

التصادم المرن الأحادي البعد

<https://physics-zone.com/sim/1d-elastic-collision-simulation>

مقدمة:

توضح هذه المحاكاة قوانين الانحفاظ في التصادمات المرنة أحادية البعد، وهي: قانون انحفاظ الزخم الخطي وقانون انحفاظ الطاقة الحركية.

عندما يتم تعيين العوامل الأولية (كتل الكرات، وسرعاتها الأولية)، يمكن تحديد السرعات النهائية، وستلاحظ تحرك الكرات المتصادمة وفقًا لذلك.

كما توضح هذه المحاكاة فكرة أخرى، وهي أن مركز كتلة الأنظمة المعزولة يستمر في التحرك بنفس السرعة قبل الاصطدام وبعده. لإظهار ذلك، هناك خيار لأخذ لقطات متتالية لمركز كتلة النظام المكون من الكرتين على فترات زمنية متساوية، ويتم توفير علامتين (خطين عامودين قابلين للسحب) لقياس المسافة بين نقطتي الطباعة المتتالية، حتى تتمكن من التحقق أن المسافات بين هذه النقاط المتتالية متساوية، وبالتالي فإن مركز الكتلة يغطي مسافات متساوية خلال فترات زمنية متساوية، مما يعني أن سرعته ثابتة.

Elastic Collision in One Dimension

Physics-Zone.com

Tutorial

Show markers

Show velocities

Show center of mass of system

Take regular shots of center of mass

Mass m1 (kg) 5

Initial velocity V1 (m/s) 2

Mass m2 (kg) 5

Initial velocity V2 (m/s) -4

m1

m2

Distance 2.50 m

x

المستخدمون المستهدفون:

تعتبر هذه المحاكاة مفيدة عمليا وعلميا للطلاب الذين يرغبون في إجراء التجربة افتراضيا دون اللجوء إلى مختبر حقيقي (أو في حالة نقص معدات المختبر).

وهي أيضا محاكاة قيمة وعملية للمعلمين ومدرسي المختبرات الذين يرغبون في إشراك طلابهم في أداء الأنشطة المخبرية والخروج بالاستنتاجات واكتشاف المبادئ الأساسية.

نصيحتي للمدرسين الذين يرغبون بالاستفادة من هذه المحاكاة أن يقدموها بنهج الاكتشاف الموجه. بهذه الطريقة، يُوجّه التلاميذ من خلال تكرار التجربة لاكتشاف المبادئ الأساسية بدلا من تلقاها.

أهمية المحاكاة:

تعتبر تجربة الاصطدام المرن إحدى تجارب الفيزياء المعقدة. حيث يتم إجراؤها عادةً على طاولة هوائية أو على مسار هوائي، وكلاهما معدات مكلفة وتتطلب الكثير من التحضير والقياس الدقيق. ولا يمكن العثور على هذه المعدات بسهولة في كل مختبر مدرسي. لذلك، تسهل هذه المحاكاة على طلاب المدارس الثانوية أداء نشاط ميسور التكلفة يُمكنهم من اكتساب المهارات والمعرفة المطلوبة في هذا الموضوع.

لا شك أنه من الأفضل إجراء تجربة حقيقية بدلا من التجربة الافتراضية عندما يكون ذلك ممكنا. ومع ذلك، فإن للتجربة الافتراضية أهمية كبيرة في حالة نقص المعدات أو لنشاط أولي لإعداد الطلاب للمختبر الحقيقي. كذلك قد يجد المصممون التعليميون ومنشئو الدورات التدريبية هذه المحاكاة أداة مساعدة في تسهيل عملهم.

مقدمة قصيرة لقوانين الانحفاظ في الاصطدامات:

قانون انحفاظ الزخم الخطي لنظام معزول:

ينص هذا القانون على أن الزخم الخطي الكلي لنظام معزول مُنحفظ (لا يتغير).

المقصود بالنظام المعزول نظام يتكون من جسيمين أو أكثر قد تتفاعل مع بعضها البعض، ولكنها لا تتفاعل مع أي جسيمات أخرى. ونظرا لأنها لا تتفاعل مع أي جسيمات أخرى، فهذا يعني إما أنه لا توجد قوة خارجية تؤثر على هذا النظام، أو أن القوى الخارجية على النظام تلغي بعضها البعض بحيث يكون مجموع القوى الخارجية صفرًا. رياضيا نكتب القانون على النحو التالي:

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Rightarrow \sum \overrightarrow{P_{total}} = \overrightarrow{constant}$$

حيث $\sum \vec{F}_{ext}$ هو مجموع القوى الخارجية المؤثرة على النظام، و $\sum \overrightarrow{P_{total}}$ هو الزخم الخطي الكلي للنظام، كما أننا نقصد بـ $\overrightarrow{constant}$ متجه ثابت.

أثناء الاصطدام، يكون الزخم الخطي الكلي للجسيمات المتصادمة مُنحفظاً. وهذا يعني أنه يبقى ثابتاً قبل وبعد الاصطدام. وهذا صحيح بشكل عام حتى ولو كانت الجسيمات المتصادمة خاضعة لقوى خارجية مثل الوزن أو الاحتكاك (وبالتالي لا يكون النظام معزولاً). وذلك لأن القوى الخارجية مثل وزن الكرات أو الاحتكاك لا تكاد تذكر مقارنة بالقوى الداخلية التي حدثت بين الجسيمات أثناء الاصطدام. لذلك، كتقريب، يعتبر النظام معزولاً فقط أثناء الاصطدام (الذي يستمر لفترة زمنية قصيرة جداً). في هذه الحالة، نستطيع القول أن الزخم الخطي الكلي للنظام قبل الاصطدام مباشرة وبعد الاصطدام مباشرة منحفظ. رياضياً:

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Rightarrow \sum \vec{P}_{before} = \sum \vec{P}_{after}$$

في حالة تجربة هذه المحاكاة:

$$\begin{aligned} \vec{P}_{1\ before} + \vec{P}_{2\ before} &= \vec{P}_{1\ after} + \vec{P}_{2\ after} \\ \Leftrightarrow m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 &= m_1 \cdot \vec{v}'_1 + m_2 \cdot \vec{v}'_2 \end{aligned}$$



حيث \vec{v}_1 و \vec{v}_2 هما على التوالي السرعات الابتدائية للكرة ١ (ذات الكتلة m_1) والكرة ٢ (ذات الكتلة m_2)، و \vec{v}'_1 و \vec{v}'_2 هما على التوالي السرعات النهائية للكرة ١ والكرة ٢ (من الآن فصاعداً لنسميهما m_1 و m_2 للاختصار).

في تصادم أحادي البعد، يمكن استبدال متجهات السرعة \vec{v}_1 ، \vec{v}_2 ، \vec{v}'_1 و \vec{v}'_2 بقيمها الجبرية v_1 ، v_2 ، v'_1 ، و v'_2 على المحور السيني:

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v'_1 + m_2 \cdot v'_2$$

قانون انحفاظ الطاقة الحركية أثناء الاصطدام المرن:

علاوة على ذلك، إن لم يكن هناك تبديد للطاقة أثناء التصادم على شكل حراري أو بسبب التشوه الدائم للجسيمات المتصادمة أو في شكل إشعاع وما إلى ذلك، فيقال إن التصادم مرن. في هذه الحالة، تنحفظ الطاقة الحركية الكلية للجسيمات المتصادمة قبل الاصطدام وبعده مباشرة. رياضياً:

$$Elastic\ collision \Rightarrow \sum K_{before} = \sum K_{after}$$

حيث K_{before} هي الطاقة الحركية الكلية للجسيمات المتصادمة قبل الاصطدام مباشرة، و K_{after} هي الطاقة الحركية الكلية للجسيمات المتصادمة بعد الاصطدام مباشرة.

في حالة تجربة هذه المحاكاة:

$$K_{1\ before} + K_{2\ before} = K_{1\ after} + K_{2\ after}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1'^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_2'^2$$

حيث v_1 و v_2 هما على التوالي القيم الجبرية للسرعات الأولية لكل من m_1 و m_2 و v_1' و v_2' هما على التوالي القيم الجبرية للسرعات النهائية لكل من m_1 و m_2 .

التصادم المرن:

بدمج قانوني الانحفاظ أثناء التصادم المرن، يمكننا تحديد السرعات النهائية للجسيمين المتصادمين لكتل معينة بعد الاصطدام مباشرة إذا كانت السرعات الأولية للجسيمين معروفة قبل الاصطدام مباشرة. بعد بعض المعالجات الرياضية للمعادلتين:

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

9

$$\frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1'^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_2'^2$$

يمكنك إيجاد القيم الجبرية للسرعات النهائية بدلالة الكتل m_1 و m_2 والقيم الجبرية للسرعات الابتدائية:

$$v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} v_2$$

$$v_2' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1 + \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} v_2$$

ملاحظات:

في هذه المحاكاة، يمكنك أيضًا التحقق من حالتين خاصتين:

١. إذا كان الجسيمان متساويان في الكتلة، فعند التعويض في التعبيرين المذكورين أعلاه للسرعتين النهائيتين، نجد أن الجسيمين يتبادلان السرعات:

$$m_1 = m_2 \Rightarrow v_1' = v_2 \text{ and } v_2' = v_1$$

٢. إذا كان الجسيمان متساويان في الكتلة وكان الجسيم الثاني في حالة سكون ابتداءً، فإنهما يتبادلان السرعات، وبالتالي بعد الاصطدام، يتوقف الجسيم الأول ويعطي سرعته للجسيم الثاني:

$$m_1 = m_2 \text{ and } v_2 = 0 \Rightarrow v_1' = 0 \text{ and } v_2' = v_1$$

حركة مركز الكتلة لنظام معزول:

يساوي الزخم الخطي لنظام من الجسيمات ذات الكتلة الثابتة الزخم الخطي الخاص بمركز كتلته G ، حيث يُفترض أن الكتلة الكلية مُركزة في مركز الكتلة. في حالة النظام المعزول، يكون الزخم الخطي للنظام ثابتًا وبالتالي تظل سرعة مركز الكتلة G للنظام ثابتة. ومن ثم، فإن مركز الكتلة لنظام معزول يتحرك بسرعة **ثابتة** على طول خط مستقيم. رياضياً:

$$\vec{P}_{total} = M\vec{V}_G$$

حيث \vec{P}_{total} هو الزخم الخطي الكلي للنظام. M هي الكتلة الكلية للنظام، و \vec{V}_G هي سرعة مركز كتلة النظام.
في حالة النظام المعزول:

$$\vec{P}_{total} = \overline{constant} \Rightarrow M\vec{V}_G = \overline{constant} \Rightarrow \vec{V}_G = \overline{constant}$$

وبالتالي، يتحرك مركز الكتلة G بسرعة منتظمة.

إرشادات العمل الخاصة بالمحاكاة:

في هذا القسم، سنستعرض كل عنصر من عناصر المحاكاة ونوضح وظيفتها.

Tutorial

لاحظ أنه يمكنك أيضًا استعراض هذا البرنامج التعليمي في المحاكاة بالنقر فوق الزر البرنامج التعليمي "Tutorial".

١. تكبير / تصغير زر التبديل: انقر على هذا الزر للتبديل بين وضع ملء الشاشة واستعادة وضع النافذة.



٢. m_1 و m_2 : هذه هي الكرات المتصادمة ذوات كتل m_1 و m_2 تُحدد مسبقًا من قِبَل المُستخدم).
عندما تبدأ التجربة، سوف تتحرك بسرعات يحددها مسبقًا المستخدم أيضًا. لاحظ أنها تصطدم بمرونة، وبذلك يتم تطبيق قانون انحفاظ الزخم الخطي وقانون انحفاظ الطاقة الحركية أثناء التصادم.



٣. المحور السيني: هذا هو المحور الذي تتحرك عليه الكرتان. تذكر أن التجربة أحادية البعد، لذا فإن كل كرة ستتحرك إما لليساار أو لليمين.



٤. زر التشغيل: عند الانتهاء من ضبط عوامل التجربة (كتل الكرتين m_1 و m_2 ، وسرعتهم V_1 و V_2) ، انقر على هذا الزر لبدء حركة الكرتين.



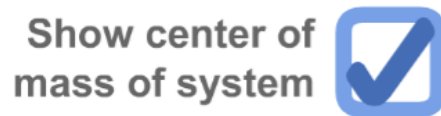
٥. زر إعادة التعيين / الإيقاف: انقر على هذا الزر لإيقاف التجربة الحالية وإرجاع الكرتين إلى موضعهما الأولي، دون إعادة ضبط كتلتهم أو سرعتهم.




٦. زر الاختيار "إظهار السرعات": اضغط على زر الاختيار هذا لإظهار متجهات السرعة على كل من الكرتين.



٧. زر الاختيار "إظهار مركز كتلة النظام": اضغط على زر الاختيار هذا لإظهار مركز كتلة الكرتين أثناء تحركهما.



٨. زر الاختيار "أخذ لقطات منتظمة لمركز كتلة النظام": اضغط على زر الاختيار هذا لاستنساخ مركز كتلة الكرتين على المحور السيني بشكل دوري (كل فترة زمنية ثابتة). يوضح ذلك لك أن مركز الكتلة يغطي مسافات متساوية في كل فترة زمنية متساوية.

Take regular
shots of center of
mass of system 


٩. زر الاختيار "إظهار العلامات": ضع علامة على زر الاختيار هذا لتمكين رؤية العلامتين الرأسيتين (خطين عامودين قابلين للسحب). عندما تريد قياس المسافة بين موضعين على المحور x ، اسحب هذين الخطين وضع أحدهما في موضع والثاني في الموضع الآخر، فسترى المسافة بين هذين الموضعين معروضة داخل مربع النص المسمى "مسافة".

Show
markers 

١٠. مربع النص "مسافة": يعرض مربع النص هذا المسافة بين العلامتين الرأسيتين على المحور x . يفيد ذلك في قياس المسافة بين نقطتين متتاليتين لمركز كتلة النظام المكون من الكرتين ولإثبات أنهما متباعدتان بشكل متساوٍ وبالتالي يتحرك مركز الكتلة بسرعة منتظمة.

Distance **2.50 m**

١١. زر التعديل "Mass m_1 ": استخدم هذا الزر لزيادة أو إنقاص الكتلة m_1 للكورة ١ بمقدار ١ كجم في كل خطوة.

Mass
 m_1 (kg) **5** 

١٢. زر التعديل "Mass m_2 ": استخدم هذا الزر لزيادة أو إنقاص الكتلة m_2 للكورة ٢ بمقدار ١ كجم في كل خطوة.

Mass
m2 (kg) 3

١٣. زر التعديل "السرعة الابتدائية V_1 ": استخدم هذا الزر لزيادة أو إنقاص سرعة الكرة m_1 بمقدار ١ م/ث في كل خطوة. لاحظ أن السرعة الموجبة تعني أن الكرة تتحرك في الاتجاه الموجب (إلى اليمين)، بينما تعني السرعة السالبة أن الكرة تتحرك في الاتجاه السالب (إلى اليسار).

Initial
velocity
V1 (m/s) 2

١٤. زر التعديل "السرعة الابتدائية V_2 ": استخدم هذا الزر لزيادة أو إنقاص سرعة الكرة m_2 بمقدار ١ م/ث في كل خطوة. لاحظ أن السرعة الموجبة تعني أن الكرة تتحرك في الاتجاه الموجب (إلى اليمين)، بينما تعني السرعة السالبة أن الكرة تتحرك في الاتجاه السالب (إلى اليسار).

Initial
velocity
V2 (m/s) -4

١٥. "السرعة الابتدائية ل m_1 ": قبل الاصطدام، يعرض هذا النص السرعة الابتدائية ل m_1 .

Initial velocity of m1: $V1(initial) = 2 \text{ m/s}$

١٦. "السرعة الابتدائية ل m_2 ": قبل الاصطدام، يعرض هذا النص السرعة الابتدائية ل m_2 .

Initial velocity of m2: $V2(initial) = -4 \text{ m/s}$

١٧. "السرعة النهائية ل m_1 ": بعد الاصطدام، يعرض هذا النص السرعة النهائية ل m_1 .

final velocity of m1: $V1(final) = -4.00 \text{ m/s}$

١٨. "السرعة النهائية ل m_2 ": بعد الاصطدام، يعرض هذا النص السرعة النهائية ل m_2 .

final velocity of m_2 : $V_2(\text{final}) = 2.00 \text{ m/s}$

خاتمة:

من خلال هذه المحاكاة الغنية بعناصر التحكم والمرئيات لتوضيح قوانين الانحفاظ في التصادم أحادي البعد، وباستخدام المنهجيات التعليمية المناسبة، ستتوفر الفرصة للمدرس لتنمية روح الاكتشاف لدى المتعلمين وتقديم مفهوم التصادم في عرض تقديمي بسيط وواضح وغني بالمرئيات ولتمكين المتعلمين من اكتساب الأهداف التعليمية المطلوبة.

وقد تمت برمجة هذه المحاكاة بأحدث أدوات الويب HTML5 / JavaScript.