

ملخص وشرح درس الزخم وحفظه مع أمثلة تدريبية



تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية

موقع المناهج ⇨ المناهج الإماراتية ⇨ الصف الحادي عشر المتقدم ⇨ فيزياء ⇨ الفصل الأول ⇨ ملفات متنوعة ⇨ الملف

تاريخ إضافة الملف على موقع المناهج: 00:59:40 2026-11-01

ملفات اكتب للمعلم اكتب للطالب | اختبارات الكترونية | اختبارات | حلول | عروض بوربوينت | أوراق عمل
منهج انجليزي | ملخصات وتقارير | مذكرات وبنوك | الامتحان النهائي | للمدرس

المزيد من مادة
فيزياء:

إعداد: اسلام سالم التواب

التواصل الاجتماعي بحسب الصف الحادي عشر المتقدم



صفحة المناهج
الإماراتية على
فيسبوك

الرياضيات

اللغة الانجليزية

اللغة العربية

التربية الاسلامية

المواد على تلغرام

المزيد من الملفات بحسب الصف الحادي عشر المتقدم والمادة فيزياء في الفصل الأول

ملخص وشرح القوى الكهروستاتيكية والكهرباء الساكنة

1

أسئلة وتدريبات الوحدة الثانية المجال الكهربائي

2

انسباير Describing Rotational Motion

3

انسباير Rotational Dynamics

4

الحركة الدائرية

5

تحميل تطبيق المناهج للهواتف الذكية

تطبيق المناهج على Play Google (أندرويد)

تطبيق المناهج على Store App (آبل)

ماكس بلانك

في الفيزياء



“ الفيزياء ليست مجرد معادلات ...
بل هي اللغة التي يفهم بها الكون نفسه ”



Mr Eslam Salem Eltwaab
— Physics —

الزخم وحفظه

الفصل الدراسي الاول 2027-2026

الدفع والزخم وحفظه Impulse, Momentum and Conservation of Momentum

الرمز	(عربي) الكمية	Quantity	الوحدة	القانون المرتبط
p	الزخم الخطي	Linear momentum	kg·m/s	$p = m v$
m	الكتلة	Mass	kg	—
v, v_i, v_f	السرعة المتجهة) عامة، ابتدائية، نهائية)	Velocity	m/s	—
F	متوسط القوة المحصلة	Average net force	N	$F = \Delta p / \Delta t$
Δt	زمن التأثير	Time interval	s	—
J	(J يُرمز له) الدفع	Impulse	$N \cdot s = kg \cdot m/s$	$I = F \Delta t = \Delta p$
Δp	التغير في الزخم	Change in momentum	kg·m/s	$\Delta p = p_f - p_i$
KE	الطاقة الحركية	Kinetic energy	J	$KE = \frac{1}{2} m v^2$
L	الزخم الزاوي	Angular momentum	kg·m ² /s	$L = I \omega$
I	عزم القصور الذاتي	Moment of inertia	kg·m ²	$L = I \omega$
ω	السرعة الزاوية	Angular velocity	rad/s	—
τ	العزم	Torque	N·m	$\tau \Delta t = L_f - L_i$

Lesson 1: Impulse and Momentum

الدرس الأول: الدفع والزخم

كلما زادت كتلة الجسم أو سرعته زاد زخمه. وعندما يتحرك الجسم في خط مستقيم يكون له زخم خطي، أما إذا تحرك في دائرة فله زخم زاوي

قانون الزخم Momentum

$$p = m v$$

الرمز	الكمية	الوحدة (SI)	النوع
p	الزخم Momentum	kg·m/s	متجهة
m	الكتلة Mass	kg	قياسية
v	السرعة المتجهة Velocity	m/s	متجهة

خصائص الزخم Properties

- يتناسب طرديًا مع الكتلة عند ثبات السرعة، ومع السرعة عند ثبات الكتلة؛ فإذا تضاعفت السرعة تضاعف الزخم.
- كمية متجهة: يجب اختيار اتجاه موجب أولاً؛ فيكون الزخم موجباً في الاتجاه الموجب وسالباً عكسه.
- جسمان بالسرعة نفسها في اتجاهين متعاكسين لهما زخمان متساويان مقداراً ومختلفان إشارة.
- الجسم الساكن زخمه صفر لأن سرعته صفر.
- وحدة الزخم kg·m/s وهي تكافئ وحدة الدفع N·s.

مثال 1 جسم كتلته 3 kg يتحرك بسرعة 20 km/h. احسب زخمه. A 3 kg object moves at 20 km/h. Find its momentum.

مثال 2 سيارة صغيرة كتلتها 725 kg تسير بسرعة 115 km/h شرقاً A- احسب مقدار زخمها واتجاهه B- ما سرعة سيارة ثانية كتلتها 2175 kg لها الزخم نفسه؟

مثال 3 شاحنة كتلتها 2250 kg تتحرك بسرعة 25 m/s نحو الشرق. ما زخمها؟ A 2250 kg pickup truck has a velocity of 25 m/s to the east. What is its momentum?

2- الدفع Impulse

عندما تؤثر قوة في جسم خلال فترة زمنية يتغير زخمه. ويُعرّف الدفع بأنه ناتج ضرب متوسط القوة المحصلة في زمن تأثيرها، وهو كمية متجهة اتجاهها اتجاه القوة المحصلة فهو مقياس لكيفية تغير زخم الجسم.

قانون الدفع Impulse

$$j = F \Delta t$$

Impulse = average net force $\times$ time interval. Unit: N·s = kg·m/s.

تنبيه: القوة المتغيرة Variable force

العلاقة $j = F \Delta t$ صحيحة عندما تكون F قوة محصلة ثابتة أو متوسط القوة خلال زمن التأثير. ففي التصانيمات الحقيقية تتغير القوة مع الزمن، ولا يجوز التعويض بقيمتها العظمى. في هذه الحالة يُحسب الدفع من المساحة تحت منحنى (القوة - الزمن)

Momentum vs Impulse

مقارنة بين الزخم والدفع

وجه المقارنة	الزخم	الدفع
التعريف	ناتج ضرب الكتلة في السرعة المتجهة	ناتج ضرب متوسط القوة المحصلة في زمن التأثير
الرمز والعلاقة	$p = m v$	$j = F \Delta t$
الوحدة	kg·m/s	N·s (كافئ kg·m/s)
النوع والاتجاه	متجهة، اتجاه السرعة	متجهة، اتجاه القوة المحصلة
المعنى	حالة حركة الجسم في لحظة ما	مقدار التغير الحاصل في الزخم

3-نظرية الدفع – الزخم Impulse–Momentum Theorem

تُشتق النظرية من قانون نيوتن الثاني لجسم كتلته ثابتة، مع تعريف التسارع: $a = (v_f - v_i) / \Delta t$

$$\Delta t: F \Delta t = m (v_f - v_i) \Rightarrow F = m a = m (v_f - v_i) / \Delta t$$

الطرف الأيسر هو الدفع، والأيمن هو التغير في الزخم.

نظرية الدفع – الزخم

$$j = \Delta p = p_f - p_i = m (v_f - v_i)$$

$$F \Delta t = m (v_f - v_i) \Leftrightarrow F = \Delta p / \Delta t$$

The impulse on an object equals its change in momentum. Average net force = rate of change of momentum.

فمتوسط القوة المحصلة يساوي المعدل الزمني لتغير الزخم، وهي الصيغة الأعم لقانون نيوتن الثاني.

حالات خاصة Special cases

- إذا بدأ الجسم من السكون: $v_i = 0$
- إذا توقف الجسم: $v_f = 0$
- إذا تحرك بسرعة ثابتة $v_f = v_i$: فيكون الدفع صفرًا.

ثلاث طرق لإيجاد الدفع Three methods

الطريقة	العلاقة	متى تُستخدم؟
1. من القوة والزمن	$j = F \Delta t$	عند معرفة القوة المتوسطة وزمن تأثيرها
2. من تغير الزخم	$j = m (v_f - v_i)$	عند معرفة الكتلة والسرعتين
3. من الرسم البياني	المساحة تحت منحنى (القوة – الزمن)	عند إعطاء المنحنى

مثال 4 ضغط سائق على المكابح وتوقفت السيارة في 2.0 s كان مقدار متوسط قوة الكبح $5.0 \times 10^3 \text{ N}$. أما مقدار التغير في الزخم؟ (B) إذا توقفت السيارة فما زخمها الابتدائي واتجاهه؟

.....

.....

.....

مثال 5 يسرع سائق عربة ثلج كتلتها 240.0 kg فتزداد سرعتها من 6.00 m/s إلى 28.0 m/s خلال 60.0 s في الاتجاه نفسه (شرقًا). أوجد: (A) التغير في الزخم، (B) الدفع، (C) متوسط القوة.

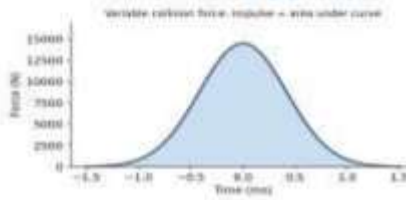
.....

.....

.....

مثال 6 كرة كتلتها 0.174 kg قُذفت أفقيًا بسرعة 26.0 m/s ، وبعد ضربها بالمضرب تحركت في الاتجاه المعاكس بسرعة 38.0 m/s .
A- ما التغير في زخمها؟ (B) ما الدفع؟ (C) ما متوسط القوة إذا استمر التلامس 0.80 ms ؟

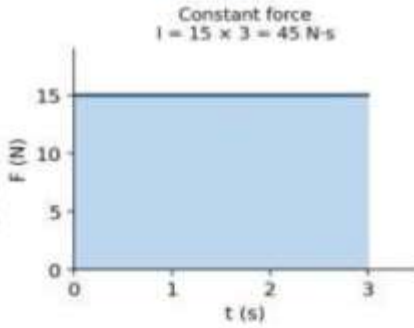
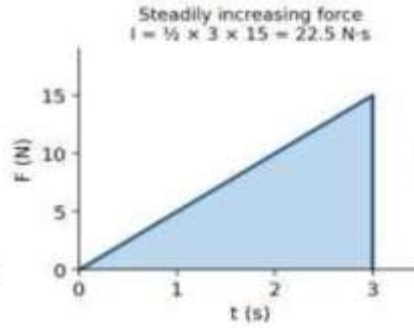
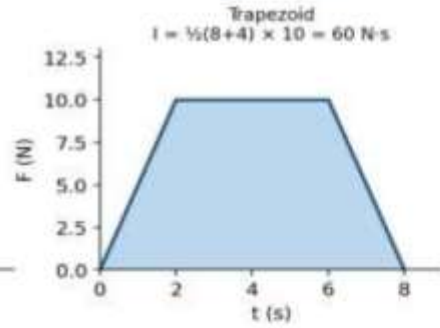
مثال 7 ضرب لاعب كرة جولف كتلتها 55 g ساكنة بقوة متوسطة 235 N فتحررت بسرعة 65 m/s . ما زمن التلامس؟



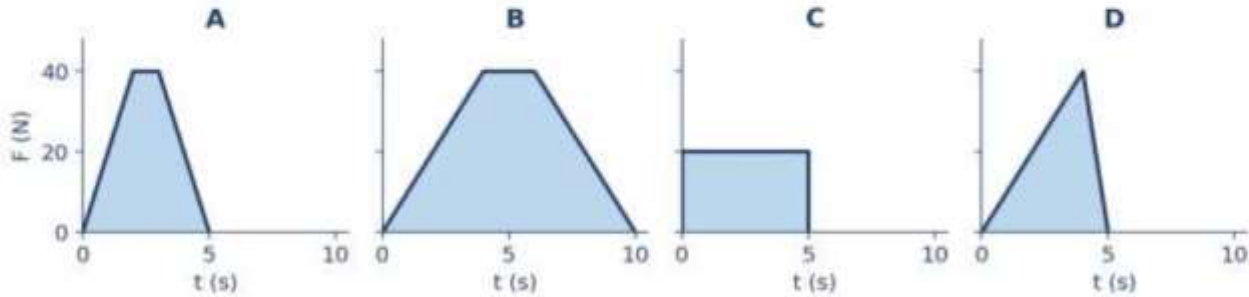
4-منحنيات الدفع Impulse Graphs

منحنى القوة – الزمن Force–time graph

• المساحة تحت المنحنى تساوي $F \Delta t$



تمثل الرسوم A و B و C و D قوة محصلة مؤثرة في جسم ساكن. أي الرسوم يمثل أكبر دفع؟



D	D	C	C	B	B	A	A
---	---	---	---	---	---	---	---

Real-Life Applications

5-تطبيقات حياتية

التطبيق	ما الذي يتغير؟	النتيجة
الوسادة الهوائية (Air bag)	تزيد زمن توقف الراكب	تقل القوة المتوسطة المؤثرة فيه
حزام الأمان (Seat belt)	يستطيل قليلاً فيزيد زمن التوقف ويوزع القوة	تقل القوة ويقل خطر الإصابة
مقدمة السيارة القابلة للانبعاج	ينبعج الهيكل فيطول زمن التصادم	تقل القوة المنقولة إلى الركاب
ثني الركبتين عند الهبوط	يطول زمن توقف الجسم	تقل القوة في العظام والمفاصل
التقاط كرة سريعة بسحب اليد للخلف	يطول زمن إيقاف الكرة	تقل القوة المؤثرة في اليد
متابعة حركة الذراع بعد ضرب الكرة	يطول زمن التلامس	يزداد الدفع فتزداد سرعة الكرة
شبكات الإنقاذ والفرش الهوائية العملاقة	تعطي سطحاً يطيل زمن التوقف	تقل القوة على من يقفز من مبنى عالٍ
بيضة تسقط على وسادة بدل لوح صلب	التغير في الزخم نفسه لكن الزمن أطول	تقل القوة فلا تنكسر البيضة
سيارة تصطدم بكومة قش بدل جدار	يطول زمن التوقف	تقل قوة التصادم كثيراً

الفكرة الأساسية

للحصول على دفع كبير: قوة كبيرة تؤثر زمناً طويلاً.
لتقليل القوة عند توقف جسم: تزيد زمن التوقف.

مثال 8 سيارة كتلتها 2200 kg تتحرك بسرعة $94 \text{ km/h} (\approx 26 \text{ m/s})$ وتتوقف تماماً في ثلاث حالات (1) : فرملة لطيفة خلال 21 s ،
(2) فرملة شديدة خلال 3.8 s ، (3) اصطدام بحائط خلال 0.22 s . ما متوسط القوة في كل حالة؟ وماذا نستنتج؟

مثال 9 سيارة كتلتها 1400 kg تتحرك غرباً بسرعة 15 m/s تصطدم بعمود كهرباء وتتوقف خلال 0.30 s . أوجد القوة المؤثرة فيها.

أيهما له زخم أكبر: شاحنة متوقفة أم قطرة مطر ساقطة؟

Which has a larger momentum: a parked truck or a falling raindrop?

هل زخم سيارة تتحرك جنوبًا يساوي زخم السيارة نفسها تتحرك شمالًا بالسرعة نفسها؟ Is the momentum the same?

لماذا نثني ركبتينا عند الهبوط على الأرض؟ Why do we bend our knees when landing?

7- أخطاء شائعة Common Mistakes

تجنب هذه الأخطاء

الخلط بين الزخم والدفع: الزخم صفة لحالة الحركة، والدفع هو التغير في الزخم.
إهمال الإشارة: عند الارتداد تتغير إشارة السرعة؛ فتغير زخم كرة ترتد بالسرعة نفسها هو $2mv$ وليس صفرًا.
نسيان تحويل الوحدات: km/h إلى m/s ، و g إلى kg ، و ms إلى s .
استخدام القوة العظمى في $I = F \Delta t$ لقوة متغيرة؛ المطلوب المتوسط أو مساحة المنحنى.
الاعتقاد بأن الدفع الأكبر يحتاج دائمًا قوة أكبر: يمكن الحصول عليه بقوة صغيرة وزمن طويل.
الخلط بين الدفع والقوة: وحدة الدفع $N \cdot s$ ووحدة القوة N .
الخلط بين ميل منحنى (القوة - الزمن) ومساحته: المساحة هي الدفع.

8- ملخص الدرس Summary

المفهوم	القانون	ملاحظة
الزخم	$p = mv$	متجه، $kg \cdot m/s$
الدفع	$I = F \Delta t$	متجه، $N \cdot s$
الدفع من الرسم	مساحة القوة - الزمن	سالبة إذا كانت القوة سالبة
نظرية الدفع - الزخم	$I = \Delta p = m(v_f - v_i)$	الدفع = التغير في الزخم
القوة المتوسطة	$F = \Delta p / \Delta t$	تقل بزيادة زمن التأثير
ميل الزخم - الزمن	$F = \Delta p / \Delta t$	القوة المحصلة

Lesson 1 Exercises

تدريبات الدرس الأول اختر الإجابة الصحيحة

1. وحدة قياس الدفع في النظام الدولي هي:

أ N/s ب $N \cdot s$ ج $kg \cdot m/s^2$ د J

2. زخم سيارة كتلتها 1200 kg تسير بسرعة 15 m/s يساوي:

أ $80 \text{ kg} \cdot m/s$ ب $1.8 \times 10^3 \text{ kg} \cdot m/s$ ج $1.8 \times 10^4 \text{ kg} \cdot m/s$ د $1.8 \times 10^5 \text{ kg} \cdot m/s$

3. المساحة المحصورة تحت منحني (القوة – الزمن) تمثل:

- أ الزخم ب الدفع ج الشغل د الإزاحة

4. أي العلاقات الآتية لا تمثل الدفع؟

- أ $F \Delta t$ ب $m \Delta v$ ج $F / \Delta t$ د $p_f - p_i$

5. تصطدم كرة كتلتها 0.15 kg بجدار أفقيًا بسرعة 12 m/s وترتد عنه بسرعة 8.0 m/s. مقدار التغير في زخمها:

- أ 0.60 kg·m/s ب 1.2 kg·m/s ج 1.8 kg·m/s د 3.0 kg·m/s

6. عند ثبات التغير في الزخم تقل القوة المتوسطة المؤثرة في الجسم عندما:

- أ يزداد زمن التأثير ب يقل زمن التأثير ج تزداد كتلة الجسم فقط د تزداد سرعة الجسم فقط

7. جسم كتلته 4.0 kg ساكن أثرت فيه قوة محصلة ثابتة 20 N مدة 0.50 s. سرعته بعد انتهاء التأثير:

- أ 0.40 m/s ب 2.5 m/s ج 5.0 m/s د 40 m/s

8. تضاعفت سرعة جسم ثلاث مرات مع ثبات كتلته؛ فإن زخمه:

- أ لا يتغير ب يتضاعف مرتين ج يتضاعف ثلاث مرات د يتضاعف تسع مرات

9. تقلل الوسادة الهوائية خطر الإصابة لأنها:

- أ تقلل التغير في زخم الراكب ب تزيد زمن توقف الراكب فتقل القوة المتوسطة عليه
ج تزيد سرعة الراكب د تقل كتلة الراكب

10. أي علاقة تمثل الدفع؟

Which expression represents impulse?

- أ $F/\Delta t$ ب $F \Delta t$ ج $m v^2$ د F/m

5. تملك سيارة زخمًا مقداره $2.4 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ وكتلتها 1200 kg. ما سرعتها؟

A car has momentum $2.4 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ and mass 1200 kg.

- أ 10 m/s ب 20 m/s ج 30 m/s د 40 m/s

Lesson 2: Conservation of Momentum الدرس الثاني: حفظ الزخم

الشرح المبسط	العربية	English
الزخم الكلي لنظام معزول لا يتغير.	حفظ الزخم	Conservation of momentum
الأجسام موضع الدراسة.	النظام	System
(كتلة ثابتة) لا تدخل ولا تخرج منه مادة.	نظام مغلق	Closed system
لا تؤثر فيه قوة خارجية محصلة.	نظام معزول	Isolated system
بين أجسام النظام / من خارجه.	قوى داخلية / خارجية	Internal / External forces
تأثير متبادل قوي في زمن قصير.	تصادم	Collision
يحفظ الزخم والطاقة الحركية.	تصادم مرن	Elastic collision
يحفظ الزخم ولا يحفظ الطاقة الحركية.	تصادم غير مرن	Inelastic collision
يلتحم الجسمان ويحركان بسرعة واحدة.	(التحام) تصادم غير مرن تمامًا	Perfectly inelastic collision
حركة الجسم الكبير في عكس اتجاه ما يُقذف منه.	الارتداد	Recoil
حركة المركبة بقذف مادة للخلف.	(الدفع الصاروخي) الدفع	Propulsion

1- التصادم وقانون نيوتن الثالث Collisions and Newton's Third Law

عندما يتصادم جسمان A و B يؤثر كل منهما في الآخر بقوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه قانون نيوتن الثالث ، وتستمران الزمن Δt نفسه. إذن:

$$F_{AB} = -F_{BA} \Rightarrow F_{AB} \Delta t = -F_{BA} \Delta t \Rightarrow \Delta p_B = -\Delta p_A \Rightarrow \Delta p_A + \Delta p_B = 0$$

أي أن ما يكسبه أحد الجسمين من زخم يخسره الآخر بالمقدار نفسه، فالزخم الكلي لا يتغير.

قانون حفظ الزخم Conservation of momentum

$$\Sigma p_{\text{initial}} = \Sigma p_{\text{final}}$$

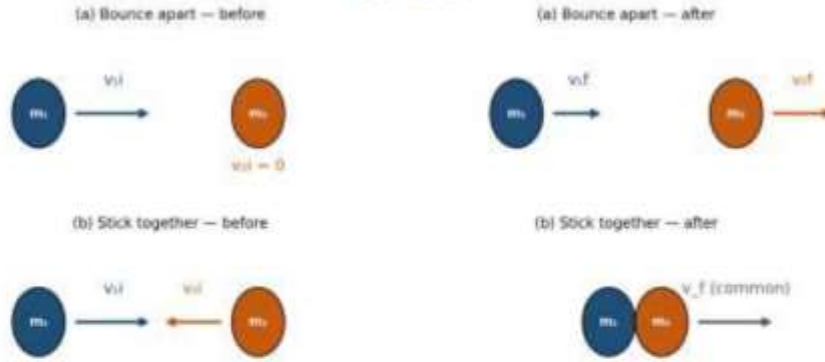
$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

The total momentum of an isolated system is constant: momentum before = momentum after.

شروط تطبيق القانون Conditions

- نظام معزول: لا قوة خارجية محصلة مثل قوة احتكاك كبيرة أو دفع من الخارج تؤثر فيه.
- نظام مغلق: لا تدخل ولا تخرج منه كتلة النظام ثابتة.
- أثناء التصادم القصير جدًا تكون القوى الداخلية أكبر بكثير من القوى الخارجية فيمكن إهمالها.
- الزخم كمية متجهة:.

2- أنواع التصادم Types of Collisions



(الشكل: (6) أ (ارتداد الجسمين)، ب (التحام الجسمين) Bounce apart and stick together

النوع	الزخم	الطاقة الحركية	ملاحظة
مرن Elastic	محفوظ	محفوظة	يرتد الجسمان دون فقد للطاقة الحركية
غير مرن Inelastic	محفوظ	غير محفوظة	يرتدان ويتحول جزء من الطاقة الحركية إلى صوت وحرارة وتشنج
غير مرن تمامًا Perfectly inelastic	محفوظ	غير محفوظة كبر فقد	يلتصمان ويتحركان بسرعة واحدة

الزخم محفوظ في جميع أنواع التصادم في نظام معزول (؛ أما الطاقة الحركية $KE = \frac{1}{2} m v^2$ فتُحفظ في التصادم المرن فقط في

مثال 10 سيارة كتلتها 1875 kg تسير بسرعة 23 m/s تصطدم من الخلف بسيارة كتلتها 1025 kg تسير في الاتجاه نفسه بسرعة 17 m/s ، فتلتصمان ما سرعهما بعد التصادم؟

A 1875 kg car at 23 m/s collides with a 1025 kg car at 17 m/s in the same direction; they stick.

Find their common speed.

مثال 11 عربة قطار كتلتها 6000 kg تتحرك بسرعة 5 m/s وتصطدم بعربة ساكنة كتلتها 4000 kg فتتقرنان. ما سرعهما؟

A 6000 kg railcar at 5 m/s couples with a stationary 4000 kg car.

مثال 12 عربة شحن كتلتها 1.75×10^4 kg تتحرك شرقاً بسرعة 5.45 m/s تصطدم بعربة ساكنة كتلتها 2.00×10^4 kg فتلتصمان. أوجد السرعة المشتركة.

مثال 13 سيارتان كتلتاهما 1200 kg شمالاً بـ 20.0 m/s و 1400 kg جنوباً بـ 22.0 m/s تتصادمان وجهاً لوجه وتلتحمان. ما سرعتهما واتجاههما؟

.....

.....

.....

مثال 14 عربة A كتلتها 0.80 kg تتحرك بسرعة 3.0 m/s وتصطدم بعربة B كتلتها ضعف كتلتها وهي ساكنة، فتتحركان معاً. أثبت حفظ الزخم.

.....

.....

.....

.....

مثال 15 كرة زرقاء كتلتها 0.15 kg تتحرك يميناً بسرعة 8.0 m/s وتصطدم بكرة حمراء ساكنة كتلتها 0.10 kg. بعد التصادم تواصل الزرقاء حركتها يميناً بسرعة 2.5 m/s. أوجد سرعة الحمراء، وهل التصادم مرن؟

A 0.15 kg blue ball (8.0 m/s) hits a stationary 0.10 kg red ball; blue continues at 2.5 m/s.

.....

.....

.....

.....

مثال 16 كرتان A و B كتلة كل منهما 0.50 kg قبل التصادم سرعة A = +2.0 m/s وسرعة B = -3.0 m/s. بعد التصادم A = -2.0 m/s و B = +1.0 m/s. تحقق من حفظ الزخم.

.....

.....

.....

مثال 17 كرة كتلتها 5.0 kg تتحرك بسرعة 10.0 m/s وتصطدم بكرة صغيرة كتلتها 1.0 kg ساكنة، فتتحرك الصغيرة بسرعة 10.0 m/s. ما سرعة الكبيرة بعد التصادم؟

.....

.....

.....

مثال 18 عربة كتلتها 1.0 kg تتحرك بسرعة 2.0 m/s وتصطدم بعربة ساكنة كتلتها 2.0 kg ، فتتحرك الثانية بسرعة 1.2 m/s أوجد سرعة الأولى بعد التصادم.

.....

.....

.....

مثال 19 كرة كتلتها 0.16 kg تتحرك بسرعة 0.50 m/s تصطدم بكرة ساكنة كتلتها 0.10 kg ، فتتحرك الثانية بسرعة 0.50 m/s إلى الأمام . ما سرعة الأولى بعد التصادم؟

.....

.....

.....

مثال 20 لاعب كرة قدم يركض بسرعة 8 m/s يصطدم بحكم كتلته 80 kg ساكن ، فيندفع الحكم للأمام بسرعة 5.0 m/s إذا كان التصادم مرئياً تمامًا فما كتلة اللاعب؟

.....

.....

.....

.....

مثال 21 كرة كرويه كتلتها 0.280 kg تصطدم تصادمًا مرئياً مباشرًا بكرة ساكنة ، فتتحرك الثانية بنصف السرعة الأصلية للأولى . ما كتلة الثانية؟

.....

.....

.....

.....

مثال 22 شاحنة A كتلتها 6000 kg تتحرك بسرعة 5.0 m/s تصطدم بشاحنة B ساكنة كتلتها 5000 kg زخم B بعد التصادم $27000 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ و مدة التصادم 0.60 s أوجد : زخم A الابتدائي ، دفع B ، القوة المتوسطة على B ، سرعة A بعد التصادم.

.....

.....

.....

.....

.....

6-الارتداد والدفع الصاروخي Recoil and Propulsion

عندما يكون النظام ساكنًا قبل «أو الانفجار» القذف يكون زخمه الكلي صفرًا، ويبقى صفرًا بعد القذف لأن القوى المؤثرة داخلية. فيتحرك الجزءان في اتجاهين متعاكسين بزخمين متساويين مقدارًا:

الارتداد Recoil

$$0 = m_A v_A + m_B v_B \Rightarrow m_A v_A = -m_B v_B$$

مثال 23 مدفع ساكن كتلته $2.0 \times 10^3 \text{ kg}$ يطلق قذيفة كتلتها 50.0 kg أفقيًا بسرعة $1.2 \times 10^2 \text{ m/s}$ في الاتجاه $+x$. أوجد:
A-دفع القذيفة في المدفع واتجاهه B-سرعة ارتداد المدفع.

مثال 24 مدفع كتلته 1385 kg يحوي كرة كتلتها 58.5 kg يطلق الكرة بسرعة 49.8 m/s شمالًا. ما سرعة المدفع بعد الإطلاق مباشرة؟

مثال 25 بندقية كتلتها $M = 4 \text{ kg}$ تطلق رصاصة كتلتها 0.010 kg بسرعة 300 m/s . ما سرعة ارتداد البندقية؟

7-حفظ الزخم في بعدين Momentum in Two Dimensions

الزخم متجه، ولذلك يُحفظ على كل محور على حدة. فإذا حدث تصادم في المستوى $(x-y)$ كتبنا معادلتين:

مركبات الزخم Components

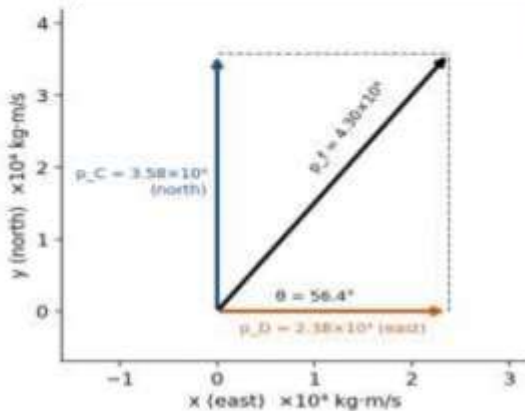
$$\Sigma p_{x,i} = \Sigma p_{x,f}$$

$$\Sigma p_{y,i} = \Sigma p_{y,f}$$

• حلل كل سرعة إلى مركبتين $v_x = v \cos \theta$ و $v_y = v \sin \theta$.

• الزخم الكلي $p = \sqrt{p_x^2 + p_y^2}$ والزاوية $\tan \theta = p_y/p_x$.

• عند الالتحام تكون السرعة النهائية $v_f = p / (m_1 + m_2)$.



مثال 26 سيارة كتلتها 1325 kg تتجه شمالاً بسرعة 27.0 m/s تصطدم بسيارة كتلتها 2165 kg تتجه شرقاً بسرعة 11.0 m/s وتلتحمان. أوجد سرعهما واتجاههما.

مثال 27 سيارة 1345 kg تتجه شرقاً بسرعة 15.7 m/s تصطدم بها سيارة 1923 kg تتجه شمالاً، فتلتحمان وتتحركان بسرعة 14.5 m/s بزاوية 63.5° مع الشرق هل تجاوزت السيارة الشمالية حد السرعة 20.1 m/s ؟

مثال 27 كرة بلياردو كتلتها 0.17 kg ساكنة تصطدم بها كرة مماثلة بسرعة 4.0 m/s. بعد التصادم تتحرك الأولى 60.0° إلى اليسار من اتجاهها الأصلي والساكنة 30.0° إلى اليمين. أوجد سرعة كل كرة.

Common Mistakes

8- أخطاء شائعة

تجنب هذه الأخطاء

نسيان الإشارات: السرعة الأقل أو المعاكسة للاتجاه الموجب سالبة.
اعتبار الطاقة الحركية محفوظة في كل تصادم؛ الزخم وحده محفوظ دائماً.
استخدام كتلة جسم واحد في الطرف الأيمن عند الالتحام؛ يجب جمع الكتلتين.
تطبيق حفظ الزخم على جسم واحد فقط (يجب أخذ النظام كله).
في بعدين: جمع المقادير بدل جمع المركبات على كل محور.
إهمال اتجاه الارتداد: سرعة ارتداد المدفع/البندقية سالبة عكس القذيفة.

9- ملخص الدرس Summary

المفهوم	القانون	ملاحظة
حفظ الزخم	$\Sigma p_i = \Sigma p_f$	نظام معزول مغلق
التحام	$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v_f$	سرعة واحدة
ارتداد من السكون	$m_A v_A = -m_B v_B$	الكتلة الأصغر أسرع
تصادم مرن	حفظ الزخم والطاقة الحركية	KE قبل = KE بعد
بعدان	حفظ كل مركبة x و y	جمع متجهات

تدريبات الدرس الثاني اختر الإجابة الصحيحة Lesson 2 Exercises

1. يسمى النظام الذي لا يكتسب كتلة ولا يفقدها:

- أ النظام المعزول ب النظام المغلق ج النظام المفتوح د النظام المحفوظ

2. لكي يكون الزخم الكلي محفوظاً يجب أن يكون النظام:

- أ مغلقاً ومعزولاً ب مغلقاً فقط ج معزولاً فقط د مفتوحاً

3. جسمان يلتصقان بعد التصادم. أي معادلة هي الأنسب؟

Two objects stick together after collision. Which equation is most appropriate?

أ $m_1v_{1i} + m_2v_{2i} = m_1v_{1f} + m_2v_{2f}$ ب $m_1v_{1i} + m_2v_{2i} = (m_1 + m_2)v_f$

ج $0 = m_1v_1 + m_2v_2$ فقط دائماً د $F = ma$

4. يقف مترلجان كتلتاهما 50 kg و 75 kg متقابلين على الجليد ثم يتدافعان. أيهما سرعته أكبر؟

- أ صاحب الكتلة 50 kg ب صاحب الكتلة 75 kg ج متساويان د لا تكفي المعلومات

5. عربة كتلتها 2.0 kg تتحرك بسرعة 3.0 m/s تلتحم بعربة كتلتها 1.0 kg ساكنة. السرعة بعد الالتحام:

- أ 1.0 m/s ب 1.5 m/s ج 2.0 m/s د 3.0 m/s

6. تطلق بندقية كتلتها 4.0 kg رصاصة كتلتها 0.010 kg بسرعة 400 m/s. مقدار سرعة ارتداد البندقية:

- أ 0.10 m/s ب 1.0 m/s ج 10 m/s د 100 m/s

7. في التصادم تام عدم المرونة (التحام الجسمين):

- أ يُحفظ الزخم ولا تُحفظ الطاقة الحركية ب تُحفظ الطاقة الحركية ولا يُحفظ الزخم
ج يُحفظ كلاهما د لا يُحفظ أي منهما

8. نظام معزول زخمه الكلي قبل التصادم 12 kg·m/s؛ زخمه الكلي بعد التصادم:

- أ صفر ب 6 kg·m/s ج 12 kg·m/s د 24 kg·m/s

9. جسمان زخماهما متساويان في المقدار ومتعاكسان في الاتجاه تصادما والتحاماً. بعد التصادم:

- أ يتوقفان معاً ب يتحركان في اتجاه الجسم الأخف
ج يتحركان في اتجاه الجسم الأثقل د لا يمكن التحديد

Lesson 3: Angular Momentum and Its Conservation

الدرس الثالث: الزخم الزاوي وحفظه

1- الزخم الزاوي Angular Momentum

الزخم الزاوي هو زخم جسم يدور في اتجاه دورانه، ويبيّن مدى قوة الحركة الدورانية. يميل الجسم الدوار إلى مواصلة الدوران ويقاوم أي تغيير في سرعة دورانه أو اتجاه دورانه، ما لم يؤثر فيه عزم خارجي

وجه المقارنة	الحركة الخطية	الحركة الدورانية
الزخم	$p = m v$	$L = I \omega$
يعتمد على	الكتلة والسرعة الخطية	عزم القصور والسرعة الزاوية
ما يغيره	القوة	العزم
حالة الثبات	القوة المحصلة $p = 0 \Rightarrow$ ثابت	العزم المحصل $L = 0 \Rightarrow$ ثابت

الزخم الزاوي Angular momentum

$$L = I \omega$$

$$L = r \times p = r p \sin \theta$$

• I : عزم القصور الذاتي ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) ، ω : السرعة الزاوية (rad/s)

• r : متجه الموضع، p : الزخم الخطي، θ : الزاوية بين r و p .

مثال 28 جسم عزم قصوره الذاتي $2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ يدور بسرعة زاوية 1 rad/s . ما زخمه الزاوي؟

العزم والدفع الزاوي Torque and Angular Impulse

الدفع الزاوي المؤثر في جسم يساوي التغيير في زخمه الزاوي، والعزم الخارجي المحصل يساوي المعدل الزمني لتغير الزخم الزاوي:

الدفع الزاوي

$$\tau \Delta t = L_f - L_i$$

$$\tau_{\text{net}} = \Delta L / \Delta t$$

• القوة تغير الزخم الخطي، والعزم يغير الزخم الزاوي.

• إذا كانت القوة المحصلة صفراً بقي الزخم الخطي ثابتاً؛ وإذا كان العزم المحصل صفراً بقي الزخم الزاوي ثابتاً.

• قد تتغير السرعة الزاوية مع ثبات الزخم الزاوي عندما يتغير شكل الجسم؛ لأن عزم القصور يعتمد على الكتلة وعلى توزيعها حول محور الدوران.

3-قانون حفظ الزخم الزاوي Conservation of Angular Momentum

حفظ الزخم الزاوي

$$L_i = L_f$$

$$I_i \omega_i = I_f \omega_f$$



الشكل: (9) تقليل نصف قطر الدوران يقلل عزم القصور فتزداد السرعة الزاوية $\omega \uparrow \Rightarrow I \downarrow$ Skater:

التغير	عزم القصور I	السرعة الزاوية ω
تقليل نصف القطر ضم الذراعين والساقين	يقل	تزداد
زيادة نصف القطر فرد الأطراف	يزداد	تقل
عدم وجود عزم خارجي	—	I ثابت

شروط الحفظ

النظام مغلق، ولا يؤثر فيه عزم خارجي.
لا يُحفظ الزخم الزاوي مع وجود احتكاك أو عزم خارجي.

تطبيقات Applications

- الغطس: يبدأ الغطاس الدوران بدفع لوح القفز عزم خارجي لفترة قصيرة، وفي الهواء يضم ذراعيه وركبتيه فيقل I وتزداد ω ، ثم يفرد جسمه قبل الدخول إلى الماء فتقل ω فيتحكم في سرعة دورانه دون تغيير زخمه الزاوي.
 - التزلج على الجليد: يبدأ المتزلج الدوران بالدفع على الجليد، ويضم أطرافه فيزداد دورانه، ولإيقاف الدوران يؤثر بعزم آخر بالدفع على الجليد.
- مثال 29** متزلجة تدور بمعدل 2.5 دورة في الثانية وعزم قصورها $0.50 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ ، تتوقف خلال 3.0 s بجر إحدى زلاجليها على الجليد. احسب الدفع الزاوي والعزم المتوسط.

مثال 30 طالب يجلس على كرسي حر الدوران ويحمل ثقلين، عزم قصور النظام $I_1 = 2.25 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ ويتم دورة كاملة كل 1.26 s وذراعه ممدودتان
 A- السرعة الزاوية الابتدائية؟
 B- السرعة الزاوية بعد سحب الثقلين فيصبح $I_2 = 1.80 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ ؟

تدريبات الدرس الثالث Lesson 3 Exercises

1. إذا تضاعفت السرعة الزاوية لجسم دوار بينما بقي عزم القصور الذاتي ثابتاً، فإن زخمه الزاوي سيصبح:

If the angular speed doubles while I stays the same, its angular momentum will:

- أ ربع القيمة الأصلية ب نصف القيمة الأصلية ج كما هو د ضعف القيمة الأصلية

2. عندما يسحب المتزلج ذراعيه إلى الداخل فإن سرعته الزاوية عادة:

When a skater pulls his arms inward, the angular speed usually:

- أ تقل ب تزداد ج تبقى كما هي د تصبح صفراً

3. وحدة النظام الدولي للزخم الزاوي هي:

The SI unit of angular momentum is:

- أ $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ ب $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ج $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ د $\text{N} \cdot \text{m}$

4. الدفع الزاوي يساوي التغير في:

Angular impulse is equal to the change in:

- أ الموضع الزاوي ب السرعة الزاوية ج الزخم الزاوي د عزم القصور الذاتي

5. إذا كان العزم الخارجي المحصل على جسم دوار يساوي صفراً فإن زخمه الزاوي سوف:

If the net external torque is zero, its angular momentum will:

- أ يزداد ب يقل ج يبقى ثابتاً د يصبح صفراً

6. أي الإجراءات التالية سيؤدي إلى أكبر زيادة في عزم القصور الذاتي لشخص؟

Which action will increase the moment of inertia of a person the most?

- أ سحب الذراعين إلى الداخل ب ضم الساقين
 ج مد الذراعين بعيداً عن المحور د ثني الركبتين

سنوات سابقة



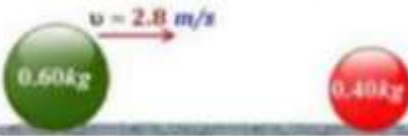
كرتان (a) و (b) الطاقة الحركية لهما متساوية، كمية الحركة للكرة (b) تساوي نصف كمية الحركة للكرة (a). إذا كانت كتلة الكرة (b) تساوي 0.75 kg، ما مقدار كتلة الكرة (a)؟

Two balls (a) and (b), have the same kinetic energy, and the momentum of ball (b) equals half of the momentum of ball (a). If the mass of ball (b) equals 0.75kg, what is the mass of ball (a)?



كرة حمراء كتلتها 0.5 kg تتحرك في خط مستقيم بسرعة 1.6 m/s فتتصادم تصادماً مرناً مع كرة زرقاء كتلتها 0.3 kg في حالة السكون. ما هي سرعة الكرة الزرقاء بعد التصادم؟

A 0.5kg red ball moving in a straight line at a velocity of 1.6 m/s collides elastically with a 0.3 kg blue ball at rest. What is the speed of blue ball after collision?



كرة خضراء كتلتها 0.6 kg تتحرك في خط مستقيم بسرعة 2.8 m/s فتتصادم تصادماً مرناً مع كرة حمراء كتلتها 0.4 kg في حالة السكون. ما هي سرعة الكرة الخضراء بعد التصادم؟

A 0.6 kg green ball moving in a straight line at a velocity of 2.8 m/s collides elastically with a 0.4 kg red ball at rest. What is the velocity of green ball after collision?

تصطدم كرة كتلتها 0.2 kg بجدار بزاوية قائمة بسرعة 10 m/s ثم ترتد عنه بنفس مقدار السرعة في الاتجاه المعاكس. إذا كان زمن التلامس بين الكرة والجدار 0.1 s ، فما مقدار القوة التي يؤثر بها الجدار على الكرة؟

A ball with a mass of 0.2 kg collides with a wall with a speed of 10 m/s at a right angle and rebounds with the same speed in the opposite direction. If the contact time between the ball and the wall is 0.1 s , what is the force exerted on the ball by the wall?

.....

.....

.....

.....

يتم إسقاط كرة مطاطية كتلتها 0.2 kg من نافذة أحد المباني. تضرب الكرة الرصيف بسرعة 30 m/s وترتد لترتفع مجدداً بسرعة 20 m/s . احسب الدفع الذي ينقله الرصيف للكرة أثناء الاصطدام.

A 0.2 kg rubber ball is dropped from a window of a building. It strikes the sidewalk below at 30 m/s and rebounds up at 20 m/s . calculate the impulse that the sidewalk exerted on the ball during the collision.

.....

.....

.....

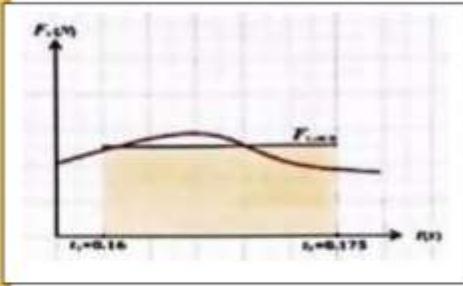
يبذل لاعب بيسبول قوة ثابتة مقدارها 130.0 N خلال فترة زمنية 5.00 ms عندما يضرب كرة بيسبول كتلتها 0.130 kg جد سرعة كرة البيسبول النهائية إذا اصطدمت بالمضرب بسرعة 40 m/s

A baseball player applies a constant force of 130.0 N over a period of 5.00 ms when he strikes a baseball with a mass of 0.130 kg . Find the final velocity of the ball if it initially hits the bat with velocity of 40 m/s .

.....

.....

.....



كرة كتلتها 0.1 kg تتحرك أفقياً بسرعة $v_x = 5 \text{ m/s}$ تصطدم بجدار عمودي وترتد بسرعة $v_x = -3 \text{ m/s}$ وبين الرسم التغير في مقدار القوة التي أثرت على الكرة خلال فترة الصدم.

- **المطلوب الأول:** احسب مقدار التغير في كمية حركة الكرة.
- **المطلوب الثاني:** أوجد مقدار متوسط القوة $F_{x, \text{ave}}$ المؤثرة في الكرة في الفترة الزمنية من t_1 إلى t_2 .

A ball of mass 0.1 kg moving horizontally with velocity $v_x = 5 \text{ m/s}$, hits a vertical wall and rebounds with velocity $v_x = -3 \text{ m/s}$. The graph shows variation of the force acting on the ball with time during the collision.

- **First Requirement:** Calculate the magnitude of the change in momentum of the ball.
- **Second Requirement:** Find the magnitude of the average force $F_{x, \text{ave}}$ acting on the ball in the time interval between t_1 to t_2 .

Modern cars are designed with airbags to reduce damage during head-on collisions. **How do airbags work to reduce damage?**

السيارات الحديثة مزودة بوسائد هوائية لتقليل الضرر أثناء الاصطدام الأمامي. **كيف تعمل الوسائد الهوائية لتقليل الضرر؟**

a- They increase the collision time and thus reduce the force acting on the driver

تزيد زمن التصادم وبالتالي تقلل من القوة المؤثرة على السائق

b- They reduce the impulse experienced by the driver during the collision and thus reduce the force exerted on the driver

تقلل مقدار الدفع الذي يتلقاه السائق أثناء التصادم وبالتالي تقلل القوة المؤثرة على السائق

- c- They increase the impulse experienced by the driver during the collision and thus reduce the force exerted on the driver
تزيد مقدار الدفع الذي يتلقاه السائق اثناء التصادم وبالتالي تقلل القوة المؤثرة على السائق
- d- They reduce the collision time and thus reduce the force acting on the driver
تقلل زمن التصادم وبالتالي تقلل من القوة المؤثرة على السائق

A runner in the Olympic games with a mass of **80kg** has a kinetic energy of **4000J**. What is the **momentum** of the runner

في الألعاب الأولمبية عداء كتلته **80kg** طاقته الحركية **4000J**. ما هو مقدار كمية الحركة للعداء؟

.....

.....

.....

.....

أي مما يلي يعبر عن قانون حفظ كمية الحركة الكلية؟

$$\vec{p}_{f1} + \vec{p}_{f2} = \vec{p}_{i1} + \vec{p}_{i2}$$

Which of the following expressions represents the law of conservation of total momentum?

$$\vec{p}_{f1} - \vec{p}_{f2} = \vec{p}_{i1} - \vec{p}_{i2}$$

$$\vec{p}_{f1} \div \vec{p}_{f2} = \vec{p}_{i1} \div \vec{p}_{i2}$$

A billiard ball moving with velocity of **2.5m/s** collides elastically with another billiard ball of the same mass **at rest**. What is the **velocity of the second ball after collision?**

$$\vec{p}_{f1} \times \vec{p}_{f2} = \vec{p}_{i1} \times \vec{p}_{i2}$$

كرة بلياردو تتحرك بسرعة **2.5 m/s** تتصادم تصادماً مرناً مع كرة بلياردو أخرى ساكنة لها نفس الكتلة. ما سرعة الكرة الثانية بعد الاصطدام؟

.....

.....

A ball with a mass of 0.2kg collides with a wall with a speed of 10m/s at a right angle and rebounds with the same speed in the opposite direction. If the contact time between the ball and the wall is 0.1s , what is the **force exerted on the ball** by the wall

تتصادم كرة كتلتها 0.2kg بجدار بزاوية قائمة بسرعة 10m/s ثم ترتد عنه بنفس مقدار السرعة في الاتجاه المعاكس. إذا كان زمن التلامس بين الكرة والجدار 0.1s ، فما مقدار القوة التي يؤثر بها الجدار على الكرة؟

ماكن بلاتك فى الفيزياء

Which physical quantity (impulse) has the same unit as that of which of the following?

الكمية الفيزيائية (الدفع) لديها وحدة قياس مماثلة لأي مما يلي؟

Which of the following is correct about elastic collisions?

أي مما يلي صحيح فيما يتعلق بالتصادمات المرنة؟

Momentum

الزخم

Power

القدرة

Force

القوة

Energy

الطاقة

Kinetic energy and momentum are both conserved.

الطاقة الحركية وكمية الحركة كلاهما محفوظتان

The total impulse is equal to the change in kinetic energy.

الدفع الكلي = التغير بالطاقة الحركية

Momentum is not conserved but kinetic energy is conserved.

كمية الحركة غير محفوظة، ولكن الطاقة الحركية محفوظة

Total mass is not conserved but momentum is conserved.

الكتلة الكلية غير محفوظة، لكن كمية الحركة محفوظة

ماكن بلاتك فى الفيزياء