



مدونة المناهج السعودية

<https://eduschool40.blog>

الموقع التعليمي لجميع المراحل الدراسية

في المملكة العربية السعودية

## الوحدة الأولى

### كمية التحرك والمقذوفات

## Momentum and Projectiles

أي جسم يتحرك في خط مستقيم يقال: إنه يتحرك حركة خطية وأي جسم متحرك كتلته (ك) وسرعته (ع) فهناك علاقة تربط بين كتلته وسرعته تسمى كمية التحرك الخطي.

### كمية التحرك الخطي:

فيزيائية تساوي حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته.

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

### الوحدة العملية:

(١) كجم. م/ث  
وكمية التحرك كمية متجهة واتجاهها هو اتجاه سرعة الجسم المتحرك.  
(٢) جم. سم/ث

### قانون (مبدأ): حفظ كمية التحرك الخطي.

كمية التحرك الكلية للأجسام المتصادمة قبل التصادم تساوي كمية التحرك الكلية لها بعد التصادم.

$$p_{\text{قبل التصادم}} = p_{\text{بعد التصادم}}$$

### العوامل التي تتوقف عليها كمية التحرك:

- (١) كتلة الجسم (ك). حيث كت  $\alpha$  ك أي تتناسب طردياً مع الكتلة.
- (٢) سرعة الجسم (ع). حيث كت  $\alpha$  ع أي تتناسب طردياً مع السرعة.
- (٣) كمية تحرك سيارة أكبر من كمية تحرك لعبة على هيئة سيارة تتحرك بنفس السرعة. لكبر كتلتها فتزداد كمية تحركها.
- (٤) نبذل شغل أكبر لتحريك سيارة نقل كبيرة بنفس سرعة سيارة صغيرة. لكبر كتلتها فنقل سرعتها فيلزم بذل شغل أكبر لزيادة سرعتها.
- (٥) تأثير رصاصة منطلقة من مسدس أكبر من الاختراق فما لو كانت منطلقة باليد. لزيادة سرعتها فتزداد كمية تحركها ويزداد الاختراق.

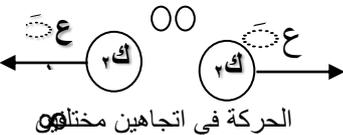
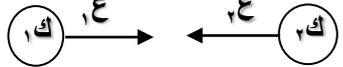
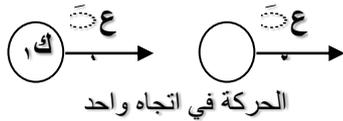
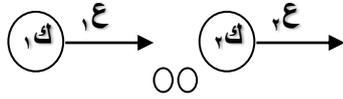
### مثال (١):

احسب كمية تحرك جسم كتلته ٤٠٠ جرام يتحرك بسرعة ٥ م/ث.  
الإجابة النموذجية

$$p = m \times v = 0.4 \text{ كجم} \times 5 \text{ م/ث} = 2 \text{ كجم. م/ث}$$

كمية التحرك مقدار ثابت للجسم طالما بقت الكتلة والسرعة ثابتتين وتنتقل من جسم لآخر عند حدوث تصادم بينهما.

### أنواع التصادمات:



إلى تصادم مرن - تصادم غير مرن.  
إلى تصادم في بعد واحد - تصادم في بعدين.

تنقسم حسب:

(١) المرونة:

(٢) الأبعاد (الاتجاهات):

### أولاً: التصادم حسب المرونة

#### (١) التصادم المرن:

هو التصادم الذي تكون فيه مجموع الطاقة الحركية للأجسام المتصادمة قبل التصادم مساوية لمجموع الطاقة الحركية لها بعد التصادم.  
أي طاح قبل التصادم = طاح بعد التصادم.

وبتطبيق قانون حفظ كمية التحرك على التصادم:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

حيث  $v_1, v_2$  سرعة الجسم الأول والثاني قبل التصادم.  
 $v_1', v_2'$  سرعة الجسم الأول والثاني بعد التصادم.

مثال توضيحي للتصادم

تصادم جزيئات غاز - تصادم كرتي بلياردو - سقوط كرة على الرخام..

### مثال توضيحي

يتحرك جسمان كتلتاهما ٤ ، ٨ كجم على خط مستقيم بسرعة ١٠ م/ث، ٦ م/ث، على الترتيب فإذا تصادما وأصبحت سرعة الجسم الصغير بعد التصادم ٤ م/ث في نفس اتجاهه السابق عين سرعة الجسم الكبير، واتجاهه بعد التصادم في الحالتين:  
 (١) الجسمان كانا يتحركا في اتجاه واحد (الأول يلحق بالثاني).  
 (٢) الجسمان كانا يتحركا في اتجاهين مختلفين.

### الإجابة النموذجية

[١] الحركة في اتجاه واحد

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$4 \times 10 + 8 \times 6 = 4 \times 8 + 8 \times v_2'$$

$$40 + 48 = 32 + 8v_2'$$

$$8v_2' = 40 + 48 - 32 = 56$$

$$v_2' = \frac{56}{8} = 7 \text{ م/ث}$$

∴ يتحرك الجسم في نفس اتجاهه السابق (لأن إشارة السرعة موجبة كما كانت قبل التصادم)

[٢] الحركة في اتجاهين متضادين:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$4 \times 10 + 8 \times (-6) = 4 \times 8 + 8 \times v_2'$$

$$40 - 48 = 32 + 8v_2'$$

$$-8 = 32 + 8v_2'$$

$$8v_2' = -8 - 32 = -40$$

$$v_2' = \frac{-40}{8} = -5 \text{ م/ث}$$

∴ يتحرك الجسم في نفس اتجاهه السابق.

### مثال توضيحي

يتحرك جسم كتلته ٨٠ جرام بسرعة ١٠ سم/ث فاصطدم بجسم آخر كتلته ٥٠ جم متحرك بسرعة ١٠ سم/ث في خط مستقيم في الاتجاه المضاد فإذا ارتد الجسم الثاني بسرعة ٨ سم/ث. عين سرعة الأول واتجاهه بعد التصادم.

### الإجابة النموذجية

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$80 \times 10 + 50 \times (-10) = 80 \times v_1' + 50 \times 8$$

$$800 - 500 = 80v_1' + 400$$

$$300 = 80v_1' + 400$$

$$80v_1' = 300 - 400 = -100$$

$$v_1' = \frac{-100}{80} = -1.25 \text{ سم/ث}$$

يتحرك الجسم عكس اتجاهه السابق (إشارة السرعة سالبة عكس إشارتها قبل التصادم)

### (٢) التصادم غير المرن:

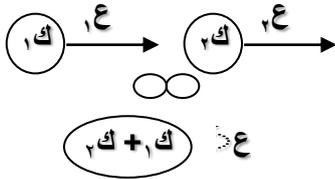
هو التصادم الذي تكون فيه الطاقة الحركية للأجسام المتصادمة بعد التصادم أقل من طاقتها الحركية قبل التصادم.

أي طاح بعد التصادم > طاح قبل التصادم

**مثال للتصادم:**

- (١) تصادم سيارتين / تصادم رصاصة مع هدف/ سقوط كرة زجاج على الأرض. شرط تساوي طاقتي الحركة قبل وبعد التصادم لا يحدث إلا في حالة واحدة فقط هي: تصادم جسيمات النواة (البروتون والنيوترون) ولذلك يسمى تصادم تام المرونة.
- (٢) بناءً عليه أي تصادم يفقد طاقة حركية في صورة صوت- ضوء - حرارة - شغل يبذل في نشوة الجسمين.
- (٣) إذا كان مقدار الفقد في الطاقة صغير يسمى تصادم مرن، أما إذا كان مقدار الفقد في الطاقة كبير يسمى تصادم غير مرن.
- (٤) لا يوجد في الحياة تصادم عديم المرونة أي يفقد كل الطاقة الحركية بعد التصادم.

## س/ ولكن كيف نفرق في المسائل بين التصادم المرن - غير المرن؟



إذا ذكر تصادم جسمان ثم: كونا جسماً واحداً. أو التهما. .: التصادم غير مرن أو التصاقاً.

وكما بالشكل المقابل.

بتطبيق قانون حفظ كمية التحرك على التصادم:

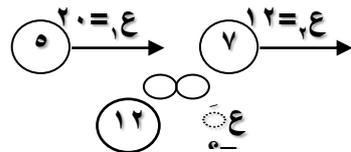
$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

### مثال توضيحي

يتحرك جسمان كتلتاهما ٥ كجم، ٧ كجم بسرعة ٢٠ م/ث، ١٢ م/ث على الترتيب فإذا تصادما وكونا جسماً واحداً. عين سرعة الجسم واتجاهه بعد التصادم في الحالتين:  
 (١) الجسمان كانا يتحركان في اتجاه واحد.  
 (٢) الجسمان كانا يتحركان في اتجاهين متضادين.

### الإجابة النموذجية

#### [١] الحركة في اتجاه واحد:

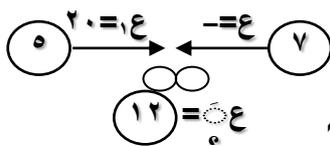


$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = (m_1 + m_2) v$$

$$5 \times 20 + 7 \times 12 = (5 + 7) v \Rightarrow 100 + 84 = 12v$$

$$184 = 12v \Rightarrow v = \frac{184}{12} = 15.3 \text{ م/ث في نفس اتجاههم.}$$

#### [٢] الحركة في اتجاهين متضادين:



$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = (m_1 + m_2) v$$

$$5 \times 20 + 7 \times (-12) = (5 + 7) v \Rightarrow 100 - 84 = 12v$$

$$16 = 12v$$

$$v = \frac{16}{12} = 1.3 \text{ م/ث أي يتحرك الجسم في نفس اتجاه الجسم الصغير قبل التصادم.}$$

## مثال توضيحي

اختر الإجابة الصحيحة من بين الأقواس:  
جسمان متماثلان يتحرك أحدهما بسرعة ١٠ م/ث نحو الجسم الآخر الساكن فإذا التصقا بعد التصادم فتكون السرعة المشتركة لهما بعد التصادم.....

(٥ م/ث - ١٠ م/ث - ١٥ م/ث)

## الإجابة النموذجية

∴ الجسمان متماثلان أي متشابهان ∴ متساويان في الكتلة أي  $ك_١ = ك_٢ = ك$

$$∴ ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢ = (ك_١ + ك_٢) ع$$

$$∴ ك × ١٠ + ك × صفر = ٢ ك ع$$

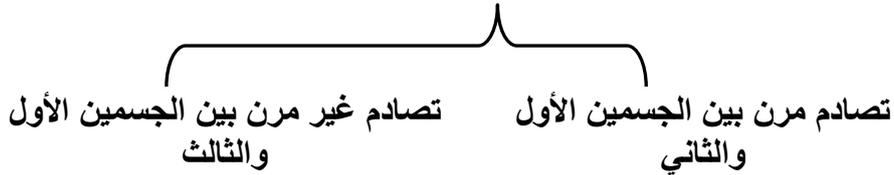
$$١٠ ك = ٢ ك ع ∴ ع = \frac{10 ك}{2 ك} = ٥ م/ث$$

## مثال توضيحي

تحرك جسم كتلته ٨ كجم بسرعة ٢٠ م/ث في خط مستقيم فاصطدم بجسم آخر ساكن كتلته ٦ كجم وبعد التصادم تحرك الجسم الثاني بسرعة ١٠ م/ث أما الجسم الأول فتحرك واصطدم بجسم ثالث كان ساكناً كتلته ٢ كجم والتحما معاً احسب سرعة الجسم المتكون بعد التصادم.

## الإجابة النموذجية

يلاحظ من المثال أن المسألة عبارة عن:



$$\begin{array}{ccc} \text{○} \xrightarrow{ع=20} \text{○} & \text{○} & \text{○} \xrightarrow{ع=20} \text{○} \\ \text{○} \xrightarrow{ع=10} \text{○} & \text{○} & \text{○} \xrightarrow{ع=10} \text{○} \end{array}$$

∴ نوجد سرعة الجسم الأول بعد التصادم المرن وهي عبارة عن سرعته قبل التصادم غير المرن.

$$\text{التصادم المرن: } ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢ = ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢$$

$$∴ ٨ × ٢٠ + ٦ × صفر = ٨ × ع + ٦ × ١٠$$

$$١٦٠ - ٦٠ = ٨ ع - ٦٠ ∴ ١٠٠ = ٨ ع ∴ ع = \frac{100}{8} = ١٢.٥ م/ث$$

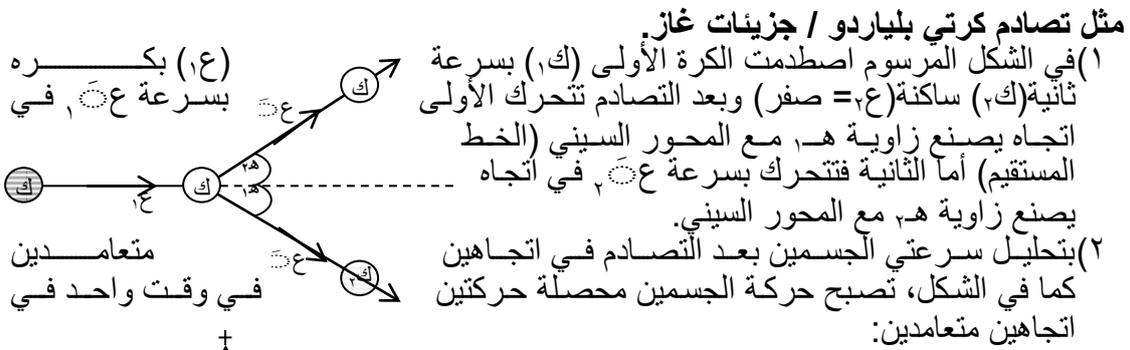
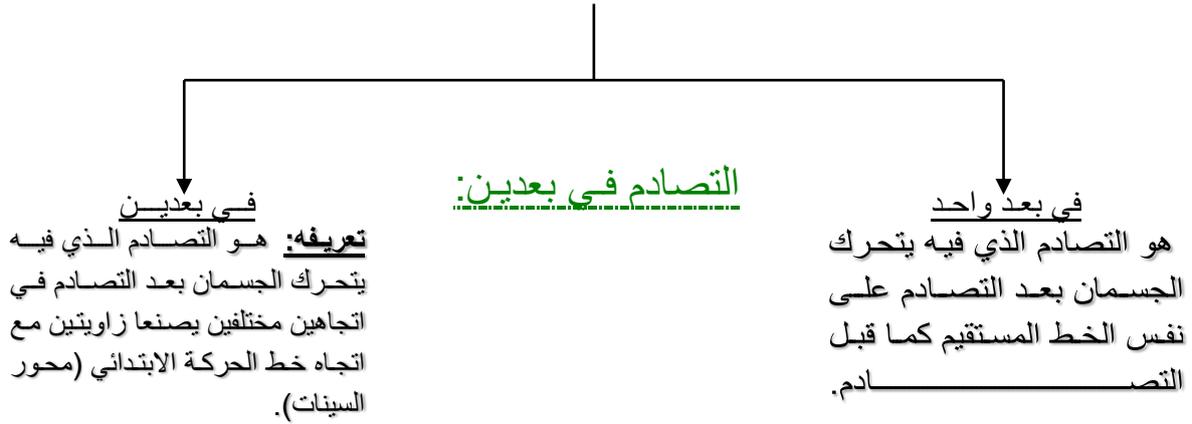
$$\text{التصادم غير المرن: } ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢ = (ك_١ + ك_٢) ع$$

$$∴ ٨ × ١٢.٥ + ٦ × صفر = (٨ + ٦) ع ∴ ١٠٠ = ١٤ ع ∴ ع = \frac{100}{14} = ٧.١٤ م/ث$$

## ثانياً: التصادم حسب الأبعاد:

التصادم سواءً مرناً أو غير مرناً يمكن تقسيمه كما يلي:

### التصادم



### (1) حركة في الاتجاه الأفقي (على المحور السيني):

بتطبيق قانون حفظ كمية التحرك:

مجموع كمية التحرك للكرتين قبل التصادم = مجموع كمية التحرك للكرتين بعد التصادم

$$\therefore m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

وإذا كانت ع = صفر تصبح العلاقة:

$$m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

(1)

### (2) حركة في الاتجاه الرأسي (على المحور الصادي):

مجموع كمية التحرك للكرتين قبل التصادم = مجموع كمية التحرك للكرتين بعد التصادم وحيث إن

الجسم الأول كان يتحرك أفقياً قبل التصادم والجسم الثاني كان ساكناً

حركة في اتجاه المحور الصادي قبل التصادم.

$$\therefore \text{صفر} = m_2 v_2' - m_1 v_1'$$

$$\therefore m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad (2)$$

وتستخدم العلاقتان (1)، (2) لإيجاد قيمتي ع، ع أي سرعتيهما بعد التصادم.

إذا تصادم جسمان وكانت كتلتهما متساوية أي ك = ك يمكن أن تصبح العلاقتان كما يلي:

$$v_1 = v_1' + v_2' \quad (1)$$

$$v_1 = v_2' \quad (2)$$

## مثال توضيحي

كرة من العاج كتلتها ٠.٣ كجم تتحرك بسرعة ٠.٩ م/ث متجهة نحو كرة أخرى من العاج ساكنة كتلتها ٠.١٥ كجم وبعد تصادمهما تحركا في اتجاهين متعامدين بحيث تحركت الأولى في اتجاه يميل بزاوية ٣٠° على اتجاه خط الحركة الابتدائي. أوجد سرعة كل كرة بعد التصادم.

## الإجابة النموذجية

الكرة الثانية	الكرة الأولى
ك <sub>٢</sub> = ٠.١٥ كجم	ك <sub>١</sub> = ٠.٣ كجم
ع <sub>٢</sub> = صفر	ع <sub>١</sub> = ٠.٩ م
هـ <sub>٢</sub> = ٩٠° - ٣٠° = ٦٠° (لأن الحركة في اتجاهين متعامدين)	هـ <sub>١</sub> = ٣٠°
ع <sub>٢</sub> = ؟	ع <sub>١</sub> = ؟

### بتطبيق قانون حفظ كمية التحرك في الاتجاهين:

$$(1) \text{ في اتجاه المحور السيني: } \therefore ك_١ ع_١ = ك_٢ ع_٢ + ك_٣ ع_٣ \text{ جتاه } \therefore ٠.٣ \times ٠.٩ = ٠.١٥ \times ع_٢ + ٠.٣ \times ع_٣ \text{ جتا } ٦٠^\circ$$

$$٠.٢٧ = ٠.١٥ \times ع_٢ + ٠.٢٦١ \times ع_٣$$

$$\left[ ٠.٢٧ = ٠.١٥ \times ع_٢ + ٠.٢٦١ \times ع_٣ \right]$$

$$(2) \text{ في اتجاه المحور الصادي: } \therefore ك_١ ع_١ = ك_٢ ع_٢ + ك_٣ ع_٣ \text{ جتاه } \therefore ٠.٣ \times ٠ = ٠.١٥ \times ع_٢ + ٠.٣ \times ع_٣ \text{ جتا } ٦٠^\circ$$

$$٠ = ٠.١٥ \times ع_٢ + ٠.٢٦١ \times ع_٣$$

$$٠.١٥ \times ع_٢ = -٠.٢٦١ \times ع_٣$$

$$ع_٢ = -١.٧٤ \times ع_٣$$

$$\therefore \left[ ع_٢ = -١.٧٤ \times ع_٣ \right] \text{ بالقسمة على } ٠.١٥$$

بالتعويض في المعادلة (١) عن قيمة ع<sub>٢</sub>

$$\therefore ٠.٢٧ = ٠.١٥ \times (-١.٧٤ \times ع_٣) + ٠.٢٦١ \times ع_٣$$

$$٠.٢٧ = -٠.٢٦١ \times ع_٣ + ٠.٢٦١ \times ع_٣$$

$$٠.٢٧ = ٠.٣٠٢ \times ع_٣$$

$$\therefore ع_٣ = \frac{٠.٢٧}{٠.٣٠٢} = ٠.٩ \text{ م/ث}$$

بالتعويض في المعادلة (٢) عن قيمة ع<sub>٣</sub>

$$\therefore ع_٢ = -١.٧٤ \times ٠.٩ = -١.٥٦٦ \text{ م/ث}$$

## مثال توضيحي

يتحرك جسم بسرعة ١٠٠ م/ث نحو جسم آخر ساكن له نفس الكتلة فإذا تصادما وتحرك الثاني في اتجاه يميل بزاوية ٣٠° على المحور الابتدائي والأول في اتجاه يميل بزاوية ٦٠° على المحور الابتدائي. عين سرعة كل جسم بعد التصادم.

## الإجابة النموذجية

<p>الجسم الثاني ع = ٢ = صفر هـ = ٣٠ ع = ٢ = ؟</p>	<p>الجسم الأول ع = ١٠٠ هـ = ٦٠ ع = ١ = ؟</p>	<p>∴ الكتل متساوية ك<sub>١</sub> = ك<sub>٢</sub> = ك الحركة في اتجاه المحور السيني: ∴ ع<sub>١</sub> = ع<sub>٢</sub> + ع<sub>٣</sub> جتا هـ <math>\frac{3}{2} \times ع + \frac{1}{2} \times ع = ١٠٠</math></p>
---	--	---

بالضرب × ٢ ∴  $٣ع + ع = ٢٠٠$  (١) ←  
الحركة في اتجاه المحور الصادي:

$$\therefore ع = ١٠٠ \text{ جاه } \leftarrow$$

$$\frac{1}{2} \times ع = \frac{3}{2} \times ع$$

بالضرب × ٢ ∴  $٣ع = ع$  ← (٢) ←

بالتعويض من (٢) في (١) بدلاً عن ع

$$\therefore ٣ع + ع = ٢٠٠$$

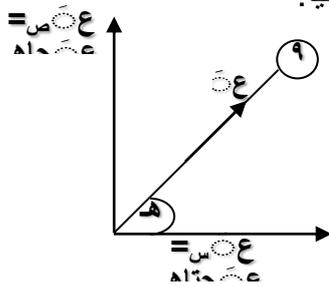
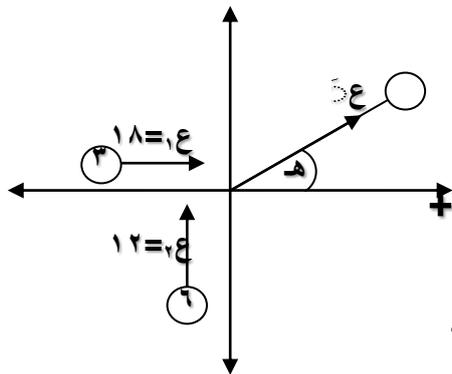
$$٢٠٠ = ع + ٣ع \leftarrow ٢٠٠ = ٤ع \leftarrow ع = \frac{200}{4} = ٥٠ \text{ م/ث}$$

بالتعويض في (٢) بدلاً عن ع

$$\therefore ع = ٥٠ = ٣ع \leftarrow ١٥٠ = ع$$

### مثال توضيحي

جسم كتلته ٣ كجم يتحرك في اتجاه الشرق بسرعة ١٨ م/ث فاصطدم بجسم آخر كتلته ٦ كجم يتحرك في اتجاه الشمال بسرعة ١٢ م/ث وكونا جسماً واحداً (صنعاً خطأً). عين سرعته واتجاهه بعد التصادم.



٩

### الإجابة النموذجية

∴ التصادم غير مرن في بعدين.  
∴ نحلل السرعة ع في اتجاهين متعامدين إلى:

$$ع = ع \text{ جتا هـ}$$

$$ع = ع \text{ صا هـ}$$

بتطبيق قانون حفظ كمية التحرك في الاتجاهين.

(١) في الاتجاه الأفقي:

يتحرك الأول فقط أفقياً قبل التصادم أما الثاني لا يتحرك أفقياً.

$$\therefore ع = ٠$$

$$\therefore ع (ك + ك) = ع + ع$$

$$\therefore ع \times ٩ = ١٨ \times ٣ + ٠ \times ٦$$

$$٥٤ = ع \times ٩ \leftarrow ع = \frac{54}{9} = ٦ \text{ م/ث}$$

(٢) في الاتجاه الرأسي:

يتحرك الثاني فقط رأسياً قبل التصادم أما الأول لا يتحرك رأسياً.

∴ ع<sub>١</sub> = صفر

∴ ك<sub>١</sub> ع<sub>١</sub> + ك<sub>٢</sub> ع<sub>٢</sub> = (ك<sub>١</sub> + ك<sub>٢</sub>) ع<sub>ص</sub>

٣ × صفر + ١٢ × ٦ = ٩ ع<sub>ص</sub>  
∴ ٧٢ = ٩ ع<sub>ص</sub> ⇐ ع<sub>ص</sub> =  $\frac{72}{9} = ٨$  م/ث

∴ ع<sub>ص</sub> = ع<sub>١</sub> + ع<sub>٢</sub>

∴ ع<sub>ص</sub> = (٦) + (٨) = ١٤ =  $\sqrt{١٤^2 + ١٠٠^2} = ١٠٠$  م/ث

تعيين اتجاه الجسم: أي نوجد الزاوية هـ:

∴ ع<sub>ص</sub> = ع<sub>ج</sub> × جتاه

∴ جتاه =  $\frac{٦}{١٠} = ٠.٦$  ∴ هـ =  $٥٣.١^\circ$

## الصواريخ ذاتية الدفع:

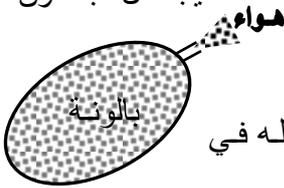
### ارتياذ الفضاء:

- (١) في ٤ أكتوبر ١٩٥٧م أطلق الاتحاد السوفيتي أول قمر صناعي سمي سبوتنيك (١).
  - (٢) في ٣ نوفمبر ١٩٥٧م أطلق الاتحاد السوفيتي قمر آخر سمي سبوتنيك (٢) يحمل الكلبة لايبكا.
  - (٣) في يناير ١٩٥٨م أطلقت أمريكا القمر الصناعي (المستكشف أو ديسفكري).
  - (٤) في ١٩٦٩م بدأ عصر هبوط الإنسان على القمر بهبوط إرمستروخ وأدوين الدرين الأمريكان على سطح القمر.
- وإذا تساءلنا من يحمل الأقمار الصناعية وغيرها من المسابر فالإجابة هي الصاروخ ذاتي الدفع أو النفاث حيث تمكنها من التحرر من الجاذبية الأرضية ولمعرفة كيف تعمل الصواريخ وما هي فكرة عملها نجري النشاط الآتي:

### تجربة:

المشاهدة	الخطوات
يخرج الهواء من الفتحة بينما تتجه البالونة نحو الاتجاه المعاكس لاندفاع الهواء البالونة.	١- أحضر بالونة مطاطية وأنفخها حتى تمتلئ بالهواء. ٢- أترك البالونة حره الحركة بعد نفخها.

**الاستنتاج:** اندفاع الهواء من فتحة البالونة بقوة يعتبر فعل فينشأ رد فعل تندفع عكس اتجاه خروج الهواء. يجعل البالون



### فكرة عمل الصاروخ ذاتي الدفع:

- (١) طبقاً لقانون (مبدأ) نيوتن الثالث " لكل فعل رد فعل مساوي له في المقدار ومضاد له في الاتجاه".
- (٢) طبقاً لقانون (مبدأ) حفظ كمية التحرك الخطي. حيث كت قبل الإطلاق = كت بعد الإطلاق.

صفر = ك<sub>١</sub> ع<sub>١</sub> + ك<sub>٢</sub> ع<sub>٢</sub>

∴ ك<sub>١</sub> ع<sub>١</sub> = - ك<sub>٢</sub> ع<sub>٢</sub>

صاروخ غازات

حيث تحتوي الصواريخ على محركات نفاثة يتم حرق الوقود فيها فتولد غازات ساخنة جداً تندفع من مؤخرة المحركات لأسفل وهذا يسمى فعل فينشأ رد فعل من جزيئات الغاز على المحرك فتبذل قوة دفع إلى الأمام على الصاروخ فيندفع الصاروخ لأعلى.

### الصاروخ ذاتي الدفع:

وسيلة لحمل الأقمار الصناعية / مركبات الفضاء / المسابير إلى الفضاء.  
الصواريخ المستخدمة في إطلاق الأقمار الصناعية تتكون من مراحل حيث تشتعل كل مرحلة لمدة دقائق ثم تنفصل وتبدأ المرحلة الأخرى بالاشتعال وهكذا فيؤدي ذلك إلى دفع الصاروخ.

**علل:** الصاروخ يعمل بطريقة أفضل في الفضاء الخارجي في حالة انعدام الهواء الجوي.  
ج/ لأن عملية الفعل ورد الفعل تحدث داخل المحرك النفاث نفسه ولا تؤثر على السفينة أي قوة خارجية.

### حساب كمية التحرك للصاروخ:

قوة دفع الصاروخ = التغير في كمية التحرك للصاروخ = التغير في كمية تحرك الغازات في الاتجاه المعاكس.  
 $ق = ك_١ \times ع_١ = - ك_٢ \times ع_٢$   
ومنها نوجد قوة دفع الصاروخ (ق) وأيضاً كمية تحرك الصاروخ حيث  $ك_٢$  كتلة الغازات المندفعة في الفترة ما بين احتراق الغازات ولحظة بدء الصاروخ بالتحرك.



### ١) تؤثر على الصاروخ قوتان:

(أ) قوة دفع محرك الصاروخ لأعلى.  
(ب) وزن الصاروخ لأسفل فتنتشأ قوة محصلة لأعلى تسمى قوة الصعود.

$$\therefore ق \text{ الصعود} = ق \text{ الدفع} - ك_١ د$$



### ٢) العجلة التي يصعد بها الصاروخ لأعلى تتعين من العلاقة!

$$ح = \frac{ق \text{ صعود}}{ك_١}$$

### مثال توضيحي

صاروخ كتلته ١٠ طن يقذف غازات ساخنة من محركه بمعدل ١٣٠٠ كجم في الثانية وكانت سرعة جزيئات الغاز بالنسبة للصاروخ ٥٠ × ١٠ م/ث احسب:  
(١) قوة دفع الصاروخ.  
(٢) كمية تحرك الصاروخ.  
(٣) سرعة الصاروخ.

### الإجابة النموذجية

غازات	صاروخ
$ك_٢ = ١٣٠٠ \text{ كجم/ث}$	$ك_١ = ١٠ \text{ طن} = ١٠ \times ١٠^٣ \text{ كجم}$
$ع_٢ = ١٠ \times ٥٠ \text{ م/ث}$	$ع_١ = ؟$
	(١) $ق = ك_١ ع_١ = ك_٢ ع_٢$
	$\therefore ق = ١٠ \times ٥٠ \times ١٣٠٠ = ٦٥٠٠٠ \times ١٠ = ٦٥٠٠٠٠٠ \text{ نيوتن}$
	(٢) $ق = كت = كت \text{ غازات}$
	$\therefore كت \text{ صاروخ} = ٦٥٠ \times ١٠ \text{ كجم. م/ث}$
	(٣) $كت \text{ صاروخ} = ك_١ ع_١$
	$\therefore ٦٥٠ \times ١٠ = ٦١٠ \times ١٠ \times ع_١$
	$\therefore ع_١ = \frac{٦١٠ \times ٦٥}{١٠ \times ١٠} = ٦١ \text{ م/ث}$
	$\therefore ع_١ = ٦١ \text{ م/ث}$

### مثال توضيحي

صاروخ كتلته ٩ طن اندفعت منه الغازات بسرعة ٣ كم/ث فإذا كانت قوة دفع محرك الصاروخ ٣٠٦ × ١٠ نيوتن. احسب:

(١) معدل كتلة الغازات المنفوتة. (٢) سرعة الصاروخ.

### الإجابة النموذجية

$$\begin{array}{l} \text{غازات} \\ \text{ك} = ٢ = ? \\ \text{ع} = ٣ = ٣ \text{ كم/ث} = ٣ \times ١٠^٣ \text{ م/ث} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{صاروخ} \\ \text{ك} = ٩ = ٩ \text{ طن} = ٩ \times ١٠^٣ \text{ كجم} \\ \text{ع} = ١٤ = ? \\ \text{ق} = ٣.٦ \times ١٠^٦ \text{ نيوتن} = ٣٦ \times ١٠^٥ \text{ نيوتن.} \\ \text{(١)} \quad \text{ق} = ٢ \text{ ك} = ٢ \text{ ع} \\ \therefore ٣.٦ \times ١٠^٦ = ٣٦ \times ١٠^٥ \\ \therefore ٣.٦ \times ١٠^٦ = ٣٦ \times ١٠^٥ \\ \text{ك} = ١٢ = \frac{5 \times 10 \times 36}{3 \times 10 \times 3} = ١٢ \times ١٠ = ١٢٠٠ \text{ كجم/ث} \\ \text{(٢)} \quad \text{ق} = ١ \text{ ك} = ١ \text{ ع} \\ ٣.٦ \times ١٠^٦ = ٣٦ \times ١٠^٥ \\ \text{ع} = ١٤ = \frac{5 \times 10 \times 36}{3 \times 10 \times 9} = ١٤ \times ١٠ = ١٤٠٠ \text{ م/ث} \end{array}$$

### مثال توضيحي

صاروخ كتلته الكلية عند الانطلاق ١٢ طن اندفعت منه الغازات بمعدل ١٠٠ كجم في الثانية بسرعة ١٥٠٠ م/ث. احسب:  
(١) قوة دفع محرك الصاروخ. (٢) العجلة التي يصعد بها لأعلى.

### الإجابة النموذجية

$$\begin{array}{l} \text{غازات} \\ \text{ك} = ١٠٠ = ٢ \\ \text{ع} = ١٥٠٠ = ٣ \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{صاروخ} \\ \text{ك} = ١٢ = ١٢ \text{ طن} = ١٢٠٠٠ \text{ كجم} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{ق} = \text{د} = ? \\ \text{(١)} \quad \text{ق} = \text{كت غازات} \\ \therefore \text{ق} = ١٥٠٠ \times ١٠٠ = ١٥٠٠٠٠ \text{ نيوتن.} \\ \text{(٢)} \quad \text{ق الصعود} = \text{ق دفع} - \text{ك} \\ \therefore \text{ق الصعود} = ١٥٠٠٠٠ - ١٠ \times ١٢٠٠٠ = ١٥٠٠٠٠ - ١٢٠٠٠٠ = ٣٠٠٠٠ \text{ نيوتن.} \\ \text{(٣)} \quad \text{د} = \frac{\text{ق صعود}}{\text{ك}} = \text{د} = \frac{30000}{12000} = ٢.٥ \text{ م/ث}^٢ \end{array}$$

### سرعة الإفلات من الجاذبية:

إذا أردنا وضع جسم يدور حول الأرض باستخدام صاروخ ذاتي الدفع (النفث) مثل قمر صناعي بحيث يدور في مدار حول الأرض فيجب وضع شئيين في الاعتبار:  
(١) سرعة الصاروخ. (٢) اتجاه الصاروخ.  
ولتحقيق ذلك يجب إطلاق الصاروخ بشكل أفقي وليس بشكل رأسي وبسرعة ٨ كم/ث.  
∴ سرعة الدوران حول الأرض ٨ كم/ث.

يجب أن تكون سرعة الصاروخ الذي يحمل قمر صناعي ٨ كم/ث.  
لأن هذه السرعة تمكن القمر الصناعي من الخروج من مقاومة الهواء والدوران في مداره حول الأرض.

ولكن إذا أردنا للجسم أن يفلت من نطاق الجاذبية الأرضية فيجب إعطاؤه سرعة أكبر من سرعة الدوران حول الأرض وتعرف بسرعة الإفلات وهي تساوي ١١.٢ كم/ث.  
∴ سرعة الإفلات من الجاذبية ١١.٢ كم/ث.

### شروط الإفلات من الجاذبية:

(١) إطلاق الصاروخ الحامل للجسم بشكل رأسي.

(٢) إطلاق الصاروخ بسرعة ١١.٢ كم/ث.  
(٣) طاقة الحركة للجسم تساوي طاقة الوضع له بعد الإطلاق أو تزيد قليلاً.  
**س/ماذا يحدث إذا أعطى الصاروخ الحاسم للجسم سرعة أكبر من سرعة الإفلات (١١.٢ كم/ث).**

ج/يفلت الجسم من الجاذبية الأرضية ولن يعو ثانية لأنه في هذه الحالة تزداد طاقة الوضع للجسم بينما تقل طاقة حركته تدريجياً ولكنها لا تصل للصفر.  
وفي الجدول المبين سرعة الإفلات للأجسام من كواكب المجموعة الشمسية.

سرعة الإفلات من الجسم (كم/ث)	الجسم
٤٢.٢ (من سطح الشمس)	الشمس
٦٠.٢	المشتري
٣٦	زحل
٢٤.٩	نبتون
٢٢.٣	اورانوس
١١.٢	الأرض
١٠.٤	الزهرة
٥	المريخ
٤.٣	عطارد
٢.٤	القمر

### حساب سرعة الإفلات من الجاذبية:

عند الإفلات  $\therefore$  طاقة الحركة للصاروخ = طاقة الوضع له.

$$\therefore \frac{1}{2} ك ع^2 = ك د ن ق$$

$$\therefore ع^2 = ٢ د ن ق$$

$$\therefore ع = \sqrt{٢ د ن ق} \text{ م/ث أو كم/ث}$$

حيث ك كتلة الجسم أو الصاروخ، د عجلة الجاذبية الأرضية، ن ق نصف قطر الأرض (الكوكب أو الشمس أو القمر)،

### مثال توضيحي

احسب سرعة الإفلات لصاروخ علماً بأن نصف قطر الأرض  $٦.٣٦ \times ١٠^٦$  م وعجلة الجاذبية الأرضية  $٩.٨$  م/ث<sup>٢</sup>.

### الإجابة النموذجية

$$\therefore ع = \sqrt{٢ د ن ق} = \sqrt{٢ \times ٦.٣٦ \times ١٠^٦ \times ٩.٨} = ١١.٢ \text{ كم/ث}$$

### مثال توضيحي

إذا علمت أن سرعة الإفلات لصاروخ من القمر  $٢.٤$  كم/ث وعجلة الجاذبية على سطح القمر  $١.٦$  م/ث<sup>٢</sup>، فاحسب نصف قطر القمر.

### الإجابة النموذجية

$$ع = ٢.٤ \text{ كم/ث} = ٢.٤ \times ١٠^٣ \text{ م/ث} = ٢.٤ \times ١٠^٣ \text{ م/ث}$$

$$\therefore ع^2 = ٢ د ن ق$$

$$\therefore ع^2 = ٢ د ن ق$$

$$\therefore ٢.٤ \times ١٠^٣ \times ٢ = ١.٦ \times ن ق$$

$$\therefore ن ق = \frac{٢.٤ \times ١٠^٣ \times ٢}{١.٦} = ٣.٢ \times ١٠^٦ \text{ م}$$

## حركة الأقمار الصناعية حول الأرض:

إذا قلنا أن القمر هو تابع طبيعي لكوكب الأرض مثل أقمار كواكب المجموعة الشمسية. فما هو القمر الصناعي؟

### القمر الصناعي:

عبارة عن جسم يدور حول جسم آخر ويجهز بأجهزة علمية لاستكشاف الفضاء.

### أنواع الأقمار الصناعية:

#### وظائفها:

- (١) أقمار لدراسة الطقس والتوقعات وإرسال المعلومات إلى الأرض.
  - (٢) أقمار للاتصالات والبيث التلفزيوني ونقل الرسائل.
  - (٣) قمر لدراسة سطح الأرض.
  - (٤) أقمار التجسس بنقل المعلومات الحربية.
- وهناك سفن فضائية ومسابير فضائية غير مأهولة أي لا تحمل كائن حي ترسل لدراسة القمر والكواكب الأخرى لمجموعتنا الشمسية.

**كيف توصل العلماء إلى معرفة سرعة دوران الأقمار الصناعية وكيفية وضعة في مداره حول الأرض؟**

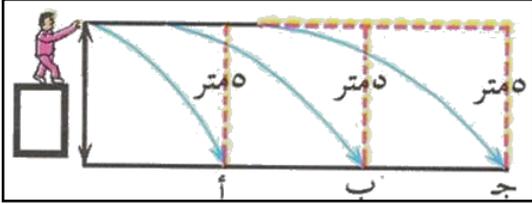
#### نشاط:

#### الخطوات:

(١) افرض أن الرجل قذف حجراً بسرعة معينة فسقط عند (أ).

(٢) افرض أن الرجل قذف الحجر بسرعة أكبر. ماذا

نلاحظ؟



#### المشاهدة:

يسقط الحجر سقوطاً حراً عند نقطة أبعد من أ ولتكن ب ثم ج أي تزداد المسافة الأفقية التي يقطعها قبل أن يصل لسطح الأرض.

#### الاستنتاج:

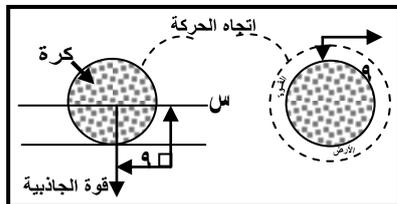
بزيادة السرعة تزداد المسافة الأفقية التي يقطعها الحجر فيسقط سقوطاً حراً على طول مسار منحنى حتى يصل للأرض حتى حد معين للسرعة يجعل بعده أو ارتفاعه عن سطح الأرض المنحني ثابتاً. وإذا لم توجد مقاومة هواء فإن الحجر سيدور حول الأرض. .- عند قذف القمر الصناعي بسرعة أفقيه فإن المدى الذي يقطعه أفقياً يعتمد على مقدار سرعته وعند سرعة مناسبة (سرعة دورانه ٨كم/ث) فإن القمر يدور حول الأرض في مسار دائري له نصف قطر ثابت وبسرعة ثابتة.

### شروط إطلاق القمر الصناعي:

(١) يطلق أفقياً بسرعة ٨كم/ث (تسمى سرعة الدوران حول الأرض) أو السرعة المدارية).

(٢) يوضع على ارتفاع ١٥٠ كم من سطح الأرض.

توضع الأقمار الصناعية على ارتفاع معين (١٥٠ كم) من سطح الأرض. حتى تصبح بعيدة عن مقاومة الهواء الجوي لأنه في حالة وجود مقاومة الهواء عند سرعته الهائلة هذه فإن القمر ينصهر أي يتحول الحديد إلى سائل. ولا يعني ذلك أنه يوضع خارج نطاق الجاذبية حتى يدور لأن الجاذبية الأرضية لا تنعدم. سرعة دوران قمر صناعي حول الأرض ثابتة ولا تتأثر بالجاذبية بالرغم من وجودها.



كلما اقترب القمر من الأرض زادت سرعته وأقرب قمر صناعي

للأرض يحتاج ٩٠ دقيقة ليكمل دوره كاملة حول الأرض.

## حساب سرعة القمر الصناعي اللازمة لاستمراره في مداره:

عند دوران القمر فإنه يكون متزناً تحت تأثير قوتين متساويتين ومتضادتين.  
(١) قوة جذب الأرض له.  
(٢) القوة الجاذبة (الطاردة) المركزية الناشئة عند دورانه.

∴ عند الاتزان: قوة جذب الأرض = القوة الطاردة المركزية.

$$ج \times \frac{ك أرض \times ك قمر}{نق^2} = \frac{ع^2}{نق} \times ك قمر$$

$$\frac{ع^2}{نق} = ج \times \frac{ك أرض \times ك قمر}{نق^2}$$

ومنها ع =  $\sqrt{\frac{ج \times ك أرض \times ك قمر}{نق}}$

حيث ج ثابت لجذب العام  
ك كتلة الأرض  
نق مدار نصف قطر المدار للقمر = نق للأرض + ارتفاع القمر عن سطح الأرض (ل)  
نق الأرض = ٦٤٠٠ كيلومتر.

ويساوي ٦.٦٧ × ١٠<sup>١١</sup> نيوطن. م / كجم<sup>٢</sup>  
ويساوي ٦ × ١٠<sup>٢٤</sup> كجم

من العلاقة يتضح أن السرعة المدارية القمر تعتمد على نصف قطر المدار (بمعنى أدق ارتفاع القمر عن سطح الأرض) حيث تتناسب السرعة عكسياً مع الجذر التربيعي لنصف قطر المدار بمعنى تزداد السرعة كلما قل نصف قطر المدار وتقل كلما زاد نصف القطر.

### مثال توضيحي

قمر صناعي يدور حول الأرض على ارتفاع ٢٠٠ كيلومتر فوق سطح الأرض. احسب السرعة المدارية للقمر إذا كان نصف قطر الأرض ٦٤٠٠ كيلومتر وكتلة الأرض ٦ × ١٠<sup>٢٤</sup> كجم وثابت الجذب العام ٦.٦٧ × ١٠<sup>١١</sup> نيوطن. م / كجم<sup>٢</sup>

### الإجابة النموذجية

$$ج = ٦.٦٧ \times ١٠^{١١} \text{ نيوطن. م / كجم}^٢ = ك = ٦ \times ١٠^{٢٤} \text{ كجم}$$

$$\text{نق أرض} = ٦٤٠٠ \text{ كم}$$

$$\text{نق مدار} = \text{نق للأرض} + (ل)$$

$$٦٤٠٠ \text{ كم} + ٢٠٠ = ٦٦٠٠ \text{ كم} = ٦٦٠٠ \text{ م} = ٦٦ \times ١٠^٤ \text{ م}$$

$$ع = \sqrt{\frac{ج \times ك}{نق}} = \sqrt{\frac{٦.٦٧ \times ١٠^{١١} \times ٦ \times ١٠^{٢٤}}{٦٦ \times ١٠^٤}} = ٠.٧٨ \times ١٠^٤ \text{ م/ث}$$

$$٠.٧٨ \times ١٠^٤ \text{ م/ث}$$

في حالة طلب السرعة بوحدة الكيلومتر/ث

$$ع = ٠.٧٨ \times ١٠^٤ \times ١٠^{-٣} = ٧.٨ \text{ كم/ث}$$

### مثال توضيحي

احسب ارتفاع قمر صناعي عن سطح الأرض علماً بأن سرعته المدارية ٧.٦ كم/ث ونصف قطر الأرض ٦٤٠٠ كيلومتر وكتلة الأرض ٦ × ١٠<sup>٢٤</sup> كجم.

### الإجابة النموذجية

$$ل = ؟ \quad ع = ٧.٦ \text{ كم/ث} = ٧.٦ \times ١٠^٣ \text{ م/ث} \quad \text{نق الأرض} = ٦٤٠٠ \text{ كم} = ٦٤ \times ١٠^٤ \text{ م}$$

$$ع = \sqrt{\frac{ج \times ك}{نق}}$$

$$\text{نق مدار}$$

$$٧.٦ \times ١٠^٣ = \sqrt{\frac{٦.٦٧ \times ١٠^{١١} \times ٦ \times ١٠^{٢٤}}{نق مدار}}$$

$$٧.٦ \times ١٠^٣ = \sqrt{\frac{٦.٦٧ \times ١٠^{١١} \times ٦ \times ١٠^{٢٤}}{نق مدار}}$$

$$٧.٦ \times ١٠^٣ = \sqrt{\frac{٦.٦٧ \times ١٠^{١١} \times ٦ \times ١٠^{٢٤}}{نق مدار}}$$

$$\text{نق مدار}$$

$$\therefore \text{نق مدار} = \frac{13 \times 10 \times 4002}{6 \times 10 \times 57,76} = 10 \times 6.9 = 69 \times 10 = 690 \text{ م}$$

نق مدار = نق للأرض + ل

$$\therefore 10 \times 6.9 = 10 \times 6.4 + ل$$

$$ل = 10 \times 6.9 - 10 \times 6.4 = 10 \times 0.5 = 5 \times 10 = 50 \text{ كم}$$

## كمية التحرك الزاوي:

سبق دراسة حركة الأجسام وعرفنا أن هناك نوعان للحركة:

### حركة خطية:

فيها يتحرك الجسم في خط مستقيم بسرعة خطية (ع).

### حركة دائرية (زاوية):

فيها يتحرك الجسم حول محور ثابت مثل حركة باب-شباك - قمر صناعي بسرعة زاوية  $(\omega)$ .

### تعريف السرعة الزاوية ():

هي معدل تغير الإزاحة الزاوية (الدورانية) بالنسبة للزمن.

حيث:  $\omega = \frac{\theta}{z}$  زاوية نصف قطرية / ث وأيضاً  $\omega = \frac{ع}{\text{نق}}$  زاوية نصف قطرية/ث

### تعريف كمية التحرك الزاوي:

عبارة عن حاصل ضرب عزم القصور الذاتي الدوراني في السرعة الزاوية.

$$\text{كمية التحرك الزاوي} = I \omega$$

حيث I عزم القصور الذاتي

### خاصية القصور الذاتي (في حالة الحركة الخطية):

هي مقاومة الجسم للتغير في حالته من حيث السكون أو الحركة الخطية.

### :: القصور الذاتي الدوراني:

هي مقاومة الجسم لعزم القوة التي تحاول أحداث تغيير في حالة حركة الجسم الدورانية.

### قانون حفظ (بقاء) كمية التحرك الزاوي:

"تظل كمية التحرك الزاوي لجسم (أو عدة أجسام) ثابتة ما لم تؤثر عليها عزوم دوران خارجية" أو بمعنى آخر: بدون عزم خارجي فإن حاصل ضرب عزم القصور الذاتي في السرعة الزاوية لأي جسم عند أي لحظة تظل ثابتة.

ولتوضيح القانون (المبدأ) نقم بالنشاط الآتي:

### تجربة:

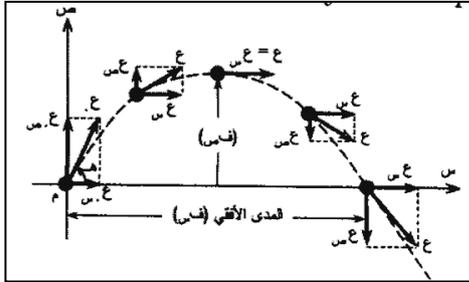
المشاهدة	الخطوات
يصعب إدارتها أولاً وفي الحالة الثانية يصعب إيقاف العجلة.	١- أدر عجلة دراجة هوائية حول محورها. ٢- استمر في تدويرها بقوة وحاول إيقافها

الاستنتاج: الجسم (العجلة) يحاول مقاومة أي تغيير لحالته الدورانية حول محوره حيث أن معظم كتلتها تتركز في الإطار البعيد عن مركز الدوران.

## أهمية القانون (المبدأ)

- (١) يفسر دوران الأرض حول الشمس حيث يظل محور دوران الأرض ثابت بالنسبة للكون المحيط.
- (٢) يفسر دوران الكواكب حيث يتنبأ بوقت حدوث خسوف القمر ومكان حدوثه على سطح الأرض.
- (٣) يفسر دوران الإلكترونات حول النواة في الذرات.

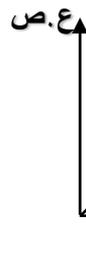
## حركة المقذوفات



عند إطلاق جسم مقذوف (قذيفة / صاروخ) في مستوى رأسي لأعلى باتجاه يميل إلى المستوى الأفقي بزواوية (هـ) وتسمى زواوية القذف وبسرعة ابتدائية (ع). فإن الجسم المقذوف يكون واقع تحت تأثير وزنه فقط مع إهمال مقاومة الهواء لصغرهما. الشكل يبين حركة مقذوف بعمد عملية قذفه. في هذه الحالة لحركة الأجسام نحلل سرعة الجسم المقذوف (ع) إلى مركبتين متعامدتين هما:

### (١) مركبة أفقية توازي المحور م س : (ع . س)

حيث  $v_x = ع \cdot جتا هـ$  وتعتبر هذه السرعة منتظمة أي ثابتة حيث  $د = صفر$  في هذه الحالة لعدم تأثر المقذوف بقوة الجاذبية أفقياً.



### (٢) مركبة رأسية توازي المحور م ص (ع . ص)

حيث  $v_y = ع \cdot جتا هـ$  تعتبر هذه السرعة متغيرة وتندعم عندما يصل المقذوف إلى أقصى ارتفاع عن سطح الأرض. **∴ تعتبر حركة المقذوفات محصلة حركتين مستقلتين في وقت واحد:**

### (١) الحركة الرأسية:

حيث يتحرك المقذوف بعجلة تساوي عجلة الجاذبية الأرضية وتعاكسها في الاتجاه (د = -٩.٨ م/ث<sup>٢</sup> أو تقريباً د = -١٠ م/ث<sup>٢</sup>) وبسرعة ابتدائية ع. ص = ع. ج. ج. **و بتطبيق معادلات الحركة في خط مستقيم نوجد منها:**

### (أ) زمن وصول المقذوف للذروة:

أي زمن وصول المقذوف لأقصى ارتفاع. حيث نطبق  $v_y = ع \cdot جتا هـ + د \cdot ز$

ومنها نوجد ز على اعتبار  $v_y = صفر$  في هذه الحالة.

### (ب) ذروة القذف:

أي أقصى ارتفاع وصل إليه المقذوف.

حيث نطبق  $v_y^2 = ع^2 \cdot جتا هـ^2 + د \cdot ز$

ومنها نوجد  $v_y$  بمعلومية ز

أو نطبق  $ع^2 = ع^2 \cdot جتا هـ^2 + د \cdot ز$

نطبق

إذا لم يعطَ ز على اعتبار  $v_y = صفر$

### (ج) زمن وصول القذيفة للمدف:

أي زمن عودة المقذوف إلى نفس السطح الأفقي الذي قذف منه.  
**حيث نطبق: (١)** ز هدف = ٢ × ذروه (على اعتبار أن ز هدف = ز صعود + ز هبوط) أي ضعف زمن الذروة.

$$\text{أو (٢) } \text{ف ص} = (\text{ع. جاه}) ز + \frac{1}{2} \text{ ذ ز}^2$$

على اعتبار ف ص = صفر في هذه الحالة لأنه رجع إلى المستوى الأفقي.

### (١) الحركة الأفقية:

حيث عجلة المقذوف منعدمة في هذه الحالة أي يتحرك أفقياً بسرعة ثابتة أو منتظمة ع.س. وبتطبيق معادلات الحركة نوجد منها:

### (د) المدى الأفقي:

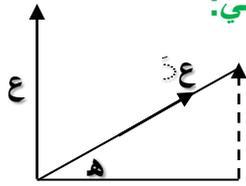
أي المسافة التي قطعها الجسم المقذوف على المحور السيني حتى يصل إلى نقطة الهدف أو هي بعد الهدف عن مكان إطلاق المقذوف.

$$\text{حيث نطبق } \text{ف س} = (\text{ع. جتاه}) ز$$

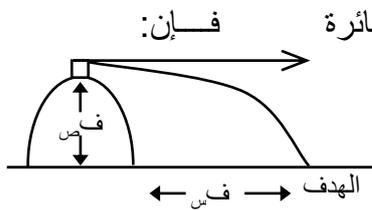
ومنها نوجد ف س بمعلومية زمن الوصول للهدف

### إيجاد سرعة الجسم المقذوف عند أي لحظة زمنية:

إذا طلب منك سرعة الجسم بعد أي فترة زمنية تحدد في المسألة نتبع الآتي:



- (١) نوجد السرعة الأفقية الثابتة ع.س = ع. جتاه
  - (٢) نوجد السرعة الرأسية المتغيرة ع.ص = ع. جتاه + ذ ز
  - (٣) نوجد محصلة السرعتين المتعامدتين  $\text{ع} = \sqrt{\text{ع.ص}^2 + \text{ع.س}^2}$
- حيث ع سرعة الجسم المقذوف عند أي لحظة.



إذا أطلق الجسم المقذوف أفقياً من قمة جبل أو هضبة - طائرة

(١) زاوية القذف (هـ) = صفر.

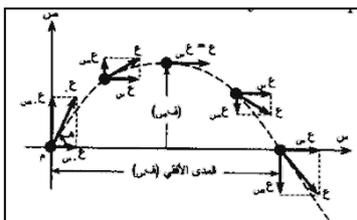
(٢) ز هدف = ز ذروه.

(٣)  $\text{د} = ١٠ + \frac{1}{2} \text{ ذ ز}^2$

### مثال توضيحي

قذف جسم بسرعة ابتدائية مقدارها ١٢ م/ث في اتجاه يصنع زاوية ٣٠° مع المستوى الأفقي. احسب:

- (١) أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم المقذوف.
- (٢) الزمن اللازم للوصول للجسم لأقصى ارتفاع.
- (٣) المسافة التي يصل إليها الجسم إلى الهدف (المدى الأفقي).
- (٤) سرعة الجسم بعد قذفه بثانيه واحدة.
- (٥) مثل حركة الجسم بالرسم البياني. (اعتبر عجلة الجاذبية ١٠ م/ث<sup>٢</sup>)



### الإجابة النموذجية

$$\text{ع.} = ١٢ \quad \text{هـ} = ٣٠^\circ \quad \text{د} = ١٠$$

$$(١) \text{ع}^2 \text{ ص} = (\text{ع. جاه})^2 + ٢ \text{ ذ ف ص} = \text{صفر}$$

$$= \left(\frac{1}{2} \times ١٢\right)^2 - ٢ \times ١٠ \times \text{ف ص} = \text{صفر}$$

$$\text{ف ص} = ٦$$

$$\text{ف ص} = \frac{36}{20} = ١.٨ \text{ م}$$

$$(٢) \text{ع} \text{ ص} = (\text{ع. جاه}) + \text{ذ ز} \quad \text{ع} \text{ ص} = ١٢ - \frac{1}{2} \times ١٠ \times \text{ز} = \text{صفر}$$

$$\text{ز} = ٢.٤ \text{ ث}$$

$$٦ = ز٠ \quad \therefore ز = \frac{6}{10} = ٠.٦ \text{ ث}$$

(٣) لحساب المدى الأفقي نوجد زمن الوصول للهدف.

$$\therefore \text{فص} = (\text{ع. جاه}) ز + \frac{1}{2} \text{ دز}^2$$

$$\therefore \text{صفر} = (١٢ \times \frac{1}{2} \times ز - \frac{1}{2} \times ٠ \times ز^2)$$

$$٥ز^2 = ٦$$

$$\text{بالقسمة على ز} \quad \therefore ٥ز = ٦ \Leftrightarrow ز = \frac{6}{5} = ١.٢ \text{ ثانية.}$$

**حل ثان:**

$$\therefore \text{ز هدف} = ٢ \times \text{ز نروه}$$

$$\therefore \text{ز هدف} = ٠.٦ \times ٢ = ١.٢ \text{ ثانية}$$

$$\therefore \text{ف س} = \text{ع. جتاه ز}$$

$$\therefore \text{ف س} = ١٢ \times \frac{3}{2} \times ١.٢$$

$$\text{ف س} = ١٢.٦ = ٣٧.٢ \text{ م}$$

$$(٤) \text{ع س} = \text{ع. جتاه} = \frac{3}{2} \times ١٢ = ١٨ \text{ م/ث} = ١٠.٤ \text{ م/ث}$$

$$\text{ع ص} = \text{ع. جاه} + \text{دز}$$

$$\text{ع ص} = ١٢ \times \frac{1}{2} - ١ \times ١٠ = ١$$

$$\text{ع ص} = -٤ \text{ م/ث}$$

(الإشارة تعني أن المقذوف يهبط إلى الأسفل)

$$\therefore \text{ع} = \sqrt{\text{ع ص} + \text{ع ص}}$$

$$\therefore \text{ع} = \sqrt{١٠.٤} + \sqrt{(-٤)} = ١٠.٨ + ٢ = ١٢.٢ = ١١.١٤ \text{ م/ث}$$

## مثال توضيحي

أطلق مقذوف بسرعة ابتدائية في اتجاه يميل بزاوية  $٤٥^\circ$  على المستوى الأفقي فوصل إلى

أقصى ارتفاع  $٤٠٠٠$  م. احسب:

(١) الزمن اللازم لوصوله إلى هذا الارتفاع.

(٢) المدى الأفقي.

(٣) سرعته بعد مرور  $٨$  ثوان من لحظة القذف.

## الإجابة النموذجية

لاحظ: يجب إيجاد السرعة الابتدائية أولاً.

$$\text{فص} = ٤٠٠٠ \text{ م}$$

$$٤٥ = \text{ه}$$

$$(١) \text{ع ص} = (\text{ع. جاه})^2 + ٢ \text{ د ف ص}$$

$$\text{صفر} = (\text{ع.})^2 \left( \frac{1}{2} \right) - ٢ \times ١٠ \times \frac{٢}{٧}$$

$$\frac{٢\text{ع}^2}{2} = ٨٠٠٠٠$$

$$١٦٠٠٠٠ = ٢ \times ٨٠٠٠٠ = ٢\text{ع}$$

$$\therefore \text{ع.} = \sqrt{١٦٠٠٠٠} = ٤٠٠ \text{ م/ث}$$

$$\therefore \text{ع ص} = \text{ع. جاه} - \text{دز}$$

$$\text{صفر} = \frac{1}{2} \times ٤٠٠ - \frac{1}{٧} \text{ ز}$$

$$\text{از} = \frac{400}{2} = ٢٠٠ \text{ م/ث} \Leftrightarrow \text{ز} = \frac{400}{2 \times ١٠} = ٢٠ \text{ ث}$$

$$(٢) \therefore \text{فص} = (\text{ع. جاه}) ز + \frac{1}{2} \text{ دز}^2$$

$$\text{صفر} = 400 \times \frac{1}{2} \times z \times \frac{1}{2} \times 10^2$$

$$z = \frac{400}{2}$$

$$\text{بالقسمة على } z = \frac{80}{2} = 40 \text{ م/ث}$$

$$\text{حل ثان: } z = \text{هدف} = 2 \times z_{\text{ذروه}} \\ \therefore z = \text{هدف} = 28.28 \times 2 = 56.56 \text{ م/ث}$$

$$\therefore \text{ف} = \text{ع. جتاهز}$$

$$\therefore \text{ف} = 32000 = \frac{80}{2} \times \frac{1}{2} \times 400 = 16000 \text{ م}$$

$$(3) \text{ ع} = \text{ع. جتاه} = \frac{1}{2} \times 400 = 282.8 \text{ م/ث}$$

$$\text{ع} = \text{ع. جاه} + \text{دز}$$

$$\text{ع} = \frac{1}{2} \times 400 - 10 \times 8 = 202.8 \text{ م/ث}$$

$$\therefore \text{ع} = \text{ع}^2 + \text{ع}^3$$

$$\therefore \text{ع} = (202.8)^2 + (282.8)^2 = 348 \text{ م/ث}$$

### مثال توضيحي

قذف مدفع قذيفة لأعلى باتجاه يميل على الأفق بزاوية  $30^\circ$  فإذا كانت سرعة القذيفة الرأسية بعد مرور 4 ثوان من لحظة القذف 80 م/ث. أوجد:

(1) الارتفاع التي وصلت إليه في نفس الزمن.

(2) أقصى ارتفاع وصلت إليه القذيفة.

(3) البعد بين مكان سقوطها على الأرض والمدفع (المدى الأفقي).

(4) سرعة ارتداد المدفع علماً بأن كتلته 20 طن وكتلة القذيفة 100 كجم.

### الإجابة النموذجية

$$h = 30 \text{ م} \quad \text{ع} = 80 \text{ م/ث} \quad z = 4$$

(1) نوجد أولاً ع.  $\therefore \text{ع} = \text{ع. جاه} + \text{دز}$

$$80 = \frac{1}{2} \times 4 \times 10 - \frac{1}{2} \times 4 \times 10$$

$$\therefore 80 + 80 = \frac{0\text{ع}}{2} = 120 \leftarrow \frac{0\text{ع}}{2} = 40 + 80 \leftarrow \text{ع} = 2 \times 120 = 240 \text{ م/ث}$$

$$\therefore \text{ف} = \text{ع} = \text{ع. جاه} + z = \frac{1}{2} \text{ دز}$$

$$\therefore \text{ف} = 240 = \frac{1}{2} \times 4 \times 10 - \frac{1}{2} \times 4 \times 10$$

$$= 80 - 480 = 400 \text{ م}$$

$$\therefore \text{ع} = \text{ع. جاه} + \text{دز} = 2 + \text{دز}$$

$$\therefore (80) = \left(\frac{1}{2} \times 240\right) - \left(\frac{1}{2} \times 240\right) \times 10 \times 2$$

$$6400 = 14400 - 20 \text{ ف}$$

$$20 \text{ ف} = 14400 - 6400$$

$$\therefore \text{ف} = \frac{8000}{20} = 400 \text{ م}$$

$$(2) \therefore \text{ع} = \text{ع. جاه} + \text{دز}$$

$$\text{صفر} = \frac{1}{2} \times 240 - 10 \times z$$

$$120 = 120 \leftarrow z = \frac{120}{10} = 12 \text{ ث}$$

$$\therefore \text{فص} = (\text{ع. جاه}) z + \frac{1}{2} \text{ دز}^2$$

$$\text{فص} = 12 \times \frac{1}{2} \times 240 - 12 \times 10 \times \frac{1}{2} = 1440 - 60 = 1380 \text{ م}$$

$$1380 = 720 - 1440 = 720 \text{ م} \quad (3) \quad \therefore z \text{ هدف} = 2 \times z \text{ نزوه}$$

$$z \text{ هدف} = 12 \times 2 = 24 \text{ ث}$$

$$\text{حل ثان:} \therefore \text{فص} = (\text{ع. جاه}) z + \frac{1}{2} \text{ دز}^2 \therefore \text{صفر} = 240 \times \frac{1}{2} \times z - 10 \times z^2$$

$$z^2 = 120$$

$$\text{بالقسمة على 5} \quad z = \frac{120}{5} = 24 \text{ ث}$$

$$\therefore \text{فص} = \text{ع. جاه} z = 24 \times 24 = 576 \text{ م}$$

$$= 2880 = 3 \times 960 \text{ م}$$

$$(4) \quad \text{ك} = 2 \text{ طن} = 2 \times 1000 = 2000 \text{ كجم} \quad \text{ك} = 100 \text{ كجم} \quad \text{ع} = ?$$

$$\therefore \text{كت صاروخ} = \text{كت قذيفة} \quad \text{ك} \times \text{ع} = \text{ك} \times \text{ع}$$

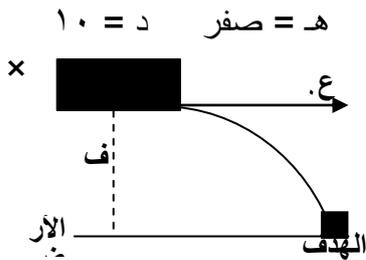
$$2000 \times 100 = 100 \times \text{ع} \quad \therefore \text{ع} = \frac{24000}{2000} = 12 \text{ م/ث}$$

الإشارة السالبة تعني أن سرعة الارتداد في اتجاه معاكس لحركة القذيفة.

## مثال توضيحي

أطلق صاروخ من طائرة هيلوكبتر أفقياً بسرعة 100 م/ث فسقط على بعد 2 كم من المسقط الرأسى للطائرة . احسب:  
(1) زمن وصولها لهذا البعد.  
(2) ارتفاع الطائرة لحظة إطلاق الصاروخ.

## الإجابة النموذجية



$$\text{ع} = 100 = \text{ف} \quad \text{ف} = 2 \text{ كم} = 2000 \text{ م} \quad 2000 = 1000 \times 2$$

$$(1) \quad \therefore \text{ف} = \text{ع. جتاه} z \quad z = 20 \text{ ث}$$

$$z = \frac{2000}{100} = 20 \text{ ث}$$

$$(2) \quad \therefore z \text{ هدف} = z \text{ نزوه} \quad \text{في هذه الحالة فقط.} \quad \therefore z \text{ نزوه} = 20 \text{ ث}$$

$$\therefore \text{ف} = (\text{ع. جاه}) z + \frac{1}{2} \text{ دز}^2$$

$$\therefore \text{ف} = 20 \times 100 + \frac{1}{2} \times 10 \times 20^2 = 2000 + 2000 = 4000 \text{ م}$$

$$\text{ف} = \text{صفر} + 2000 = 2000 \text{ م}$$

## تعريف

(1) **كمية التحرك الخطي:** كمية فيزيائية تساوي حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته.

وتتوقف كمية التحرك على عاملين: (1) كتلة الجسم. (2) سرعة الجسم.

(2) **قانون حفظ كمية التحرك الخطي:** كمية التحرك الكلية للأجسام المتصادمة قبل التصادم تساوي كمية التحرك الكلية لها بعد التصادم.

- (٣) **التصادم المرن:** هو التصادم الذي تكون فيه مجموع الطاقة الحركية للأجسام المتصادمة قبل التصادم مساوية لمجموع الطاقة الحركية لها بعد التصادم.
- (٤) **التصادم غير المرن:** هو التصادم الذي تكون فيه الطاقة الحركية للأجسام المتصادمة بعد التصادم أقل من طاقتها الحركية قبل التصادم.
- (٥) **التصادم في بعد واحد:** هو التصادم الذي يتحرك الجسمان بعد التصادم على نفس الخط المستقيم كما قبل التصادم.
- (٦) **التصادم في بعدين:** هو التصادم الذي فيه يتحرك الجسمان بعد التصادم في اتجاهين مختلفين يصنعان زاويتين مع اتجاه خط الحركة الابتدائي (محور السينات).
- (٧) **الصاروخ ذاتي الدفع:** وسيلة لحمل الأقمار الصناعية ومركبات الفضاء والمسابر إلى الفضاء وهو يعمل طبقاً لقانون حفظ كمية التحرك الخطي وقانون نيوتن الثالث.
- (٨) **سرعة الإفلات من الجاذبية:** هي سرعة إفلات الجسم من الجاذبية الأرضية وتساوي ١١.٢ كم/ث.
- (٩) **القمر الصناعي:** عبارة عن جسم يدور حول جسم آخر ويجهز بأجهزة علمية لاستكشاف الفضاء.
- (١٠) **سرعة الدوران (السرعة المدارية للقمر الصناعي):** هي سرعة دوران القمر الصناعي حول الأرض في مسار دائري له نصف قطر ثابت وبسرعة ثابتة. حيث تتناسب السرعة عكسياً مع الجذر التربيعي لنصف قطر المدار أي على ارتفاع القمر عن سطح الأرض.
- (١١) **الحركة الدائرية (الزاوية):** هي الحركة التي يتحرك فيها الجسم حول محور ثابت بسرعة زاوية.
- (١٢) **السرعة الزاوية ( $\omega$ ):** هي معدل تغير الإزاحة (الدورانية) بالنسبة للزمن.
- (١٣) **كمية التحرك الزاوي:** عبارة عن حاصل ضرب عزم القصور الذاتي الدوراني في السرعة الزاوية.
- (١٤) **القصور الذاتي الدوراني:** هي مقاومة الجسم لعزم القوة التي تحاول أحداث تغيير في حالة حركة الجسم الدورانية.
- (١٥) **قانون حفظ كمية التحرك الزاوي:** "تظل كمية التحرك الزاوي لجسم (أو عدة أجسام) ثابتة ما لم تؤثر عليها عزوم دوران خارجية".
- (١٦) **زاوية القذف (ه):** هي الزاوية المحصورة بين سرعة المقذوف والمحور الأفقي.
- (١٧) **زمن وصول المقذوف للذروة:** أي زمن وصول المقذوف لأقصى ارتفاع.
- (١٨) **ذروة القذف (فص):** أي أقصى ارتفاع وصل إليه المقذوف.
- (١٩) **زمن وصول القذيفة للهدف (ز هدف):** أي زمن عودة المقذوف إلى نفس السطح الأفقي الذي قذف فيه.
- (٢٠) **المدى الأفقي:** أي المسافة التي قطعها الجسم المقذوف على المحور السيني حتى يصل إلى نقطة الهدف أو بعد الهدف عن مكان إطلاق المقذوف.

## قوانين

### ١) كمية التحرك لجسم:

$$كت = ك \times ع \quad \text{كجم. م/ث (جم.سم/ث)} \quad (\text{مثال ١})$$

### ٢) قانون حفظ كمية التحرك الخطي للتصادم المرن:

$$ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢ = ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢ \quad (\text{مثال ٢, ٣})$$

### ٣) قانون حفظ كمية التحرك الخطي للتصادم الغير مر:

$$ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢ = ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢ \quad (\text{مثال ٤, ٥, ٦})$$

### ٤) قانون حفظ كمية التحرك الخطي للتصادم في بعدين:

$$ك_١ ع_١ = ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢ + ك_٣ ع_٣ \quad (\text{مثال ٧, ٨})$$

التصادم المرن:

$$ك_١ ع_١ = ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢ + ك_٣ ع_٣ \quad (\text{مثال ٧, ٨})$$

$$ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢ = ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢ + ك_٣ ع_٣ \quad (\text{مثال ٩})$$

التصادم الغير مر:

$$ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢ + ك_٣ ع_٣ = ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢ + ك_٣ ع_٣ \quad \text{م/ث}$$

### ٥) قوة دفع الصاروخ وحساب كمية التحرك له وسرعة:

(مثال ١٠، ١١)

ق الدفع = ك<sub>١</sub>ع<sub>١</sub> (صاروخ) = - ك<sub>٢</sub>ع<sub>٢</sub> (غازات)

**٦) قوة صعود الصاروخ وحساب عجلة الصعود:**

(مثال ١٢)

ق الصعود = ق الدفع - ك<sub>١</sub>د نيوتن.

$$ح = \frac{ق \text{ صعود}^1}{م}$$

**٧) سرعة الإفلات من الجاذبية:**

(مثال ١٣، ١٤)

$$ع = \sqrt{2} \text{ دنق} \sqrt{\frac{م}{ك}} \text{ (كم/ث)}$$

**٨) سرعة دوران القمر الصناعي (السرعة المدارية):**

(مثال ١٥، ١٦)

$$ع = \sqrt{\frac{ج \text{ ك} \text{ أرض}}{م}} \text{ (كم/ث)}$$

**٩) حركة المقذوفات:**

(أ) زمن وصول القذيفة للذروة:

$$ع \text{ ص} = ع. \text{جاه} + دز$$

بشرط ع ص = صفر

**(ب) ذروة القذف:**

$$ف \text{ ص} = (ع. \text{جاه}) ز + \frac{1}{2} دز^2$$

في وجود الزمن

$$أو ع \text{ ص}^2 = (ع. \text{جاه})^2 + ٢ دز \text{ ف ص}$$

في عدم وجود الزمن

**(ج) زمن وصول القذيفة للهدف:**

$$ز \text{ هدف} = ٢ \times ز \text{ ذروه}$$

(مثال ١٧، ١٨، ١٩)

$$أو ف \text{ ص} = (ع. \text{جاه}) ز + \frac{1}{2} دز^2$$

بشرط ف ص = صفر

**(د) المدى الأفقي:**

$$ف \text{ س} = ع. \text{جتاح} ز$$

حيث ز هدف

**(هـ) سرعة القذيفة بعد أي فترة زمنية:**

$$ع \text{ س} = ع. \text{جتاح}$$

$$ع \text{ ص} = ع. \text{جاه} + دز$$

$$ع = ع \text{ س} + ع \text{ ص}$$

**\* عند إطلاق قذيفة أفقيه:**

## تعليقات

التعليق (التفسير)	الحقيقة العلمية
لكبر كتلتها فتزداد كمية تحركها.	١ كمية تحرك سيارة أكبر من كمية تحرك لعبة على هيئة سيارة تتحرك بنفس السرعة؟
لكبر كتلتها فتقل سرعتها فيلزم بذل شغل أكبر لزيادة سرعتها.	٢ نبتل شغل أكبر لتحريك سيارة نقل كبيرة بنفس سرعة سيارة صغيرة؟
لزيادة سرعتها فتزداد كمية تحركها ويزداد الاخرق.	٣ تأثير رصاصة منطلقة من مسدس أكبر من الاخرق فما لو كانت منطلقة باليد؟
لأن الطاقة الحركية تكون ثابتة فقط في حالة التصادم المرن أما في التصادم الغير مرن فتفقد طاقة حركية في صورة صوت - حرارة.	٤ الطاقة الحركية لأي تصادم ليست ثابتة؟
لأنها تنتقل من جسم لآخر عند التصادم فتظل ثابتة.	٥ كمية التحرك لأي تصادم ثابتة؟
لأنه لا يوجد تصادم يفقد كل الطاقة الحركية ولكن قد يفقد جزء منها أو معظمها.	٦ لا يوجد في الحياة تصادم عديم المرونة؟
بسبب رد فعل الهواء الخارج على البالون.	٧ اندفاع البالون المنفوخ بالهواء في اتجاه عكس خروج الهواء من الفتحة؟
بسبب رد فعل الغازات الساخنة المندفعة من محركاته على الصاروخ لأعلى.	٨ اندفاع الصاروخ النفث لأعلى؟
حتى يتمكن القمر من الخروج من مقاومة الهواء والدوران في مدار حول الأرض.	٩ يطلق الصاروخ الحامل للقمر الصناعي بسرعة ٨ كم/ث؟
حتى تصبح بعيدة عن مقاومة الهواء الجوي لأنه في حالة وجود مقاومة الهواء عند سرعته الهائلة هذه فإن القمر ينصهر أي يتحول الحديد إلى سائل.	١٠ توضع الأقمار الصناعية على ارتفاع ١٥٠ كم من سطح الأرض
لأن المدى الذي يقطعه أفقياً يعتمد على مقدار سرعته ولذلك عند سرعة معينة (٨ كم/ث) فإن القمر يدور حول الأرض في مسار دائري ثابت وبسرعة ثابتة.	١١ دوران القمر حول الأرض في مسار دائري له نصف قطر ثابت وبسرعة ثابتة.
لأنه يتحرك في اتجاه عمودي على اتجاه قوة الجاذبية الأرضية فلا تتأثر مقدار سرعته ولكن يتأثر اتجاه السرعة فيتحرك موازياً لسطح	١٢ سرعة دوران قمر صناعي حول الأرض ثابتة على الرغم من وجود الجاذبية الأرضية.

التعلييل (التفسير)	الحقيقة العلمية
الأرض وبسرعة ثابتة.	
لأنه مهما كان ارتفاع مداره عن الأرض فإن الجاذبية الأرضية لا تنعدم.	١٣ من الخطأ القول أن القمر الصناعي يوضع خارج نطاق الجاذبية.
لأن سرعة القمر تتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي لنصف قطر المدار أو بمعنى آخر ارتفاعه عن سطح الأرض لذلك تزداد سرعته كلما قل ارتفاعه عن سطح الأرض وتقل سرعته كلما زاد ارتفاعه أي أبعد.	١٤ تزداد سرعة القمر الصناعي كلما اقترب مداره من سطح الأرض وتقل كلما ابتعد؟
لأن العجلة تحاول مقاومة أي تغيير لحالتها الدورانية حول محورها.	١٥ صعوبة إيقاف عجلة دراجة هوائية تدور حول محورها.
لأن كمية التحرك الزاوي للأرض مقدار ثابت طالما لم يؤثر عليها عزوم دوران خارجية.	١٦ محور دوران الأرض ثابت بالنسبة للكون المحيط.
لأن العجلة التي يتحرك بها على المستوى الأفقي = صفر أي لا تتأثر بقوة الجاذبية أفقياً ولذلك يتحرك في هذه الحالة بسرعة منتظمة ثابتة.	١٧ السرعة الأفقية للجسم المقذوف في الهواء ثابتة.

### (١) مقارنة بين التصادم المرن والتصادم غير المرن:

التصادم المرن	التصادم غير المرن
١ يحافظ على قانون بقاء كمية التحرك الخطي	١ يحافظ على قانون بقاء كمية التحرك الخطي.
٢ لا ينتج عنه فقد في الطاقة الحركية.	٢ ينتج عنه فقد في الطاقة الحركية على صورة حرارة - ضوء - صوت.
٣ لا ينتج عنه تكون جسم جديد بعد التصادم.	٣ ينتج عنه تكون جسم واحد جديد بعد التصادم.
٤ مثال له: تصادم جزيئات الغاز في إناء مغلق.	٤ مثال له: تصادم رصاصة مع هدف.

### الإجابة النموذجية لتقويم الوحدة من الكتاب المدرسي

إجابة السؤال الأول:

ضع علامة (✓) أمام الفقرة الصحيحة وعلامة (x) أمام الفقرة الخطأ فيما يأتي:

- (أ) تظل الطاقة الحركية لأي تصادم ثابتة. (x)  
(ب) تُحمل الصواريخ ذاتية الدفع وفق مبدأ حفظ كمية التحرك. (✓)  
(ج) تعمل البالونة المنفوخة والمتروكة حرة ومفتوحة بمبدأ الفعل ورد الفعل. (✓)  
(د) مبدأ الفعل ورد الفعل لا ينطبق خارج الغلاف الجوي للأرض. (x)

- (ه) ٨ كم/ث هي سرعة إفلات الأجسام من الأرض. (×)
- (و) في حالة إفلات الجسم من الأرض فإن طاقته الحركية تقل عن طاقة الوضع. (✓)
- (ز) تزداد سرعة القمر الصناعي في حالة قربته من الأرض. (✓)
- (ح) يبسر القمر الصناعي موازياً لجاذبية الأرض. (×)
- (ط) تعتمد السرعة المدارية للقمر الصناعي على نصف قطر المدار. (✓)
- (ي) كمية التحرك الزاوي كمية متجهة. (×)
- (ك) السرعة الزاوية لجسم =  $\frac{\text{كمية التحرك الزاوي}}{\text{عزم القصور الذاتي الدوراني}}$  (✓)
- (ل) ثبوت كمية التحرك الزاوي لا يتغير بتغير العزم. (×)

### السؤال الثاني:

إذا كانت كمية التحرك لصاروخ  $٥ \times ١٠^٨$  كجم. م/ث، وكانت سرعته  $٥ \times ١٠^٣$  م/ث. فما كتلته؟

### إجابة السؤال الثاني:

$$\begin{aligned} \therefore \text{كت} &= \text{ك} \times \text{ع} \\ \therefore ١٠^٨ \times ٥ &= \text{ك} \times ٥ \times ١٠^٣ \\ \text{ك} &= \frac{٨10 \times 5}{310 \times 5} = ١٠^٥ \text{ كجم.} \end{aligned}$$

### السؤال الثالث:

إذا كانت سرعة الإفلات لصاروخ من الجاذبية الأرضية هي  $١١.٢$  كم/ث وكانت عجلة الجاذبية الأرضية  $٩.٨$  م/ث<sup>٢</sup>. فما مقدار نصف قطر الأرض.

### إجابة السؤال الثالث:

$$\begin{aligned} \text{ع} &= ١١.٢ \text{ كم/ث} = ١١.٢ \times ١٠^٣ \text{ م/ث} = ٩.٨ \text{ م/ث}^٢ \text{ نق} = ؟ \\ \therefore \text{ع} &= ٢ \text{ د نق} \\ ١١.٢ \times ١٠^٣ &= ٢ \times ٩.٨ \times \text{نق} \\ \text{بتربيع الطرفين} &\leftarrow ١٢٥.٤٤ \times ١٠^٦ = ١٩.٦ \text{ نق} \\ \therefore \text{نق} &= \frac{610 \times 12544}{196} = ٦١٠ \times ٦.٤ \text{ م} \end{aligned}$$

### السؤال الرابع:

يتحرك جزيء غاز بسرعة  $١٥٠$  م/ث نحو جزيء غاز آخر ساكن "فرضاً" ومساو له في أكتله ، وبعد التصادم تحرك الجزيء الأول في اتجاه يصنع زاوية مقدارها  $٣٠^\circ$  مع خط حركته الابتدائية ومتعامداً مع اتجاه حركة الجزيء الثاني . أحسب :-  
(أ) سرعته واتجاهه بعد التصادم .  
(ب) الطاقة الحركية المفقودة نتيجة التصادم .

### إجابة السؤال الرابع:

$$\begin{aligned} \text{أ) } \text{ك}_١ &= \text{ك}_٢ \\ \text{هـ}_١ &= ٣٠^\circ \\ \text{ع}_١ &= ؟ \\ \text{ب) } \text{ع}_١ &= ١٥٠ ، \\ \text{هـ}_٢ &= ٩٠ - ٣٠ = ٦٠^\circ \\ \text{ع}_٢ &= ؟ \\ \text{ج) } \text{ع}_١ &= \text{ع}_٢ \\ \text{هـ}_١ &= \text{هـ}_٢ \end{aligned}$$

### الحركة في الاتجاه الأفقي:

$$\begin{aligned} \therefore \text{ع}_١ + \text{ع}_٢ &= \text{ع}_١ + \text{ع}_٢ \\ \therefore ١٥٠ + \text{صفر} &= \frac{1}{2} \times \text{ع}_١ + \frac{3}{2} \times \text{ع}_٢ \end{aligned}$$

$$\frac{100}{2} + 3 = 100$$

$$(1) \leftarrow \frac{100}{2} + 3 = 100$$

الحركة في الاتجاه الرأسي:

$$\therefore \frac{100}{2} \text{ جا هـ} = \frac{100}{2} \text{ جا هـ}$$

$$\therefore \frac{3}{2} \times \frac{100}{2} = \frac{1}{2} \times 100$$

$$(2) \leftarrow \frac{3}{2} \times \frac{100}{2} = \frac{1}{2} \times 100$$

بالتعويض من ٢ في ١

$$\therefore \frac{100}{2} + \frac{3}{2} \times \frac{100}{2} = 100$$

$$100 = \frac{300}{4} = \frac{100}{2} \leftarrow \frac{100}{2} = 50 \text{ م/ث}$$

بالتعويض في ٢ عن قيمة ١

$$\therefore \frac{100}{2} = 50 \text{ م/ث}$$

(ب) # طاح = طاح بعد التصادم — طاح قبل التصادم

$$\# \text{ طاح} = \frac{1}{2} \text{ ك} \times \frac{1}{2} - \left[ \left( \frac{1}{2} \text{ ك}_1 \times \frac{1}{2} \right) + \left( \frac{1}{2} \text{ ك}_2 \times \frac{1}{2} \right) \right]$$

$$\left[ \left( \frac{1}{2} \times 10 \right) + \left( \frac{1}{2} \times 18 \right) \right] - \left( \frac{1}{2} \times 10 \right) \times \frac{1}{2} =$$

$$(432 + 486) - 450 =$$

$$918 - 450 = 468 \text{ جول}$$

### السؤال الخامس:

عربة كتلتها ٥ طن تتحرك بسرعة ٣٦ كم/ساعة في اتجاه الشرق تصادمت مع عربة أخرى كتلتها ٤ طن تتحرك بسرعة ٧٢ كم/ساعة في اتجاه الشمال ، إذا التصقت العربتان وتحركتا معا كحطام بعد التصادم فأحسب ما يلي :-

(أ) السرعة التي يتحرك بها الحطام بعد التصادم مباشرة .

(ب) الزاوية التي تصنعها مع اتجاه الشرق .

(ج) الطاقة الحركية المفقودة أثناء التصادم .

### إجابة السؤال الخامس:

$$\text{ك} = 5 \text{ طن} = 1000 \times 5 = 5000 \text{ كجم} = 36 \text{ كم/س}$$

$$10 \text{ م/ث} = \frac{5}{18} \times 36$$

$$\text{ك} = 4 \text{ طن} = 1000 \times 4 = 4000 \text{ كجم} = 72 \text{ كم/س}$$

$$20 \text{ م/ث} = \frac{5}{18} \times 72 =$$

### (أ) الحركة في الاتجاه الأفقي:

$$\therefore \text{ك}_1 \text{ ع}_1 + \text{ك}_2 \text{ ع}_2 = (\text{ك}_1 + \text{ك}_2) \text{ ع}_3$$

$$\therefore 1000 \times 50 + 1000 \times 0 = 9000 \text{ ع}_3$$

$$\text{ع}_3 = \frac{50000}{9000} = 5.6 \text{ م/ث}$$

### الحركة في الاتجاه الرأسي:

$$\therefore \text{ك}, \text{ع}, \text{ك} + \text{ع} = (\text{ك} + \text{ك}) \text{ع} \text{ ص}$$

$$\therefore \text{صفر} + 20 \times 4000 = 90000 \text{ع} \text{ ص}$$

$$\text{ع} \text{ ص} = \frac{80000}{9000} = 8.9 \text{ م/ث}$$

$$\therefore \text{ع} \text{ ص} = \sqrt{\text{ع} \text{ ص} + \text{ع} \text{ ص}^2}$$

$$\text{ع} \text{ ص} = \sqrt{(8.9)^2 + (10.5)^2} = 13.5 \text{ م/ث}$$

$$\text{ب) } \therefore \text{ع} \text{ ص} = \text{ع} \text{ جتاه}$$

$$\therefore 5.6 = 10.5 \times \text{جتاه}$$

$$\therefore \text{جتاه} = \frac{5.6}{10.5} = 0.53 \text{ م/ث} \therefore \text{ه} = 85^\circ$$

$$\text{ج) ج طاح} = \text{طاح بعد} - \text{طاح قبل}$$

$$= \left[ \frac{1}{2} \times 10 \times 4000 + \frac{1}{2} \times 10 \times 5000 \right] - \frac{1}{2} \times 10.5 \times 90000$$

$$= 105000 - 496125 = -391125 \text{ جول}$$

الإشارة السالبة تعني أن هناك فقد في الطاقة الحركية .

#### السؤال السادس :-

أحسب الارتفاع فوق سطح الأرض لقمر صناعي يتحرك في مسار دائري بسرعة مدارية مقدارها 4 كم/ث.

#### إجابة السؤال السادس :-

$$\text{ع} = 4 \text{ كم/ث} = 4 \times 10^3 \text{ م/ث} \quad \text{نق} = 64 \times 10^6 \text{ م}$$

$$\text{ل} = ??$$

$$\therefore \text{ع} = \frac{\text{ج ك} \text{ نق}}{\sqrt{\text{نق مدار}}}$$

$$\therefore 4 \times 10^3 = \frac{10 \times 10^6 \times 6 \times 10^{24}}{\sqrt{\text{نق مدار}}}$$

$$\therefore 16 \times 10^6 = \frac{10 \times 4 \times 10^{27}}{\text{نق مدار}}$$

$$\text{نق مدار} = \frac{10 \times 4 \times 10^{27}}{16 \times 10^6} = 2.5 \times 10^7 \text{ م}$$

$$\therefore \text{نق مدار} = \text{ل} + \text{نق}$$

$$\therefore 2.5 \times 10^7 = \text{ل} + 64 \times 10^6$$

$$\therefore 250 \times 10^6 = \text{ل} + 64 \times 10^6$$

$$\therefore 186 \times 10^6 = \text{ل}$$

$$\therefore \text{ل} = 186 \times 10^6 \text{ م} = 186000 \text{ كم}$$

### السؤال السابع :-

أطلع مدفع قذيفه بسرعة ابتدائية مقدارها  $2\sqrt{2} \times 200$  م/ث باتجاه يصنع زاوية مقدارها  $54.5^\circ$  مع الاتجاه الأفقي بإهمال مقاومة الهواء واعتبار عجلة الجاذبية الأرضية  $10$  م/ث<sup>2</sup> أوجد:  
(أ) ذروة القذف (ب) المدى الأفقي  
(ج) سرعة القذيفة الكلية بعد مرور  $35$  ثانية من لحظة القذف .  
(د) ارتفاع القذيفة بعد مرور  $35$  ثانية من لحظة القذف .

### إجابة السؤال السابع :-

$$v_{0x} = 2\sqrt{2} \times 200 \cos 54.5^\circ = 450 \text{ م/ث}$$

$$(أ) \therefore v_{0y} = 2\sqrt{2} \times 200 \sin 54.5^\circ = 260 \text{ م/ث}$$

$$\text{صفر} = (260 - 10t) \Rightarrow t = 26 \text{ ث}$$
$$20 \text{ فص} = 40000$$

$$20000 = \frac{400}{20} \text{ فص} = 2000 \text{ م}$$

$$(ب) \text{ ز هف} = \frac{v_{0y}}{g} = \frac{260}{10} = 26 \text{ ث}$$

$$\text{ز هف} = \frac{1}{2} \times 260 \times 26 = 3380 \text{ م}$$

$$\therefore \text{ ف س} = \text{ع} - \text{ج ت ه ز}$$

$$\therefore \text{ ف س} = 2600 - 3380 = -780 \text{ م}$$

$$\text{ ف س} = 8000 \text{ م}$$

$$(ج) \text{ ع س} = \text{ع ه ج ت ه ز} = 2600 - 3380 = -780 \text{ م}$$

$$\text{ع ص} = \text{ع ه ج ت ه ز} = 2600 - 3380 = -780 \text{ م}$$
$$\text{ع} = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2} = \sqrt{450^2 + 260^2} = 520 \text{ م/ث}$$

$$(د) \text{ ف ص} = \text{ع ه ج ت ه ز} - \frac{1}{2} \text{ د ز} = 2600 - 3380 = -780 \text{ م}$$

$$\text{ ف ص} = 2600 - 3380 = -780 \text{ م}$$

### السؤال الثامن :-

مقذوف ذروة قذفه  $40$  متر ومداه الأفقي  $160$  متر  $3$  متر أحسب :-  
(أ) الزاوية التي قذف بها .  
(ب) سرعته الابتدائية .

### إجابة السؤال الثامن :-

$$\text{ ف ص} = 40 \text{ م} \quad \text{ ف س} = 160 \text{ م}$$

$$(أ) \therefore v_{0y} = 40 \text{ م/ث} \quad v_{0x} = 160 \text{ م/ث}$$

$$\therefore \text{ صفر} = (40 - 10t) \Rightarrow t = 4 \text{ ث}$$

$$160 = v_{0x} \times 4 \Rightarrow v_{0x} = 40 \text{ م/ث}$$

∴ ف س = ع جتاه ز هدف

$$\frac{\text{ع جتاه}}{\text{ه}} = \text{∴ ز هدف}$$

$$\frac{\text{ع جتاه} \times \text{ع جتاه}}{\text{ه}} = \text{∴ ف س}$$

$$\frac{\text{ع جتاه}^2}{\text{ه}} = 3 \times 160$$

$$\text{ع جتاه}^2 = 3 \times 800 \quad \leftarrow (2)$$

بقسمة (1) على (2)

$$\frac{\text{جتاه}}{\text{جتاه}} = \frac{1}{3} \quad \therefore \text{ظاهر} = \frac{\text{جتاه}}{3}$$

$$\therefore \text{ه} = 300$$

$$\text{(ب) بالتعويض في (1)} \quad \left(\frac{1}{2} \times \text{ع}\right) = 800$$

$$3200 = 4 \times 800 = \text{ع}^2$$

$$\text{ع} = \sqrt{3200} = 56.6 \text{ م/ث}$$