ نيوتن) بالاتجاه السيني السالب احسب :

١. المعدل الزمني لتغير زخم الجسم ؟
 ٢. سرعة الجسم في نهاية (١,٨٥ ث) ؟
- (أ) من المعادلة نجد أن $ق = \frac{\Delta}{\Delta t}$ ، الأمر الذي يعني أن المعدل الزمني لتغير الزخم هو محصلة القوى المؤثرة في الجسم
 $\Leftarrow ق = ٢٥ - ١٣,٥ = ١١,٥$ نيوتن بالاتجاه السيني الموجب.
 (ب) $\Delta x = ق \times \Delta t = ١١,٥ \times ١,٨٥ = ٢١,٢٧٥$ م
 $٢١,٢٧٥ = ١٠ \times ٢,١٣$ م/ث

٥) ركل لاعب كرة قدم بمتوسط قوة مقدارها (٦٦,٨ نيوتن) واستمر ذلك (٠,١٨٥ ث) احسب :

١. الدفع الذي تلقته الكرة ؟
٢. التغير في زخم الكرة ؟
٣. اذا كانت كتلة الكرة (٢٥٠ غ) فما مقدار السرعة التي ستنتقل بها بعد ركلها ؟

(أ) $د = ق \times \Delta t = ٦٦,٨ \times ٠,١٨٥ = ١٢,٣٥٨$ نيوتن. ثانية.
 (ب) $\Delta x = د = ١٢,٣٥٨$ نيوتن. ثانية.
 (ج) $\Delta x = ق \times \Delta t = ١٢,٣٥٨ = ٠,٢٥ \times (٢٥٠ - صفر)$
 $\Leftarrow ٢٥٠ = \frac{١٢,٣٥٨}{٠,٢٥} = ٤٩,٤٣٢$ م/ث.

٦) مطرقة كتلتها (١٠ كغ) اصطدمت بمسمار بسرعة (١٢,٥ م/ث) وسكنت خلال (٠,٠٠٤ ث) احسب ما يلي :

١. الدفع الذي تلقاه المسمار ؟
٢. متوسط القوة المؤثرة فيه ؟

(أ) $\Delta x = ق \times \Delta t = ١٢,٥ \times ٠,٠٠٤ = ١,٢٥$ م
 صفر - $١,٢٥ = ١٢,٥ \times ٠,٠٠٤$ م/ث.
 $\Delta x = ق \times \Delta t = ١,٢٥ = ق \times ٠,٠٠٤$ م/ث.
 (ب) $د = ق \times \Delta t = ١,٢٥$ م/ث.

$١,٢٥ = ق \times ٠,٠٠٤$ م/ث ، والإشارة السالبة تدل على أن القوة المؤثرة في المطرقة باتجاه معاكس لاتجاه القوة التي أثرت فيها في المسمار .

حل اسئلة الكتاب : سؤال (١) كامل ، سؤال (٣ ، ٤ ، ١٠) صفحة ١٦٤ - ١٦٥

٧) اصطدمت كرة كتلتها (٠,١ كغ) بجدار بسرعة (٥ م/ث) وارتدت بسرعة (٣ م/ث) واستمر التلامس بين الكرة والجدار لمدة (٠,٠٠١ ث) اوجد :

١. زخم الكرة قبل التصادم مباشرة ؟
٢. زخم الكرة بعد التصادم مباشرة ؟
٣. التغير في زخم الكرة ؟
٤. دفع الجدار على الكرة ؟
٥. القوة المحصلة المؤثرة على الكرة اثناء التلامس ؟

التصادمات

٨) اذكر نص قانون حفظ الزخم الخطى ؟

وبالرموز :

$$\vec{K}_1 + \vec{K}_2 = \vec{K}_1' + \vec{K}_2'$$

٩) ما هي انواع التصادمات ؟ (تشترك جميعها بان الزخم محفوظ)
١. التصادم تام المرونة : وفيه لا تلتحم الاجسام معا بل تبقى منفصلة ويتميز بحفظ الطاقة الحركية وحفظ الزخم ومن امثلته

$$\vec{K}_1 + \vec{K}_2 = \vec{K}_1' + \vec{K}_2' \quad \text{و} \quad \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}mv_1'^2 + \frac{1}{2}mv_2'^2$$

٢. التصادم غير المرن : وفيه لا تلتحم الاجسام معا بل تبقى منفصلة ويكون التصادم مصحوبا بنقص في الطاقة الحركية وحفظ الزخم ومن امثلته : تصادم كرات البلياردو ومعظم التصادمات في الحياة .

$$\vec{K}_1 + \vec{K}_2 = \vec{K}_1' + \vec{K}_2' \quad \Delta \neq 0 \quad \text{و} \quad \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 \neq \frac{1}{2}mv_1'^2 + \frac{1}{2}mv_2'^2$$

٣. التصادم عديم المرونة (وهو نوع من التصادم غير المرن) : وفيه تلتحم الاجسام معا ويكون التصادم مصحوبا بنقص في الطاقة الحركية ويحفظ الزخم

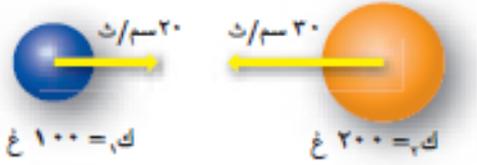
$$\vec{K}_1 + \vec{K}_2 = \vec{K}_1' + \vec{K}_2' \quad \Delta = 0 \quad \text{و} \quad \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 \neq \frac{1}{2}mv_1'^2 + \frac{1}{2}mv_2'^2$$

١٠) قارن بين انواع التصادمات بين الاجسام في الجدول المجاور ؟

غير مرن	عديم المرونة	تام المرونة	
لا	نعم	لا	الالتحام
محفوظ $\vec{K} = \vec{K}'$	محفوظ $\vec{K} = \vec{K}'$	محفوظ $\vec{K} = \vec{K}'$	الزخم
لا $\Delta \neq 0$	لا $\Delta \neq 0$	محفوظة $\vec{K} = \vec{K}'$	حفظ الطاقة الحركية
معظم التصادمات	رصاصة مع هدف	الغاز المثالى	امثلة

١١) كرة كتلتها (٢) كغ تتحرك بسرعة (٢٠) م/ث تلحق بها كرة كتلتها (١) كغ بسرعة (٥٠) م/ث ، اذا استمرت الكرة الاولى حركتها بنفس الاتجاه عند التصادم بسرعة (٢٥) م/ث . احسب مقدار واتجاه سرعة الكرة الثانية بعد التصادم ؟

١٢) تتحرك كرتان كما في الشكل ، اذا اصطدمت الكرتان تصادما تام المرونة فاحسب سرعة كل منهما بعد التصادم ؟



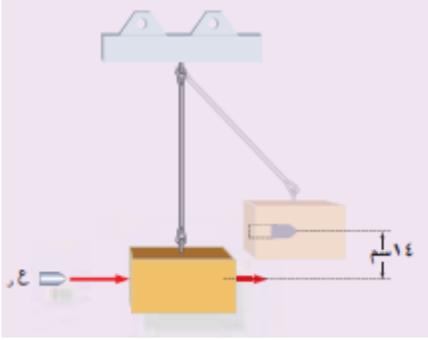
١٣) تتحرك عربة قطار كتلتها (١,٧٥ × ١٠^٤ كغ) بسرعة (٨ م/ث) فتصطدم بعربة ساكنة كتلتها (٢,٢٥ × ١٠^٤ كغ) وتتحركان معا بالاتجاه نفسه احسب :

١. سرعة المجموعة بعد التصادم ؟
٢. التغير في الطاقة الحركية للنظام ؟

١٤) عربة سكة حديد كتلتها (١٢٠٠٠ كغ) تسير بسرعة (١٠ م/ث) ، اصطدمت والتحمت مع عربة اخرى كتلتها (٦٠٠٠ كغ) تتحرك باتجاهها بسرعة (٢ م/ث) .

١. فكم يكون مقدار السرعة المشتركة لهما ؟
٢. احسب الطاقة الحركية المفقودة للنظام نتيجة الالتحام ؟

١٥) اطلقت رصاصة كتلتها (٢٥ غ) على بندول قذفي ساكن كتلته (٥ كغ) كما في الشكل . فارتفع مسافة (١٤ سم) ما مقدار سرعة الرصاصة؟



بتطبيق قانون حفظ الزخم الخطي:

$$ك٢ ع٢ + ك١ ع١ = (ك٢ + ك١) ع$$

$$٠,٢٥ \times ٠,٢٥ + ٥ \times ٠ = (٠,٢٥ + ٥) ع \dots\dots\dots (١)$$

وبتطبيق قانون حفظ الطاقة الميكانيكية بعد التصادم وحركة المجموعة معاً

$$\frac{1}{2} (ك٢ + ك١) ع'^2 + م ط = \frac{1}{2} (ك٢ + ك١) ع^2$$

$$\frac{1}{2} \times ٠,٢٥ \times ٥ \times ٠,٢٥ = \frac{1}{2} \times ٠,٢٥ \times ٥ \times ع'^2$$

$$٧,٠٣٥ = ٢,٥١٢٥ ع'^2$$

$$ع'^2 = ٢,٨$$

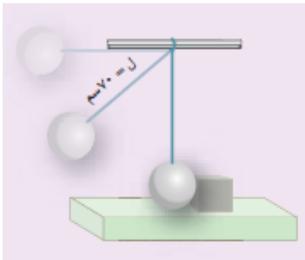
$$ع' = ١,٦٧ م/ث$$

بتعويض قيمة ع في المعادلة (١) ينتج أن:

$$٨,٣٩ = ١,٦٧ \times (٠,٢٥ + ٥) = ٠,٢٥ \times ع$$

$$ع = ٣٣٥,٦ م/ث$$

١٦) كرة من فولاذ كتلتها (٥ كغ) مربوطة بحبل طوله (٧٠ سم) مثبت على نحو رأسي كما في الشكل . رفعت الكرة بحيث أصبح الحبل أفقياً ثم تركت لتتحرك على نحو حر بحيث تصطدم بمكعب فولاذ كتلته (٢,٥ كغ) ساكن على سطح املس . احسب سرعة الكرة وسرعة المكعب مباشرة بعد التصادم علماً بان التصادم بين الكرة والمكعب تصادم تام المرنة؟



(طح + طو) أقصى ارتفاع = (طح + طو) قبل التصادم مباشرة

(طو) أقصى ارتفاع = (طح) قبل التصادم مباشرة

$$٠,٧ \times ١٠ \times ٥ = \frac{1}{2} \times ٥ \times ع^2 \Rightarrow ع^2 = ١٤ \Rightarrow ع = ٣,٧٤ م/ث$$

وبتطبيق قانون حفظ الزخم الخطي باعتبار التصادم تام المرنة فإن:

$$ك الكرة ع الكرة + ك المكعب ع المكعب = ك الكرة ع' الكرة + ك المكعب ع' المكعب$$

$$٥ \times ٣,٧٤ + ٠ = ٥ ع' الكرة + ٢,٥ ع' المكعب$$

$$١٨,٧ = ٥ ع' الكرة + ٢,٥ ع' المكعب \dots\dots\dots (١)$$

وبتطبيق قانون حفظ الطاقة الحركية فإن:

$$\frac{1}{2} ك الكرة ع^2 + \frac{1}{2} ك المكعب ع^2 = \frac{1}{2} ك الكرة ع'^2 + \frac{1}{2} ك المكعب ع'^2$$

$$\frac{1}{2} \times ٥ \times ٣,٧٤^2 + \frac{1}{2} \times ٢,٥ \times ٠ = \frac{1}{2} \times ٥ ع'^2 + \frac{1}{2} \times ٢,٥ ع'^2$$

$$٣٥ = ٢,٥ ع' الكرة + ١,٢٥ ع' المكعب \dots\dots\dots (٢)$$

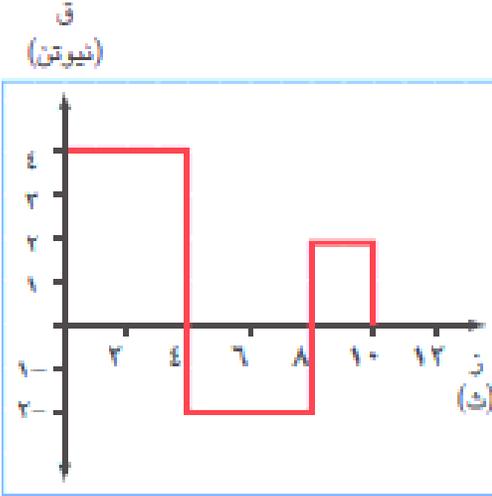
وبحل المعادلتين:

$$ع' الكرة = \left(\frac{٢ ك٢ - ١ ك١}{١ ك١ + ٢ ك٢} \right) ع الكرة + \left(\frac{٢ ك١ - ١ ك٢}{١ ك١ + ٢ ك٢} \right) ع المكعب = ١,٢٤٦٦ م/ث$$

$$ع' المكعب = \left(\frac{٢ ك١ - ١ ك٢}{١ ك١ + ٢ ك٢} \right) ع الكرة - \left(\frac{٢ ك٢ - ١ ك١}{١ ك١ + ٢ ك٢} \right) ع المكعب$$

$$ع' المكعب = ٤,٩٨٦٦ م/ث$$

- ١٧) اثرت قوة متغيرة كما في الشكل في جسم ساكن كتلته (٤ كغ) احسب معتمدا على الرسم احسب :
١. سرعة الجسم في نهاية الثانية الرابعة ؟
 ٢. دفع القوة بعد (٨ ث) ؟
 ٣. دفع القوة الكلي ؟
 ٤. الطاقة الحركية للجسم عند نهاية المدة الزمنية ؟



ك = ٤ كغ، ع = صفرًا.

أ) الدفع = $\Delta x =$ المساحة تحت منحنى (القوة - الزمن).

ك ع - ٢ ع = صفر = $4 \times 4 = 16$

$\Leftarrow 2ع = \frac{16}{2} = 8$ م/ث.

ب) الدفع = $(8-10) \times 2 = -4$ نيوتن. ثانية.

ج) $16 = 8 - 4 + 16 = 12$ نيوتن. ثانية.

د) الدفع الكلي = ك ع = ٢ ع

$2ع = 12$

$\Leftarrow 2ع = 6$ م/ث

\therefore ط ح = $\frac{1}{2} ك ع^2$

$9 \times 4 \times \frac{1}{2} =$

18 جول.

١٨) بندقية كتلتها (١٠ كغ) تطلق رصاصة كتلتها (٥٠٠ غ) بسرعة (٣٠٠ م/ث). ما مقدار سرعة ارتداد البندقية ؟

- ١٩) عربة تحمل قذيفة ومدفع مثبت عليها تماما، اذا كانت كتلة العربة (٥٠٠ كغ) وكتلة المدفع (٢٠٠ كغ) وكتلة القذيفة (٥ كغ) واطلقت القذيفة بسرعة (١٠٠ م/ث). احسب سرعة ارتداد المدفع والعربة اذا كانت العربة :
١. ساكنة
 ٢. تتحرك بسرعة ٢٠ م/ث ؟

واجب : حل اسئلة الكتاب ؛ (٥ - ٩)