

# Conservation of Momentum

## الحفاظ على الزخم

*by*

Nada Saab-Ismael, PhD, MAT, MEd, IB

**P3.3b** Predict how the change in velocity of a small mass compares to the change in velocity of a large mass when the objects interact (e.g., collide).

**P3.5a** Apply conservation of momentum to solve simple collision problems.

العناصر:

1- حفظ الزخم

2- اصطدام جسمين يتحركان في نفس الاتجاه

3- اصطدام جسمين يتحركان في اتجاهين متعاكسين

4- اصطدام جسمين أحدهما في حالة سكون والآخر متحرك

5- جسمان يبدآن من الراحة ويدفعان بعضهما البعض

## مبدأ الحفاظ على الزخم الخطي

يعد قانون الحفاظ على الزخم أحد أهم القوانين في العلم. يمكن استخدامه لشرح ما يحدث عندما تصطدم الأشياء.

التي تعمل على نظام من الكائنات تساوي صفرًا ، فإن (Fnet) إذا كانت القوة الخارجية الصافية للنظام يظل بدون تغيير (ثابت) (Ptotal) الزخم الخطي الكلي

يفسر الحفاظ على الزخم الخطي حركة كرات البلياردو بعد اصطدام كرة البولينج بتناثر دبابيس البولينج.

الزخم الكلي قبل الاصطدام = الزخم الكلي بعد الاصطدام

$$\begin{array}{ccc} \rightarrow & & \rightarrow \\ \mathbf{p}_{\text{total}} & \text{(before the impact or collision)} = & \mathbf{p}_{\text{total}} & \text{(after the impact or collision)} \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} \rightarrow & & \rightarrow \\ \text{إجمالي } p & \text{(بعد التأثير أو التصادم)} = & p & \text{(قبل التأثير أو التصادم)} \end{array}$$

صافي القوة الخارجية ( $F_{net}$ ) هو صفر عند عزل نظام الكائنات. هذا يعني أن الأشياء لا يتم سحبها أو دفعها بأي شيء خارج نظامها. لا بأس إذا دفعوا وسحبوا بعضهم البعض داخل النظام.

### Conservation of Momentum

**When**  $\vec{F}_{net} = 0$  **then**  $\vec{P}_{total}$  is constant

Total momentum before the collision = Total momentum after the collision

$$\vec{\mathbf{p}}_{total} \text{ (before the collision)} = \vec{\mathbf{p}}_{total} \text{ (after the collision)}$$

**Recall:**  $\mathbf{P}$  is the momentum =  $m v$ ,

$$\text{Sum of all } (m \times v) \text{ (before the collision)} = \text{Sum of all } (m \times v) \text{ (after the collision)}$$

## خطوات حل المشكلات باستخدام قانون الحفظ على الزخم

في تطبيق حفظ الزخم

حدد النظام المعزول ، حيث صافي القوة الخارجية يساوي صفرًا

رسم صورتين: واحدة للنظام قبل الاصطدام والأخرى للنظام بعد الاصطدام

يحدد الاتجاه الذي يتم اختياره باعتباره الاتجاه الإيجابي ، ثم يكون الاتجاه المعاكس هو الاتجاه السلبي.

الزخم له نفس اتجاه السرعة

اكتب البيان بأن الزخم الكلي قبل الاصطدام هو نفسه الزخم الكلي بعد الاصطدام

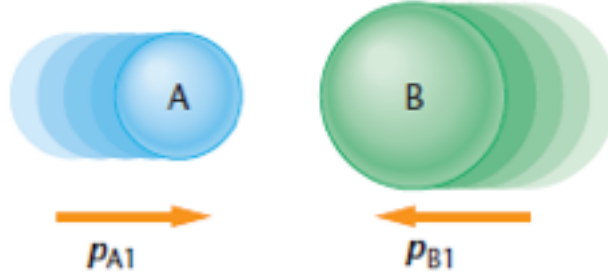
Total momentum **before** the collision = Total momentum **after** the collision

الزخم الكلي قبل الاصطدام = الزخم الكلي بعد الاصطدام

اكتبها كمعادلة أيضًا. حل المعادلة.

## مثال 1: الحفاظ على زخم كرات البلياردو.

قبل B وزخم الكرة ، PA1 قبل الاصطدام هو A تتجهان نحو التصادم. زخم الكرة B و A كرتا بلياردو  
PB1 الاصطدام هو.

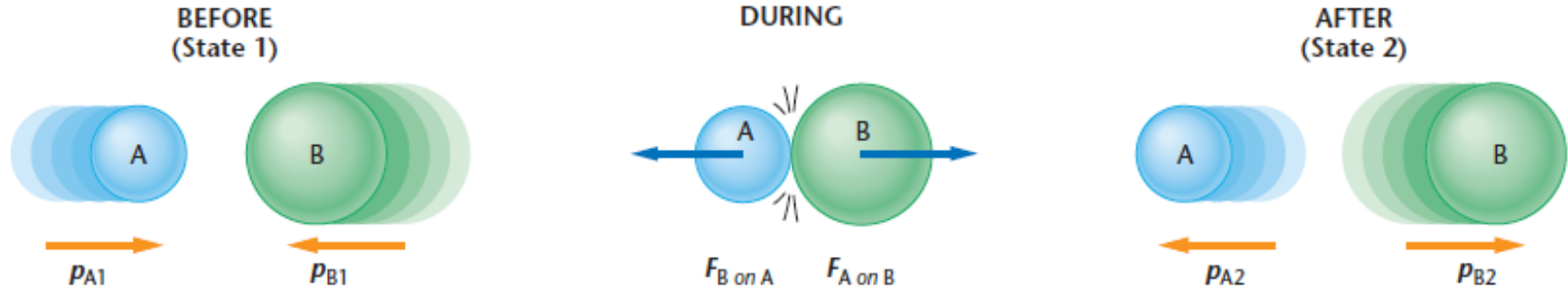


قارن بين زخم الكرات قبل الاصطدام وبعده. ق  $p_{B1}$ .

## خطوات حل المشكلة:

أ. القوة الكلية المؤثرة على الكرتين أعلاه تساوي صفرًا. لذلك ، فإن النظام معزول

ب. هذا رسم تخطيطي للتصادم مع الحالتين: الحالة 1 قبل التصادم والحالة 2 لما بعد التصادم



ج) الاتجاه إلى اليمين هو الاتجاه الإيجابي. إذن ، الاتجاه إلى اليسار سلبي. الزخم  $P$  له نفس اتجاه السرعة.

إذن ، PA1 موجب و PB1 سالب.  
موجب PB2 سلبي و PA2 ، إذن

د) عندما تصطدم الكرتان ، يتم الحفاظ على الزخم (ع) أو يبطل كما هو

Total momentum **before** the collision = Total momentum **after** the collision  
الزخم الكلي قبل الاصطدام = الزخم الكلي بعد الاصطدام

هـ) المعادلة:

$$P_{A1} + P_{B1} = P_{A2} + P_{B2}$$

Sum of all (m X v) (**before the collision**) = Sum of all (m X v) (**after the collision**)

مجموع الكل (م × ت) (قبل الاصطدام) = مجموع الكل (م × ت) (بعد التصادم)

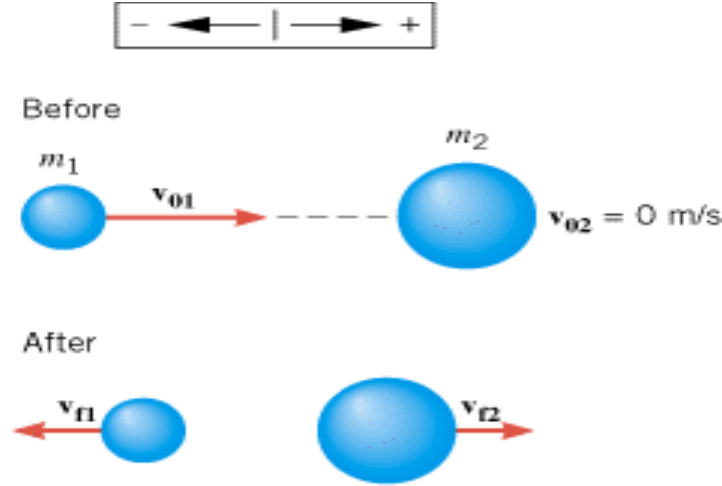
$$(m_{A1} \times v_{A1}) + (m_{B1} \times v_{B1}) = (m_{A2} \times v_{A2}) + (m_{B2} \times v_{B2})$$



## مثال 2: تضرب الكرة كرة أخرى أثناء الراحة.

تضرب كرة ثانية كتلتها م 2 (م / ث 8.3)  $v_{01}$  تتحرك بسرعة ثابتة (كجم 0.200)  $m_1$  قبل: كرة لينة كتلتها (م / ث 0) ( $v_{02} = 0$ ) وهي في حالة سكون.

وتتحرك الكرة الثانية بسرعة (م / ث 3.2)  $v_{f1}$  بعد الاصطدام ، تترد الكرة القادمة مباشرة للخلف بسرعة  $v_{f2}$ . احسب  $v_{f2}$ .



Data Table					
$m_2$	$m_1$	$V_{02}$	$V_{01}$	$V_{f1}$	$V_{f2}$
0.45 kg	0.200 kg	0 m/s	8.3 m/s	-3.2 m/s	?

أ) القوة الكلية المؤثرة على الكرتين تساوي صفرًا. لذلك ، فإن النظام معزول.  
الاتجاه إلى اليمين هو الاتجاه الإيجابي.  
موجب  $V_{01}$  ، إذن

موجب  $V_{f2}$  سالب و  $V_{f1}$

د) يتم الحفاظ على الزخم (ع) أو يظل كما هو

الزخم الكلي قبل الاصطدام = الزخم الكلي بعد الاصطدام

هـ) المعادلة

Sum of all (m X V) (before the collision) = Sum of all (m X V) (after the collision)

مجموع الكل (م × ت) (قبل الاصطدام) = مجموع الكل (م × ت) (بعد التصادم)

$$(m_1 \times v_{01}) + (m_2 \times v_{02}) = (m_1 \times v_{f1}) + (m_2 \times v_{f2})$$

(before the collision) (after the collision)

$$(m_1 \times v_{01}) + (m_2 \times v_{02}) - (m_1 \times v_{f1}) = m_2 \times v_{f2}$$

$$[(m_1 \times v_{01}) + (m_2 \times v_{02}) - (m_1 \times v_{f1})] / m_2 = v_{f2}$$

$$[(0.2 \times 8.3) + (0.45 \times 0) - (0.2 \times (-3.2 \text{ m/s}))] / 0.45 = v_{f2}$$

$$[1.66 \quad + 0 \quad + 0.64] / 0.45 = v_{f2}$$

$$2.3 / 0.45 = v_{f2}$$

$$v_{f2} = 5.1 \text{ m/s}$$

تتحرك الكرة بسرعة 5.1 م / ث.

### مثال 3: اصطدام جسمين يتحركان في نفس الاتجاه

عربة سكة حديد محملة كتلتها 6000 كجم تتدحرج إلى اليمين بسرعة 3.0 م / ث  
تصطدم وتتزاوج مع عربة شحن فارغة كتلتها 3000 كجم ، وتتدحرج إلى اليمين على نفس المسار بسرعة  
2.0 م / ث (ب). ما هي سرعة واتجاه الزوج بعد الاصطدام؟



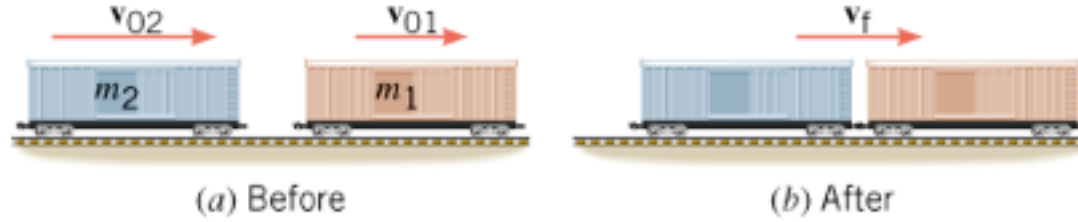
Data Table				
$m_2$	$m_1$	$v_{02}$	$v_{01}$	$v_f$
6000 kg	3000 kg	3.0 m/s	2.0 m/s	?

### مثال 3: اصطدام جسمين يتحركان في نفس الاتجاه

#### خطوات حل المشكلة:

(أ) القوة الكلية المؤثرة على عربتي السكة الحديد هي صفر. لذلك ، فإن النظام معزول

(ب) هذا رسم تخطيطي للتصادم مع الحالتين: (أ) قبل الاصطدام و (ب) لما بعد الاصطدام



(ج) الاتجاه إلى اليمين هو الاتجاه الإيجابي. إذن ، الاتجاه إلى اليسار سلبي.  
السرعة نفس اتجاه الزخم

$v_01$  و  $v_02$  موجبة.

د) عندما تصطدم سكة الحديد ، يتم الحفاظ على الزخم (ع) أو يظل كما هو.

Total momentum **before** the collision = Total momentum **after** the collision

الزخم الكلي قبل الاصطدام = الزخم الكلي بعد الاصطدام

هـ) المعادلة

Sum of all (m X v) (**before the collision**) = Sum of all (m X v) (**after the collision**)

مجموع الكل (م × ت) (قبل الاصطدام) = مجموع الكل (م × ت) (بعد التصادم)

$$(m_1 \times v_{01}) + (m_2 \times v_{02}) = (m_1 + m_2) \times v_f$$

$$(3000 \times 2.0) + (6000 \times 3.0) = (9000) \times v_f$$

$$6000 + 18000 = 9000 \times v_f$$

$$24000 = 9000 \times v_f$$

$$v_f = 24000/9000 = 2.66 \text{ m/s}$$

لذا ، تحرك الزوجان إلى اليمين بسرعة 2.66 م / ث.

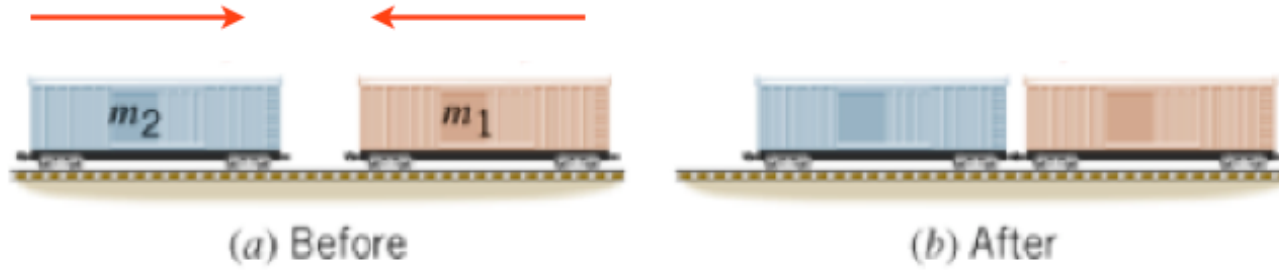
#### مثال 4: اصطدام جسمين يتحركان في الاتجاه المعاكس

(a)

عربة سكة حديد محملة كتلتها 6000 كجم تتدحرج إلى اليمين بسرعة 2.0 م / ث. تتدحرج عربة شحن فارغة كتلتها 3000 كجم إلى اليسار على نفس المسار بسرعة 3.0 م / ث

(b)

يتصادمون والزوجين. ما هي سرعة واتجاه الزوج بعد الاصطدام؟

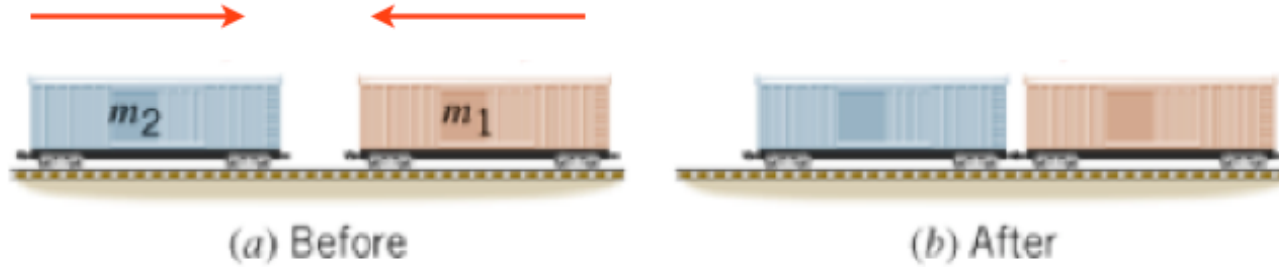
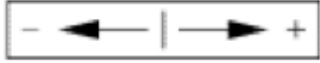


Data Table					
$m_2$	$m_1$	$v_{02}$	$v_{01}$	$v_f$	$m_1 + m_2$
6000 kg	3000 kg	2.0 m/s	- 3.0 m/s	?	9000 kg

## خطوات حل المشكلة:

أ. القوة الكلية المؤثرة على عربتي السكة الحديد هي صفر. لذلك ، فإن النظام معزول

ب. هذا رسم تخطيطي للتصادم مع الحالتين: (أ) قبل الاصطدام و (ب) لما بعد الاصطدام



ج. الاتجاه إلى اليمين هو الاتجاه الإيجابي. إذن ، الاتجاه إلى اليسار سلبي .  
السرعة نفس اتجاه الزخم .

إذن ،  $v_02$  موجب و  $v_01$  سالب.



د) عندما تصطدم سكة الحديد ، يتم الحفاظ على الزخم (ع) أو يظل كما هو.

Total momentum **before** the collision = Total momentum **after** the collision

الزخم الكلي قبل الاصطدام = الزخم الكلي بعد الاصطدام

هـ) المعادلة

Sum of all (m X v) (**before the collision**) = Sum of all (m X v) (**after the collision**)

مجموع الكل (م × ت) (قبل الاصطدام) = مجموع الكل (م × ت) (بعد التصادم)

$$(m_1 \times v_{01}) + (m_2 \times v_{02}) = (m_1 + m_2) \times v_f$$

$$(3000 \times (-3.0)) + (6000 \times 2.0) = (9000) \times v_f$$

$$- 9000 + 12000 = 9000 \times v_f$$

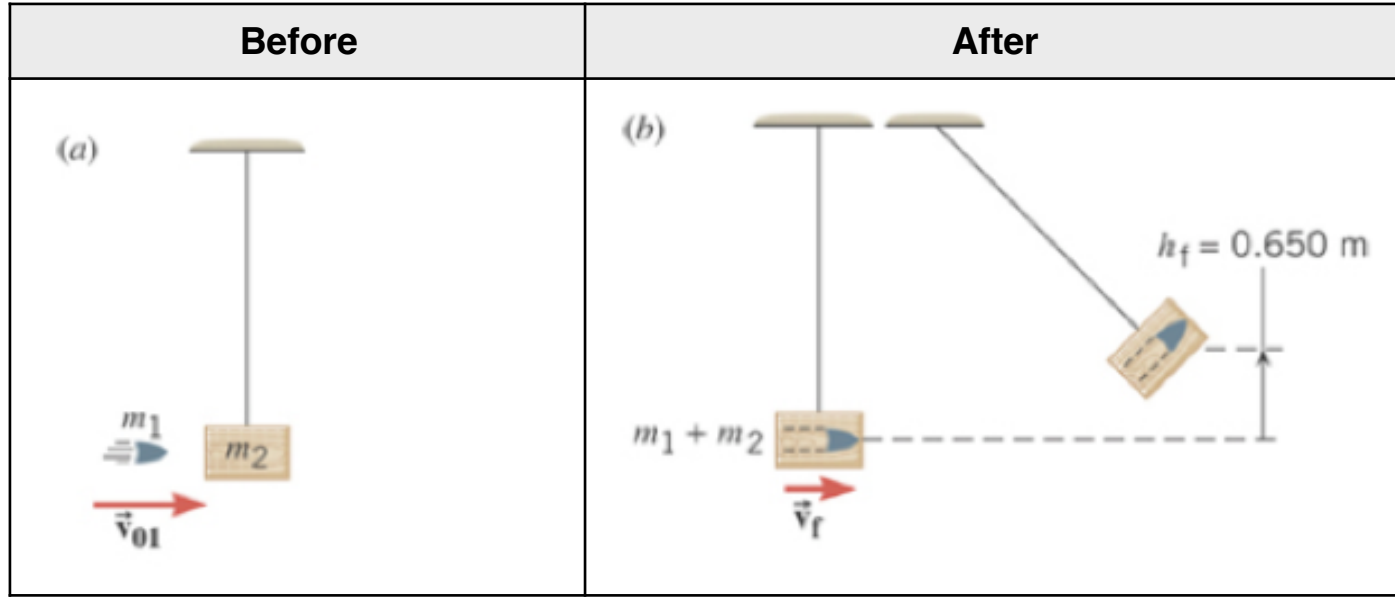
$$3000 = 9000 \times v_f$$

$$v_f = 9000/3000 = 0.33 \text{ m/s}$$

لذا ، تحرك الزوجان إلى اليمين بسرعة 0.33 م / ث

**مثال 5: اصطدام جسمين أحدهما يتحرك والآخر في حالة سكون.**

وتصطدم بكتلة من خشب (م / ث  $v_{01} = 896$ ) رصاصة ذات كتلة (م  $= 1 = 0.0100$  كجم) تطلق بسرعة (أ) ومعلقة بسلك مع كتلة ضئيلة. بعد الاصطدام (م / ق  $v_{02} = 0$ ) الكتلة (م  $= 2 = 2.5$  كجم) عند السكون (ب) ، يتأرجح كلاهما إلى ارتفاع  $0.0650$  متر. أوجد السرعة النهائية للخشب والرصاصة

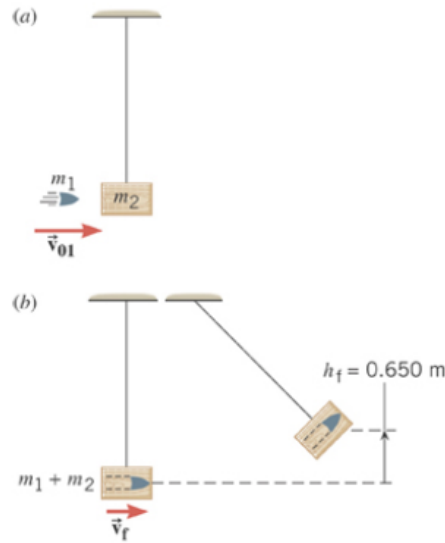


Data Table					
$m_2$	$m_1$	$v_{02}$	$v_{01}$	$v_f$	$m_1 + m_2$
2.5 kg	0.0100 kg	0 m/s	896 m/s	?	2.51 kg

### خطوات حل المشكلة:

أ. القوة الكلية المؤثرة على عربتي السكة الحديد هي صفر. لذلك ، فإن النظام معزول

ب. هذا رسم تخطيطي للتصادم مع الحالتين: (أ) قبل الاصطدام و (ب) لما بعد الاصطدام



ج. الاتجاه إلى اليمين هو الاتجاه الإيجابي. إذن ، الاتجاه إلى اليسار سلبي.  
يتم الحفاظ على الزخم (ع) أو يبطل كما هو

الزخم الكلي قبل الاصطدام = الزخم الكلي بعد الاصطدام

هـ) المعادلة

Sum of all (m X V) (before the collision) = Sum of all (m X V) (after the collision)

مجموع الكل (م × ت) (قبل الاصطدام) = مجموع الكل (م × ت) (بعد التصادم)

$$(m_1 \times v_{01}) + (m_2 \times v_{02}) = (m_1 + m_2) \times V_f$$

$$(0.010 \times 896) + (2.5 \times 0) = (2.51) \times V_f$$

$$89.6 + 0 = (2.51) \times V_f$$

$$8.96 = (2.51) \times V_f$$

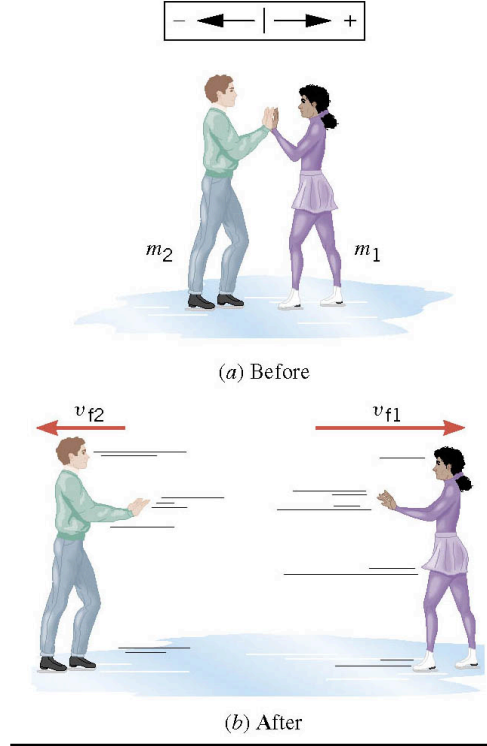
$$V_f = 89.6 / 2.51 = 3.569 \text{ m/s} = 3.57 \text{ m/s}$$

ee

**مثال 6: البدء من الراحة ، اثنان من المتزلجين يدفعان ضد بعضهما البعض.**

قبل ذلك: بدءاً من الراحة ، يدفع اثنان من المتزلجين ضد بعضهما البعض على الجليد حيث يكون الاحتكاك ضئيلاً. كتلة المرأة م 1 (54 كجم) وكتلة الرجل م 2 (88 كجم)

في الاتجاه المعاكس. أوجد سرعة الرجل  $v_{f2}$  والرجل بسرعة (م / ث 2.5)  $v_{f1}$  بعد: تتحرك المرأة بسرعة



Data Table					
$m_2$	$m_1$	$V_{02}$	$V_{01}$	$V_{f1}$	$V_{f2}$
88 kg	54 kg	0 m/s	0 m/s	2.5 m/s	?

أ) القوة الكلية المؤثرة على الشخصين هي صفر. لذلك ، فإن النظام معزول.  
الاتجاه إلى اليمين هو الاتجاه الإيجابي.

موجب  $V_{f1}$  سالب و  $V_{f2}$ .

د) يتم الحفاظ على الزخم (ع)

الزخم الكلي قبل الابتعاد = الزخم الكلي بعد الابتعاد

هـ) المعادلة

$$\text{Sum of all } (m \times v) \text{ (before)} = \text{Sum of all } (m \times v) \text{ (after)}$$

مجموع الكل (م × ت) (قبل الاصطدام) = مجموع الكل (م × ت) (بعد التصادم)

$$(m_1 \times v_{01}) + (m_2 \times v_{02}) = (m_1 \times v_{f1}) + (m_2 \times v_{f2})$$

$$(m_1 \times 0) + (m_2 \times 0) = (54 \times 2.5) + (88 \times v_{f2})$$

$$- (54 \times 2.5) = 88 \times v_{f2}$$

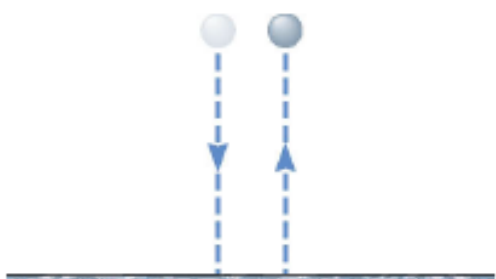
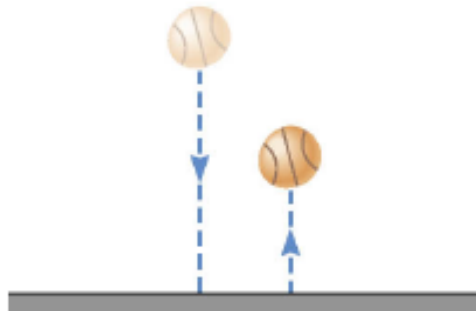
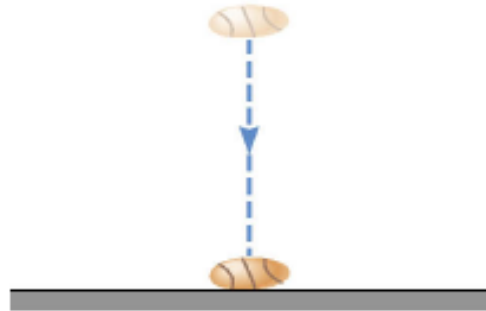
$$v_{f2} = -135 / 88 = - 1.5 \text{ m/s}$$

يتحرك الرجل للخلف بسرعة 1.5 م / ث.

**مثال 7:** يستخدم قانون الحفاظ على الزخم لشرح السرعة التي يتحرك بها الحطام مباشرة بعد الاصطدام. يعمل الحفاظ على الزخم أيضًا على وصف الانفجارات.

### المثال 8:

في أي نوع من الاصطدام ، يتم الحفاظ على الزخم دائمًا لنظام معزول.

Elastic Collision	Inelastic Collision	Completely Inelastic Collision
 <p>(a) Elastic collision</p>	 <p>(b) Inelastic collision</p>	 <p>(c) Completely inelastic collision</p>
$1/2 (m \times v_i^2) = 1/2 (m \times v_f^2)$	$1/2 (m \times v_i^2) \neq 1/2 (m \times v_f^2)$	$v_f = 0 \text{ m/s}$

$v_f$  ; speed after collision

$v_i$  ; speed before collision

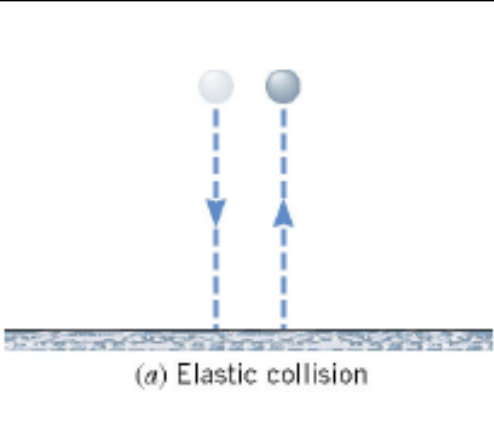
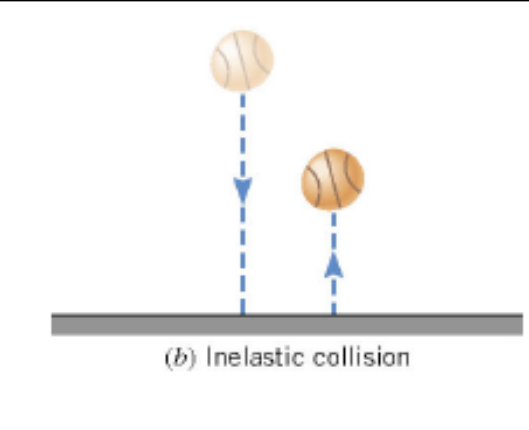
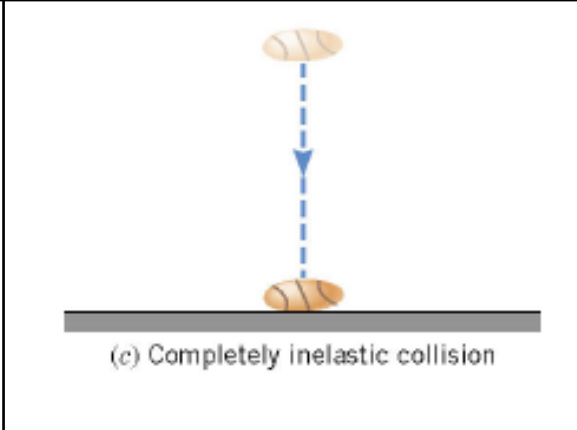
$m$ ; mass of ball

$v_f$ . السرعة بعد الاصطدام السادس ؛ السرعة قبل الاصطدام م ؛ كتلة الكرة

## أنواع الاصطدامات والطاقة الحركية

**التصادم المرن** - واحد تكون فيه الطاقة الحركية الكلية  $[1/2 (m \times v^2)]$  للنظام بعد التصادم مساوية لإجمالي الطاقة الحركية قبل الاصطدام

**تصادم غير مرن** - تصادم لا تساوي فيه الطاقة الحركية الكلية للنظام بعد الاصطدام إجمالي الطاقة الحركية قبل الاصطدام ؛ إذا التصقت الأجسام ببعضها البعض بعد الاصطدام ، يقال إن الاصطدام غير مرن تماماً

Elastic Collision	Inelastic Collision	Completely Inelastic Collision
		
$1/2 (m \times v_i^2) = 1/2 (m \times v_f^2)$	$1/2 (m \times v_i^2) \neq 1/2 (m \times v_f^2)$	$v_f = 0 \text{ m/s}$

$v_f$  ; speed after the collision

$v_i$  ; speed before the collision

$m$ ; mass of the ball

$v_f$ . السرعة بعد الاصطدام السادس ؛ السرعة قبل الاصطدام م ؛ كتلة الكرة



## ***References:***

1) Humanic. (2013). [www.physics.ohio-state.edu/~humanic/](http://www.physics.ohio-state.edu/~humanic/). In Thomas Humanic Brochure Page.

Physics 1200 Lecture Slides: Dr. Thomas Humanic, Professor of Physics, Ohio State University, 2013-2014 and Current. [www.physics.ohio-state.edu/~humanic/](http://www.physics.ohio-state.edu/~humanic/)

2) Cutnell, J. D. & Johnson, K. W. (1998). *Cutnell & Johnson Physics, Fourth Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

*The edition was dedicated to the memory of Stella Kupferberg, Director of the Photo Department: “We miss you, Stella, and shall always remember that a well-chosen photograph should speak for itself, without the need for a lengthy explanation”*

- 3) Martindale, D. G. & Heath, R. W. & Konrad, W. W. & Macnaughton, R. R. & Carle, M. A. (1992). *Heath Physics*. Lexington: D.C. Heath and Company
- 4) Zitzewitz, P. W. (1999). *Glencoe Physics Principles and Problems*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- 5) Schnick, W.J. (n.d.). *Calculus-based physics, A Free Physics Textbook*. Retrieved from <http://www.anselm.edu/internet/physics/cbphysics/index.html>
- 6) Nada H. Saab (Saab-Ismail), (2010-2013) Westwood Cyber High School, Physics.
- 7) Nada H. Saab (Saab-Ismail), (2009- 2014) Wayne RESA, Bilingual Department.