

5-1 التصادمات وكمية التحرك

التصادمات

أ. صفة الحصرية

المتلاصقة

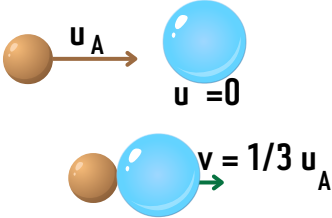
يتلامق الجسمان المتصادمان ويصبحان جسم واحد

عند اصطدام جسمين
بكتل مختلفة
($m_A \neq m_B$)

الجسم الساكن أكبر
كتلة من المتحرك

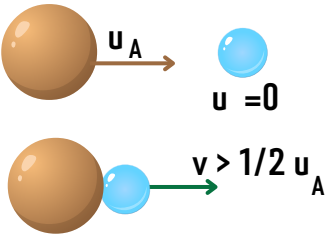
يتلامقان ويتحركان بسرعة
أقل من نصف السرعة
الابتدائية للجسم المتحرك

وإذا كانت كتلة الجسم
الساكن **ضعف** المتحرك فإن
سرعتها بعد التصادم = ثلث
السرعة الابتدائية



الجسم المتحرك أكبر
كتلة من الساكن

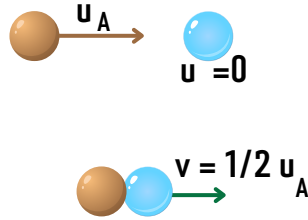
يتلامقان ويتحركان بسرعة
أكبر من نصف السرعة
الابتدائية للجسم المتحرك



عند اصطدام جسمين
بنفس الكتلة
($m_A = m_B$)

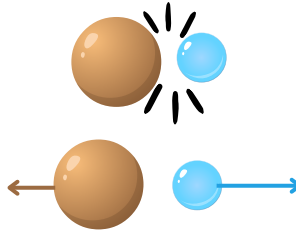
جسم متحرك
بجسم ساكن

يتلامقان ويتحركان بسرعة =
نصف السرعة الابتدائية
للجسم المتحرك



عند اصطدام جسمين
بكتل مختلفة
($m_A \neq m_B$)

الجسم ذو الكتلة الأكبر
يتحرك بسرعة أقل



الزنبركية

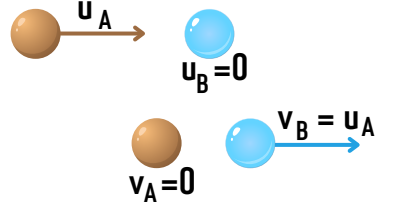
عند اصطدام جسمين
بنفس الكتلة
($m_A = m_B$)

جسم متحرك
بجسم ساكن

يتوقف الجسم المتحرك عن الحركة
بينما يتحرك الجسم الساكن بنفس
سرعة الجسم المتحرك قبل الاصطدام

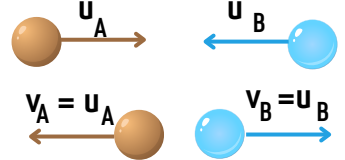
يحدث هذا عند توفر شرطين:

1. أن يكون الاصطدام مباشر من
مركز الجسمين
2. عدم دوران الجسم حول نفسه



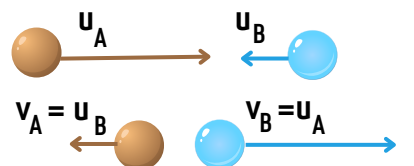
جسمين متحركين
لهما نفس السرعة

يرتدان للخلف بنفس السرعة



جسمين متحركين
بسرعات مختلفة

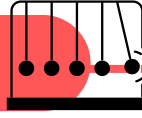
يرتدان للخلف ويتبادلان السرعات



• انتبه لإشارة السرعات المتجهة:
لليسار بالسالب، ولليمين بالموجب،
وعند ارتداد الجسم للخلف تتغير إشارة
السرعة المتجهة له.

• العلاقة بين السرعة والكتلة علاقة
عكسية: كلما ازدادت كتلة الجسم
قلت سرعته.

كمية التحرك الخطية



أ. صفة الحرفية

وحدة قياسها

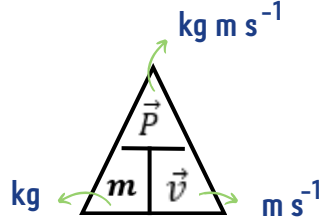
N.s

kg m s⁻¹

ليس لها اسم خاص

معادلتها

$$\vec{P} = m \vec{v}$$



مفهومها

هي حامل ضرب كتلة جسم ما في سرعته المتجهة

وهي **كمية متجهة** : لها مقدار واتجاه (نفس اتجاه السرعة)

مبدأ حفظ كمية التحرك

في النظام المغلق تكون كمية التحرك الكلية للأجسام ثابتة، أي أن كمية التحرك قبل التصادم تساوي كمية التحرك بعد التصادم

كمية التحرك الكلية = كمية التصادم الكلية للأجسام قبل التصادم للأجسام بعد التصادم

$$\vec{P}_1 = \vec{P}_2$$

النظام المغلق:

هو نظام تتفاعل فيه الأجسام بحيث لا توجد قوة محصلة خارجية تؤثر عليه

5-2: حفظ الطاقة

مبدأ حفظ الطاقة



الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن يمكن تحويلها من شكل إلى آخر



يتحول بعض الطاقة إلى موت وحرارة أثناء الاصطدام

5-3: فهم التصادمات

أنواع التصادمات

أ. صفة الحصرية

تصادم غير مرن

تصادم تكون طاقة الحركة الكلية غير محفوظة للأجسام
[تتحوّل الطاقة الحركية إلى شكل آخر من أشكال الطاقة]

تصادم مرناً كلياً

تصادم تبقى فيه طاقة الحركة الكلية محفوظة لجميع الأجسام
[من غير أن يتغير جزء من الطاقة الحركية إلى شكل آخر للطاقة]

تصادم غير مرن [زنبركي أو متلامق]

محفوظة

[كمية التحرك قبل التصادم = كمية التحرك بعد التصادم]

$$\vec{P}_1 = \vec{P}_2$$

$$m_A u_A + m_B u_B = m_A v_A + m_B v_B \quad \text{تصادم زنبركي:}$$

$$m_A u_A + m_B u_B = (m_A + m_B) v \quad \text{تصادم متلامق:}$$

[انتبه لشارة السرعة المتجهة] [انتبه لشارة السرعة المتجهة]

تصادم مرناً كلياً [زنبركي]

محفوظة

[كمية التحرك قبل التصادم = كمية التحرك بعد التصادم]

$$\vec{P}_1 = \vec{P}_2$$

$$m_A u_A + m_B u_B = m_A v_A + m_B v_B$$

[انتبه لشارة السرعة المتجهة]

كمية التحرك

غير محفوظة

طاقة الحركة قبل التصادم $\neq$ طاقة الحركة بعد التصادم
يفقد جزء من طاقة الحركة وتتحول إلى طاقة موتية أو شغل لتشويه الأجسام [طاقة داخلية تدفئ الجسم]

محفوظة

طاقة الحركة قبل التصادم = طاقة الحركة بعد التصادم

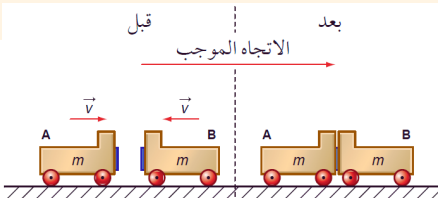
$$KE_1 = KE_2$$

$$\frac{1}{2} m_A u_A^2 + \frac{1}{2} m_B u_B^2 = \frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2$$

طاقة الحركة

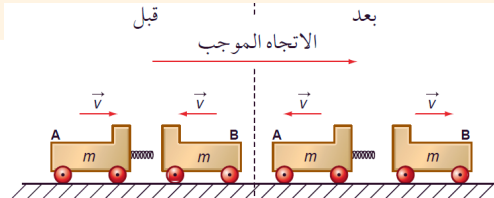
محفوظة

الطاقة الكلية قبل التصادم = الطاقة الكلية بعد التصادم



محفوظة

الطاقة الكلية قبل التصادم = الطاقة الكلية بعد التصادم



الطاقة الكلية

في التصادمات المرنة كلياً

[السرعة النسبية للاقترب = السرعة النسبية للابتعاد]

• كيف نحسبها؟ نطرح السرعتين مع الاشارات السالبة والموجبة

1. إذا كان الجسمان يتحركان في اتجاهين متعاكسين: $v_A - (-v_B) = v_A + v_B$ [أي نجمع مقدار السرعتين]

2. إذا كان الجسمان يتحركان في نفس الاتجاه: $v_A - v_B$ [نطرح مقدار السرعتين]

5-4: الانفجارات والارتطام بالأرض

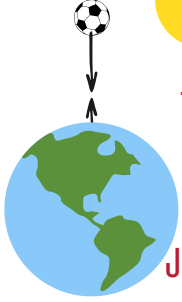
حفظ كمية التحرك

أ. صفة الحصرية

كمية التحرك الكلية = كمية التصادم الكلية
للأجسام قبل التصادم للأجسام بعد التصادم

$$\vec{P}_1 = \vec{P}_2$$

السقوط نحو الأرض



الجسم الساقط وحده لا يمثل نظام معزول إذ
تؤثر عليه قوة الجاذبية الأرضية
فلا يحقق مبدأ حفظ كمية التحرك

الجسم الساقط والأرض معاً يمثلان نظام معزول

كمية التحرك الكلية أثناء السقوط = مفر

(كمية تحرك الجسم الساقط للأسفل تساوي
كمية تحرك الأرض للأعلى)

$$0 = m_{\text{الأرض}} v_{\text{الأرض}} + m_{\text{الجسم الساقط}} v_{\text{الجسم الساقط}}$$

$$v_{\text{الأرض}} = - \frac{(m_{\text{الجسم الساقط}} v_{\text{الجسم الساقط}})}{m_{\text{الأرض}}}$$

الإشارة السالبة تدل على أن الأرض تتحرك إلى الأعلى
(عكس اتجاه سقوط الجسم)

كمية التحرك الكلية بعد التصادم (ومول الجسم

إلى الأرض) = مفر

(يتوقف كل من الجسم الساقط والأرض عن
الحركة)

كتلة الأرض كبيرة جداً مقارنة بالجسم

الساقط؛ لذا لا يمكن ملاحظة التغير في
سرعتها المتجهة

الانفجارات



الشموع الرومانية

كمية التحرك الكلية قبل

الانفجار = مفر

(الشمعة والأرض ساكنتان)

كمية التحرك الكلية بعد

التصادم = مفر

(كمية تحرك المادة المحترقة
في الشمعة للأعلى تساوي
كمية تحرك الأرض للأسفل،
إذن مجموع كميات تحركهما =
مفر لأنها متساوية في
المقدار ومتعاكسة في
الاتجاه)

كتلة الأرض كبيرة جداً مقارنة
بالشمعة؛ لذا لا يمكن
ملاحظة التغير الطفيف في
سرعتها عندما تدفعها
الشمعة للأسفل



موايرخ الألعاب
النارية

كمية التحرك الكلية قبل

الانفجار = مفر

(الماروخ ساكن)

كمية التحرك الكلية بعد

التصادم = مفر

(المادة المحترقة تنتشر
بالتساوي في جميع
الاتجاهات بكميات تحرك
متساوية في المقدار
ومتعاكسة في الاتجاه تلغي
بعضها البعض)

تكتسب المواد المحترقة
طاقة حركية فتبتعد عن
مركز الانفجار ناتجة من
تحول الطاقة الكيميائية
المخزنة في المواد
الكيميائية قبل الاحتراق

5- 5: التصادم في بعدين

طرق حل مسائل التصادم في بعدين

أ. صفة الحصرية

تحليل المركبات

كمية التحرك تكون محفوظة بشكل مستقل في اتجاهين متعامدين

1. ارسم مخطط يوضح متجهات سرعة الأجسام قبل وبعد التصادم.
2. حدد المحورين السيني والصادي.
3. حلل السرعات التي ليست على المحاور إلى مركبتها السينية والصادية
(تذكر إذا كانت الزاوية محصورة بين متجه السرعة والمحور نستخدم $\cos$
وإذا كانت الزاوية غير محصورة نستخدم $\sin$)
4. طبق مبدأ حفظ كمية التحرك في كل اتجاه على حدة:

• المركبة السينية لكمية التحرك:

$$p_{1x} = p_{2x}$$

$$m_A u_{Ax} + m_B u_{Bx} = m_A v_{Ax} + m_B v_{Bx}$$

• المركبة الصادية لكمية التحرك:

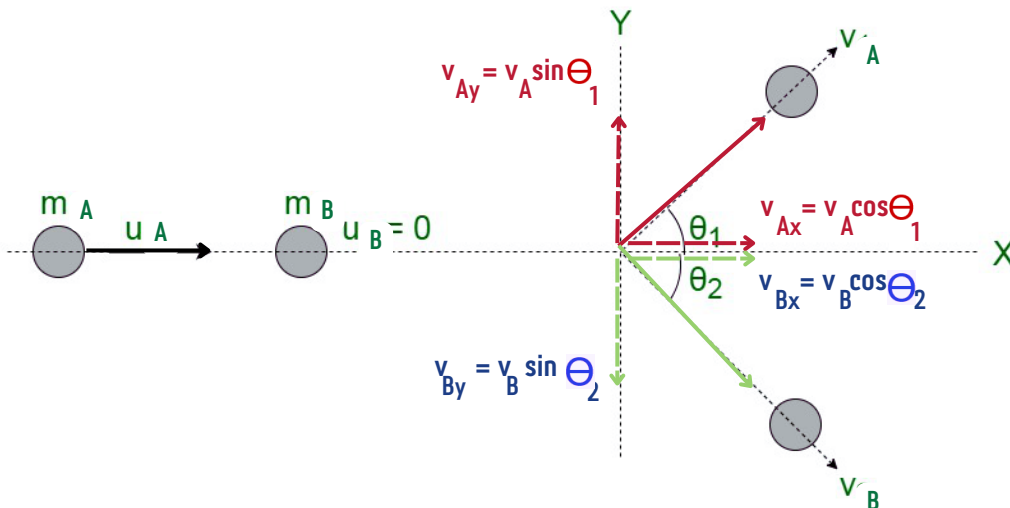
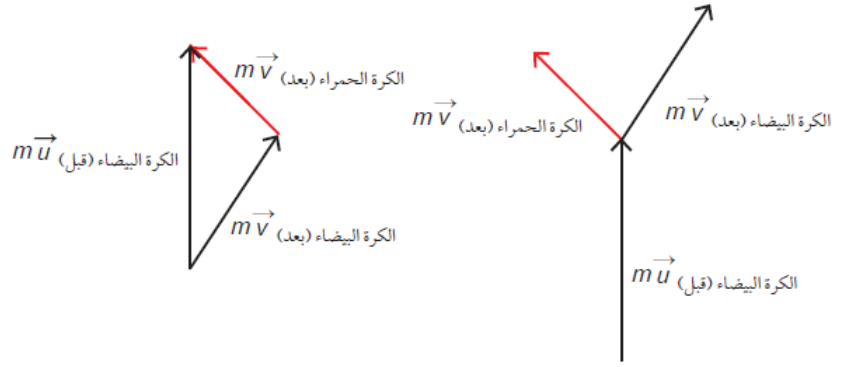
$$p_{1y} = p_{2y}$$

$$m_A u_{Ay} + m_B u_{By} = m_A v_{Ay} + m_B v_{By}$$

[انتبه لشارة مركبة السرعة المتجهة حسب موقع المتجه على المحورين السيني والصادي]

جمع المتجهات

1. ارسم متجهات كميات التحرك قبل التصادم بطريقة الرأس والذيل
 2. ارسم متجهات كميات التحرك بعد التصادم من ذيل المتجه الأول قبل التصادم
 3. يتكون شكل مغلق يدل على أن كمية التحرك محفوظة
- إذا كان أحد الجسمين ساكن قبل التصادم يتكون [مثلث المتجهات المغلق: مجموع متجهات كمية التحرك بعد التصادم = كمية التحرك قبل التصادم]



5- 6: كمية التحرك وقوانين نيوتن



كمية التحرك

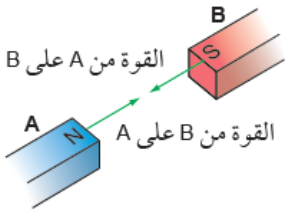
أ. صفة الحصرية

قانون نيوتن الثالث

عندما يتفاعل جسمان، فإن القوة التي يؤثر بها كل منهما على الآخر تكون متساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتجاه

خصائص زوج قوى قانون نيوتن الثالث:

1. قوتان من النوع نفسه
2. متساويتان في المقدار
3. متعاكستان في الاتجاه
4. تؤثران على جسمين مختلفين



كمية التحرك محفوظة،

لأن القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه وتؤثران خلال نفس الفترة الزمنية

إثبات مبدأ حفظ كمية التحرك باستخدام قانون نيوتن الثاني والثالث:

$$\vec{F}_A = -\vec{F}_B$$

$$\frac{\Delta(m_A \vec{v}_A)}{\Delta t} = -\frac{\Delta(m_B \vec{v}_B)}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta(m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B)}{\Delta t} = 0$$

$$\Delta(m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B) = 0$$

$$\Delta(P_A + P_B) = 0$$

$$\Delta P = 0$$

كمية التحرك الكلية لم تتغير

قانون نيوتن الثاني

القوة المحصلة التي تؤثر على جسم ما تتناسب طردياً مع (أو تساوي) معدل تغير كمية التحرك للجسم

إذا كانت محصلة القوى **لا تساوي** صفر

$$\vec{F} \neq 0$$

كمية التحرك تتغير

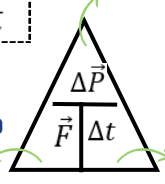
$$\Delta P \neq 0$$

[بسبب تغير مقدار السرعة المتجهة أو اتجاهها أو كلاهما]

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$$

متوسط القوة [N]

التغير في كمية التحرك [N.s], [kg m s⁻¹]



إذا كانت محصلة القوى **تساوي** صفر [نظام مغلق]

$$\vec{F} = 0$$

كمية التحرك ثابتة

$$\Delta P = 0$$

$$\vec{P}_1 = \vec{P}_2$$

كمية التحرك لجسم ما تبقى ثابتة ما لم تؤثر عليه قوة خارجية يبقى الجسم

المتحرك

يستمر في الحركة بسرعة منتظمة [كمية التحرك ثابتة لا تساوي صفر]

إذا كانت محصلة القوى المؤثرة عليه = صفر

الساكن

ساكناً

[كمية التحرك تساوي صفر]

حالة خاصة لقانون نيوتن الثاني: إذا كانت كتلة الجسم ثابتة

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} = \frac{\Delta(mv)}{\Delta t} = \frac{m \Delta v}{\Delta t} = \frac{m(v - u)}{\Delta t} = ma$$

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

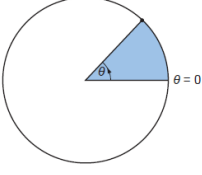
• كمية التحرك والقوة كميات متجهة: يكون اتجاه تغير كمية التحرك في نفس اتجاه متوسط القوة المؤثرة.

• العلاقة عكسية بين القوة والفترة الزمنية: كلما ازداد زمن تأثير القوة قل الأثر الناتج عن القوة التي تسبب تغير كمية التحرك.

6-1: وصف الحركة الدائرية

أ. صفية الحضرمية



الإزاحة الزاوية	الإزاحة	
		
زاوية القوس الذي يتحرك عليه الجسم من موقع بداية حركته	أقصر مسافة يقطعها الجسم من نقطة البداية إلى نقطة النهاية	المفهوم
θ	s	الرمز
الراديان (rad)، الدرجة (°)	المتر (m)	وحدة القياس
متجهة	متجهة	نوع الكمية
دائرية (دائرة أو جزء منها)	خطية (في خط مستقيم)	نوع الحركة

حركة عقارب الساعة

يتحرك كل عقرب [360°] ليكمل دورة واحدة

عقرب الدقائق

يستغرق 60 دقيقة في الدورة الواحدة

الازاحة الزاوية لعقرب الدقائق في الدقيقة

$$\frac{360^\circ}{60} = 6^\circ$$

لحساب الإزاحة الزاوية لعقرب الدقائق:

1. اضرب الدقائق في الإزاحة الزاوية لعقرب الدقائق في الدقيقة

مثال: 5:12

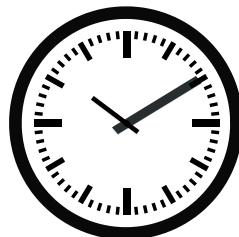
(الإزاحة الزاوية لعقرب الدقائق = $6^\circ \times 12 = 72^\circ$)

عقرب الثواني

يستغرق 60 ثانية في الدورة الواحدة

الازاحة الزاوية لعقرب الثواني في الثانية

$$\frac{360^\circ}{60} = 6^\circ$$



عقرب الساعات

يستغرق 12 ساعة في الدورة الواحدة

الازاحة الزاوية لعقرب الساعات في الساعة

$$\frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$$

لحساب الإزاحة الزاوية لعقرب الساعات عند زمن

محدد من الموقع 12:00

1. أحول الزمن إلى ساعات

(مثال: 5:12 = $5 + \frac{12}{60} = 5.2$ ساعة)

2. اضرب الزمن في الإزاحة الزاوية لعقرب الساعات في الساعة

(الإزاحة الزاوية لعقرب الساعات = $30^\circ \times 5.2 = 156^\circ$)

6-2: الزوايا بالراديان



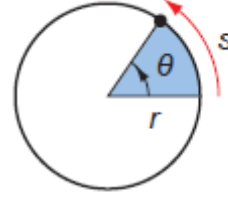
الإزاحة الزاوية

زاوية القوس الذي يتحرك عليه الجسم
من موقع بداية حركته

قانونها

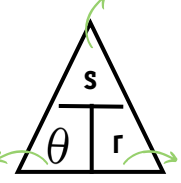
الزاوية (بوحدة الراديان) = $\frac{\text{طول القوس}}{\text{نصف القطر}}$

$$\theta = \frac{s}{r}$$



طول القوس
(m)

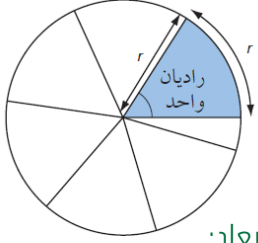
الإزاحة الزاوية
(rad)



نصف القطر
(m)

وحدة قياسها

الراديان



(الزاوية عند مركز الدائرة
التي تقابل قوساً طوله
يساوي نصف قطر الدائرة)

الراديان هي نسبة بدون أبعاد:
 $\text{rad} = \frac{\text{m}}{\text{m}}$

ترتبط وحدة القياس الراديان بوحدة القياس **الدرجة**:
يتحرك أي جسم 360 ليكمل دورة واحدة

$$\frac{\text{محيط الدائرة}}{\text{نصف القطر}} = \theta$$

$$\theta = \frac{2\pi r}{r}$$

$$\theta = 2\pi$$

وبالتالي: $360^\circ = 2\pi \text{ rad}$

$$45^\circ = \frac{\pi}{4} \text{ rad}$$

$$90^\circ = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$$

$$180^\circ = \pi \text{ rad}$$

للتحويل بين وحدة القياس الراديان والدرجات:

1. من الدرجات إلى الراديان: اضرب في $\frac{2\pi}{360^\circ}$ أو $\frac{\pi}{180^\circ}$

2. من الراديان إلى الدرجات: اضرب في $\frac{360^\circ}{2\pi}$ أو $\frac{180^\circ}{\pi}$

6-3: السرعة الثابتة، والسرعة المتجهة المتغيرة

6-4: السرعة المتجهة الزاوية

الحركة الدائرية المنتظمة

أ. صفية الحضرية

حركة الجسم على محيط دائرة أو جزء منها بحيث يقطع أقواس متساوية في أزمنة متساوية

المفهوم	السرعة	السرعة المتجهة الخطية	السرعة المتجهة الزاوية
معدل تغير المسافة التي يقطعها الجسم	معدل تغير إزاحة الجسم (ترسم كمماس للمسار الدائري)	معدل تغير الإزاحة للجسم	معدل تغير الإزاحة الزاوية للجسم
القانون	$\frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$	$\frac{\text{السرعة المتجهة}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{الإزاحة}}{\text{الزمن}}$	$\frac{\text{السرعة الزاوية}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{الإزاحة الزاوية}}{\text{الزمن}}$
وحدة القياس	m s ⁻¹	m s ⁻¹	rad s ⁻¹
نوع الكمية (عددية / متجهة)	عددية (لها مقدار فقط)	متجهة (لها مقدار واتجاه)	متجهة
ثابتة / متغيرة	ثابتة (لها نفس القيمة عند أي نقطة في المسار الدائري)	متغيرة (المقدار (ثابت): نفس طول السهم الاتجاه (متغير): اتجاه السهم يختلف)	ثابتة (لها نفس القيمة عند أي نقطة في المسار الدائري)

قوانين حساب السرعة الزاوية (ω)

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$\omega = 2\pi f$$

التردد f :
عدد الدورات في الثانية

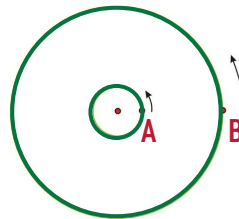
$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

الزمن الدوري T :
الزمن اللازم لعمل دورة واحدة

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

كلما ازداد نصف القطر والسرعة الزاوية،
تزداد السرعة المتجهة الخطية:
السرعة المتجهة الخطية =
السرعة المتجهة الزاوية × نصف القطر

$$v = \omega r$$



لجسمين يدوران حول مركز واحد:

- السرعة المتجهة الخطية:** للجسم الأبعد عن المركز أكبر لأنه يقطع مسافة أكبر (محيط دائرة)
- السرعة الزاوية:** نفسها لأنهما يقطعان نفس الإزاحة الزاوية

6-5: القوة المركزية

تفسير الحركة الدائرية المنتظمة

أ. صفية الحضرمية

قانون نيوتن الثاني

"إذا أثرت قوة على جسم ما فإنها تكسبه تسارعاً، يتناسب طردياً مع قوته وعكسياً مع كتلته"

وبما أن الجسم الذي يتحرك في مسار دائري، تؤثر عليه محصلة قوى

إذن لديه تسارع في اتجاه القوة

التسارع المركزي

تسارع جسم ما باتجاه مركز الدائرة عندما يتحرك الجسم بسرعة ثابتة على مسار تلك الدائرة

باتجاه مركز الدائرة
(عمودي على اتجاه السرعة المتجهة)

قانون نيوتن الأول

"يبقى الجسم في حالة سكون أو في حالة حركة منتظمة (سرعة ثابتة في خط مستقيم) إذا كانت محصلة القوى المؤثرة عليه تساوي صفر"

وبما أن الجسم يتحرك في مسار دائري فهو يتغير اتجاه سرعته

إذن لديه محصلة للقوى (غير متزنة)

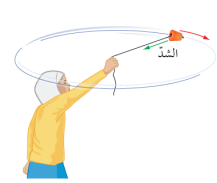
القوة المركزية

القوة المحصلة المؤثرة على جسم ما في اتجاه مركز الدائرة عندما يدور الجسم على مسار تلك الدائرة بسرعة ثابتة

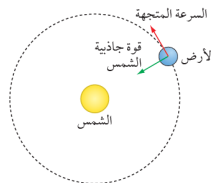
باتجاه مركز الدائرة
(عمودي على اتجاه السرعة المتجهة)

أمثلة على قوى مركزية:

- قوة الشد



- قوة الجاذبية



تفسير تسارع الجسم بسرعة ثابتة

الشغل

الشغل = القوة × المسافة التي يقطعها الجسم باتجاه القوة
لا يقطع الجسم مسافة في اتجاه القوة المركزية

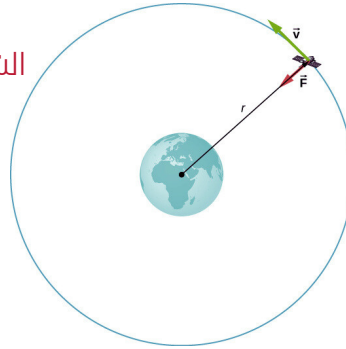
الشغل المبذول = صفر

وطاقة الحركة لا تتغير

اتجاه تأثير القوة

لا توجد مركبة للقوة باتجاه السرعة لأن القوة المركزية والتسارع المركزي عموديتان على اتجاه السرعة المتجهة

لذا لا يتغير مقدار السرعة وتبقى ثابتة



تؤثر القوة باتجاه مركز الدائرة:

لذا تحافظ على حركة الجسم في مسار دائري
(إذا اختفت القوة، يتحرك الجسم في خط مستقيم)

6- حساب التسارع المركزي والقوة المركزية

أ. صفية الحضرمية

اشتقاق التسارع المركزي باستخدام مخططات المتجهات:

لجسم يتحرك في مسار دائري بسرعة ثابتة (v) خلال الفترة الزمنية (Δt) بزاوية (Δθ)، وتتغير سرعته المتجهة بمقدار (Δv):

$$\Delta\theta = \frac{\Delta s}{r}$$

بإعادة ترتيب المعادلة $\Delta\theta = \frac{\Delta v}{v}$

بقسمة الطرفين على الفترة الزمنية $\Delta v = \Delta\theta v$

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} v$$

بالتعويض عن قيمة السرعة الزاوية

$$a = \omega v$$

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$a = \frac{v}{r} v$$

بالتعويض عن قيمة السرعة الخطية

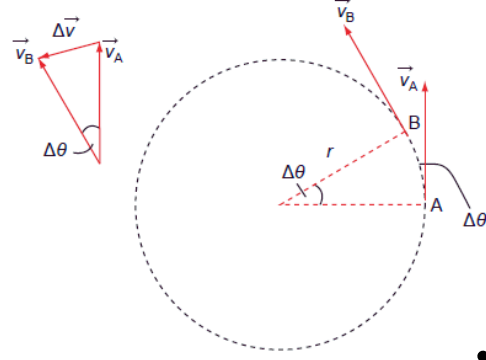
$$a = \frac{v^2}{r}$$

$$v = \omega r$$

$$a = \frac{(\omega r)^2}{r}$$

$$a = \frac{\omega^2 r^2}{r}$$

$$a = \omega^2 r$$



حسابات الحركة الدائرية المنتظمة

القوة المركزية

$$F = ma$$

$$F = m\omega^2 r$$

$$F = m \frac{v^2}{r}$$

التسارع المركزي

$$a = \omega^2 r$$

$$a = \frac{v^2}{r}$$

لحساب الزمن الدوري (الزمن اللازم لعمل دورة واحدة)
= مسافة دورة واحدة (محيط الدائرة) / السرعة

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

فهم الحركة الدائرية

(تجربة نيوتن الفكرية للمدفع)

سرعة كبيرة جداً

تندفع إلى الفضاء ولن تتحرك على مسار دائري

سرعة مناسبة

تتحرك حول الأرض على مسار دائري

السرعة المدارية

السرعة التي يجب أن يمتلكها الجسم للدوران حول الأرض بسرعة ثابتة تحت تأثير الجاذبية (القوة المركزية)

$$F = ma$$

$$mg = m \frac{v^2}{r}$$

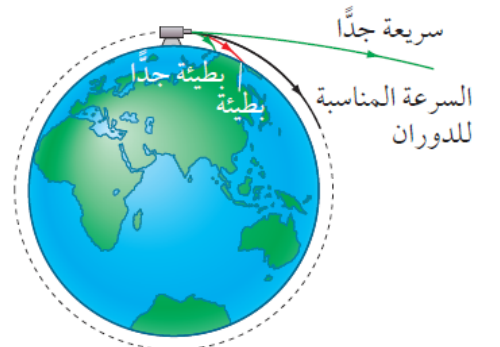
$$g = \frac{v^2}{r}$$

$$v = \sqrt{gr}$$

$$v = \sqrt{9.81 \times (6400 \times 10^3)} = 7.9 \times 10^3 m s^{-1}$$

سرعة بطيئة جداً

تسقط على الأرض بفعل الجاذبية



6-7 مصدر القوة المركزية

أ. صفية الحضرمية

القوى المؤثرة على الجسم المتحرك في مسار دائري غير متزنة
(توجد محصلة للقوى باتجاه المركز)

القوة المركزية

لها مصادر مختلفة

الأمثلة

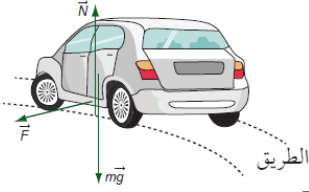
حركة جسم حول كوكب أو حول الشمس: قوة الجاذبية



مثال: حركة جسم حول الأرض (قوة الجاذبية الأرضية)

$$F = mg$$

انعطاف السيارة على:



1. طريق مقوس مستوي: قوة الاحتكاك

$$F_y = 0 \text{ المحصلة الرأسية:}$$

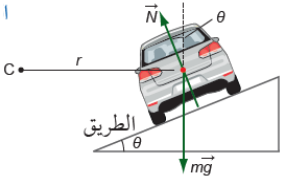
$$N = mg$$

$$F_x = ma \text{ المحصلة الأفقية (باتجاه المركز):}$$

$$f = \frac{mv^2}{r} \text{ قوة الاحتكاك}$$

تقل قوة الاحتكاك إذا كان الطريق أملس (زيت/جليد) وبالتالي لن تكون القوة المركزية كافية ليتمكن الجسم من الحركة في مساره الدائري

2. طريق مقوس مائل: المركبة الأفقية لقوة التلامس العمودية



$$F_y = 0 \text{ المحصلة الرأسية:}$$

$$N \cos \theta = mg$$

$$F_x = ma \text{ المحصلة الأفقية (باتجاه المركز):}$$

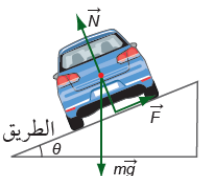
$$N \sin \theta = \frac{mv^2}{r}$$

(θ زاوية ميل المنحدر عن المحور الأفقي)

إذا كانت السرعة:

- بطيئة: تميل للإنزلاق للأسفل (لذا تعمل قوة الاحتكاك للأعلى)
- كبيرة: تميل للإنزلاق للأعلى (لذا تعمل قوة الاحتكاك للأسفل)

(إذا كانت السرعة كبيرة جداً، تخرج السيارة عن الطريق لأن الاحتكاك أقل من القوة المركزية المطلوبة لبقاءها على مسارها الدائري)

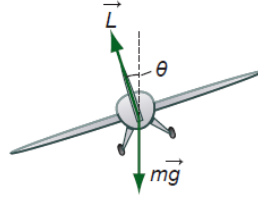


خطوات تحديد مصدر القوة المركزية

1. رسم مخطط القوى للجسم الذي يتحرك حركة دائرية منتظمة
2. رسم محاور (أحدهما باتجاه مركز الحركة الدائرية، والآخر عمودي عليه)
3. إيجاد محصلة القوى باتجاه المركز وهي القوة المركزية (محصلة القوى في الاتجاه الآخر = صفر)

تذكر: القوى في نفس الاتجاه (تجمع)
القوى في عكس الاتجاه (تطرح)

انعطاف طائرة: المركبة الأفقية لقوة الرفع



المحصلة الرأسية: $F_y = 0$

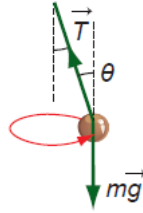
$$L \cos \theta = mg$$

المحصلة الأفقية (باتجاه المركز): $F_x = ma$

$$L \sin \theta = \frac{mv^2}{r}$$

حركة البندول:

1. المخروطي (أفقياً): المركبة الأفقية لقوة الشد



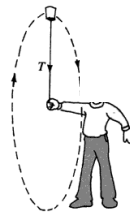
المحصلة الرأسية: $F_y = 0$

$$T \cos \theta = mg$$

المحصلة الأفقية (باتجاه المركز): $F_x = ma$

$$T \sin \theta = \frac{mv^2}{r}$$

2. رأسياً: يختلف معدل القوة المركزية حسب موضع الجسم لكن تظل قيمتها ثابتة المقدار



قوة الشد لها قيم مختلفة في الدائرة:

• أسفل الدائرة: أكبر ما يمكن $F_y = T - mg$

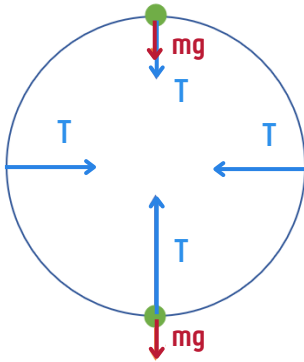
$$T = F + mg$$

• أعلى الدائرة: أقل ما يمكن $F_y = T + mg$

$$T = F - mg$$

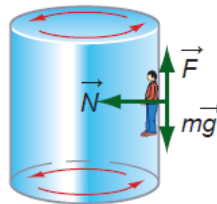
(قوة الشد=مفر، إذا كان الجسم يتحرك بالحد الأدنى للسرعة في أعلى المسار)

$$F = mg$$



ألعاب الملاهي:

1. لعبة الاسطوانة: قوة التلامس العمودية



المحصلة الرأسية: $F_y = 0$

$f = mg$ قوة الاحتكاك

المحصلة الأفقية (باتجاه المركز): $F_x = ma$

$$N = \frac{mv^2}{r}$$

2. لعبة الافعوانة/ قطار الملاهي: يختلف معدل القوة المركزية حسب موضع الجسم لكن تظل قيمتها ثابتة المقدار

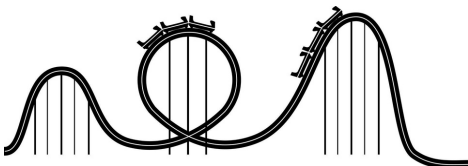
قوة التلامس العمودية لها قيم مختلفة في الدائرة:

• أسفل الدائرة: أكبر ما يمكن $F_y = N - mg$

$$N = F + mg$$

• أعلى الدائرة: أقل ما يمكن $F_y = N + mg$

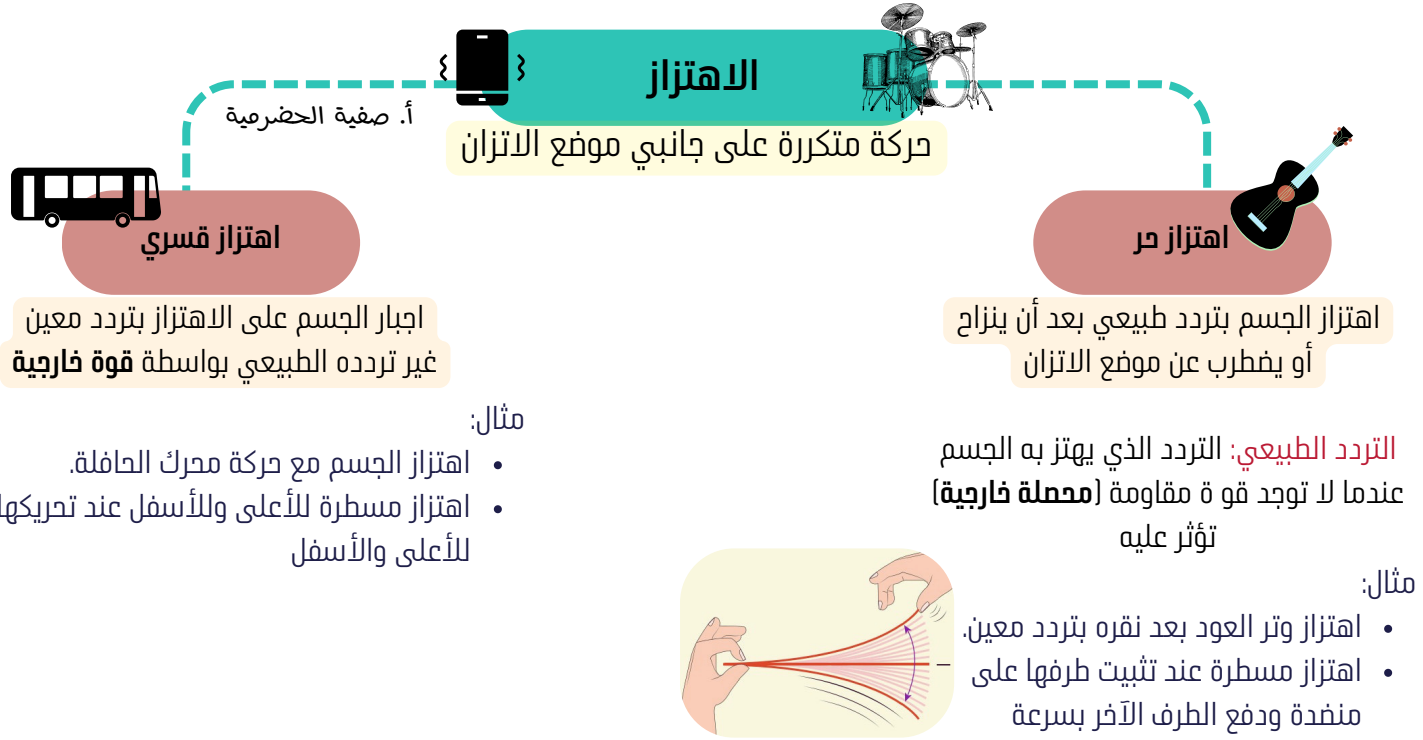
$$N = F - mg$$



$$F = mg$$

(قوة التلامس العمودية/ رد الفعل=مفر، إذا كان الجسم يتحرك بالحد الأدنى للسرعة في أعلى المسار)

7-1: الاهتزازات الحرة والقسرية

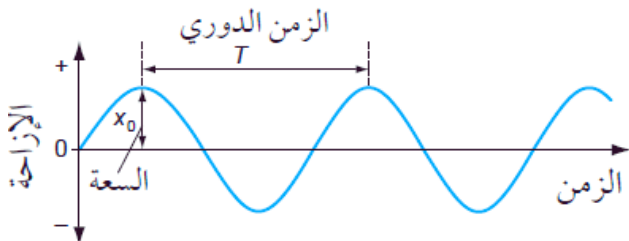


7-3: وصف الاهتزازات

المصطلح	المفهوم	الرمز	وحدة القياس
الإزاحة	المسافة والاتجاه المحددان من موضع الاتزان إلى موضع الجسم المهتز عند أي لحظة في الاهتزاز	$\vec{x}$	m
السعة	أقصى إزاحة للجسم المهتز عن موضع الاتزان	x_0	m
الزمن الدوري	الزمن المستغرق لعمل اهتزازة واحدة كاملة	T	s
التردد	عدد الاهتزازات في الثانية أو عدد الموجات التي تعبر نقطة ما في الثانية	f	Hz, s ⁻¹

التمثيل البياني [الإزاحة - الزمن]:

معادلات حساب:



$$T = \frac{t}{n} = \frac{1}{f}$$

• الزمن الدوري = الزمن / عدد الاهتزازات

$$f = \frac{n}{t} = \frac{1}{T}$$

• التردد = عدد الاهتزازات / الزمن

الطور

أ. صفة الحصرية

النقطة التي وصل إليها الجسم المهتز بالنسبة إلى الدورة الكاملة لاهتزازة ما

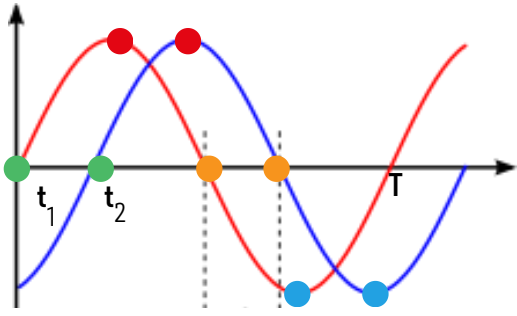
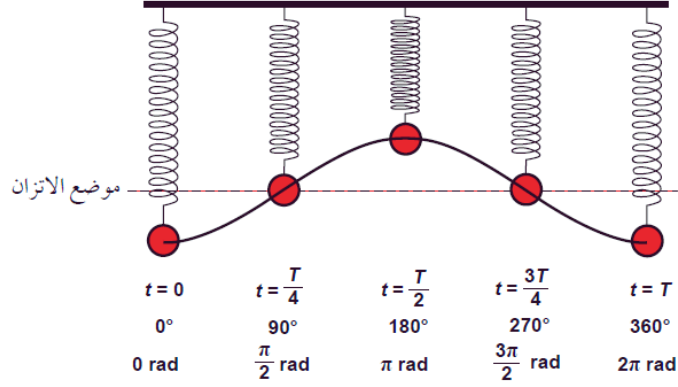
فرق الطور

الفرق في طوري جسمين مهتزين مقاساً بالدرجات والراديان

خطوات حساب فرق الطور:

1. التأكد من أن الاهتزازين بنفس التردد والزمن الدوري
2. اختيار نقطتين متتاليتين على نفس المستوى مثلاً: (قمتين، قاعين، موضع اتزان)
3. حساب الفاصل الزمني: $t = t_2 - t_1$
4. حساب فرق الطور كجزء من اهتزازة: $\frac{t}{T}$
5. تحويل فرق الطور إلى:
 - الراديان: فرق الطور $\times 2\pi$
 - الدرجات: فرق الطور $\times 360$

أطوار الدورة الكاملة



7-4: الحركة التوافقية البسيطة

الحركة التوافقية البسيطة

أ. صفة الحضرية

المتطلبات

1. كتلة مهتزة
2. موضع اتزان

3. قوة إرجاع (تعيد الكتلة إلى موضع الاتزان)

حركة يتناسب فيها تسارع الجسم (قوة الإرجاع) طردياً مع إزاحته عن موضع اتزانه، وفي الاتجاه المعاكس لإزاحته

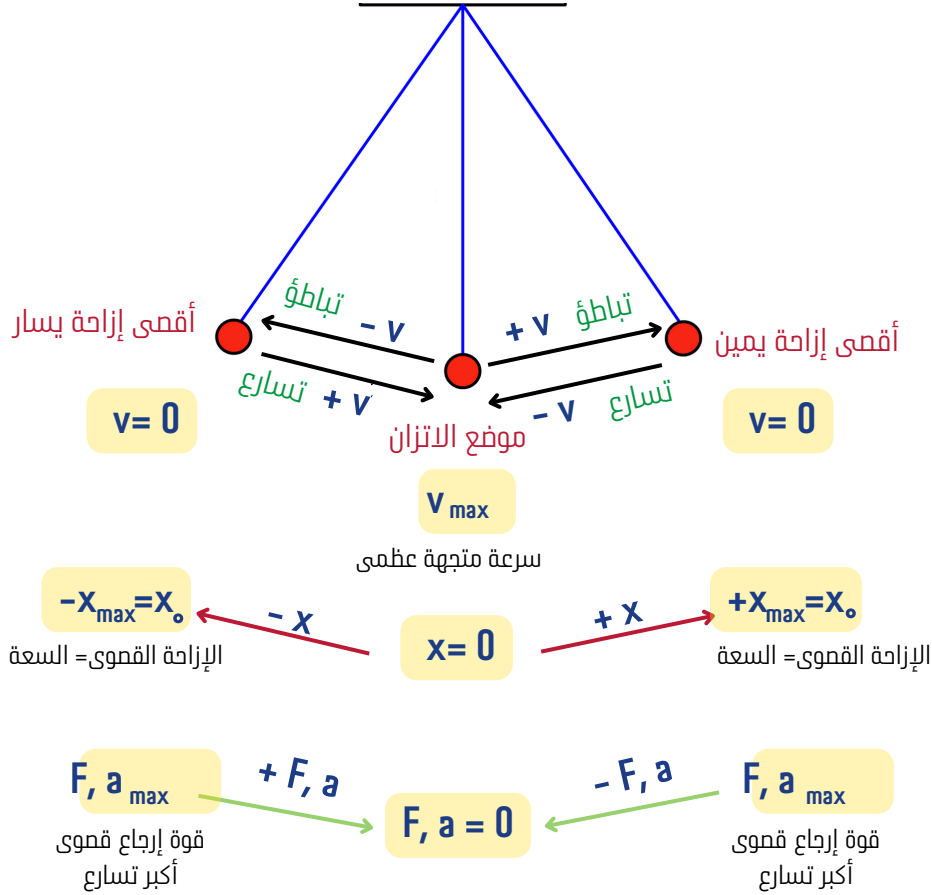
$$a \propto -x$$

الأمثلة



1. بندول بسيط
2. جسم مرتبط بنابض
3. انتقال الصوت عبر الهواء
4. اهتزاز الإلكترونات داخل السلك
5. اهتزاز ذرات الجزيء

تغيرات الإزاحة، السرعة المتجهة، والتسارع في الحركة التوافقية البسيطة:



السرعة المتجهة:

- تكون بالموجب إذا تحرك الجسم المهتز من اليسار إلى اليمين، وبالسالب إذا تحرك من اليمين إلى اليسار
- القيمة القصوى للسرعة عند موضع الإتران، وتتناقص إلى أن يتوقف الجسم المهتز عند جانبي الاهتزازة (السرعة=مفر)

الإزاحة:

- تكون بالموجب إذا تحرك الجسم في الجانب الأيمن من موضع الاتزان، وبالسالب في الجانب الأيسر
- الإزاحة القصوى على جانبي الاهتزازة وتمثل سعة الاهتزازة، وتقل عند الاقتراب من موضع الاتزان

التسارع:

- ناتج عن قوة الإرجاع التي تعمل على إعادة الجسم إلى موضع الإتران، لذا تكون دائماً باتجاه موضع الاتزان
- يتسارع الجسم إذا تحرك باتجاه موضع الاتزان، ويتباطئ عند الابتعاد عنه

7-5: تمثيل الحركة التوافقية البسيطة بيانياً

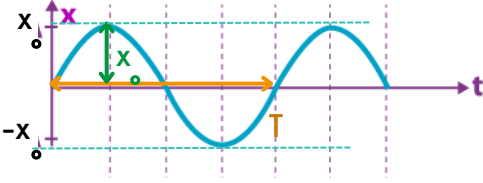
أ. صفية الحضرمية

- ترسم في مורה دالة جيبيّة:
الجيب $\sin$ جيب التمام $\cos$



- يرسم حسب مكان بداية الاهتزازة، إذا أبتدأ الجسم المهتز من موضع الاتزان أو أحد جانبي الاهتزازة

إذا تحرك الجسم من موضع الاتزان إلى الجانب الأيمن

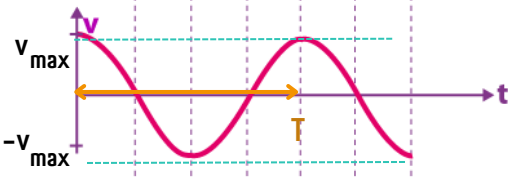


منحنيات الحركة التوافقية البسيطة

منحنى [الإزاحة- الزمن]
(x - t)

منحنى [السرعة- الزمن]
(v - t)

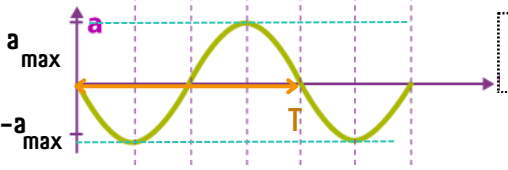
منحنى [التسارع- الزمن]
(a - t)



$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$

السرعة = معدل تغير الإزاحة

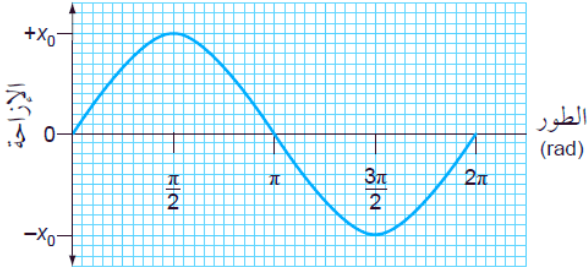
ميل مماس منحنى [الإزاحة- الزمن]



$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

التسارع = معدل تغير السرعة المتجهة

ميل مماس منحنى [السرعة المتجهة- الزمن]



- منحنى [التسارع- الزمن] نفس منحنى [الإزاحة- الزمن] ولكن عكس الاتجاه لأن التسارع يتناسب طردياً مع إزاحة الجسم المهتز وفي الاتجاه المعاكس
- يمكن رسم منحنى [الطور- الزمن] لاهتزازة كاملة؛ لأن طور الاهتزازة يتباين بين 0 إلى $2\pi \text{ rad}$

7-6: التردد والتردد الزاوي

المصطلح	المفهوم	المعادلة	وحدة القياس
التردد	عدد الاهتزازات في الثانية الواحدة.	$f = \frac{n}{t} = \frac{1}{T}$	Hz, s^{-1}
التردد الزاوي	تردد الاهتزاز الجيبي معبراً عنه بالراديان لكل ثانية.	$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$	rad s^{-1}

معادلة حساب الزمن الدوري بدلالة التردد الزاوي:

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

معادلة حساب التردد بدلالة التردد الزاوي:

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

7-7: معادلات الحركة التوافقية البسيطة



معادلات الحركة التوافقية البسيطة

أ. صفة الحضرية

التسارع (a)

يتناسب تسارع الجسم المهتز تناسباً طردياً مع الإزاحة وفي عكس الاتجاه:

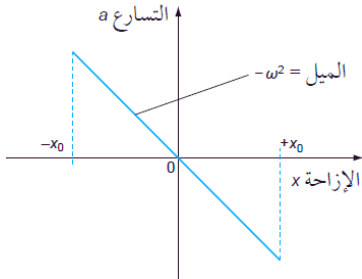
$$a \propto -x$$

$$a = -\omega^2 x$$

وعند أقصى إزاحة: $x = x_0$

القيمة العظمى للتسارع (a_0):

$$a_0 = -\omega^2 x_0$$



منحنى (التسارع - الإزاحة):

السرعة المتجهة (v)

السرعة عند أي نقطة في الاهتزازة:

$$v = \pm \omega \sqrt{x_0^2 - x^2}$$

وعند موضع الاتزان: $x=0$

القيمة العظمى للسرعة (v_0):

$$v_0 = \omega x_0$$

تتناسب السرعة المتجهة طردياً مع:

1. **السعة:** السعة الأكبر، يقطع الجسم مسافة أكبر في نفس الوقت

وبالتالي سرعة أكبر (أما التردد والزمن الدوري لا يعتمدان على السعة)

2. **التردد:** تردد أكبر، زمن دوري أقل، أي يقطع مسافة معينة في وقت

أقل وبالتالي سرعة أكبر.

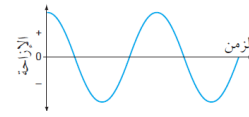
تتناسب السرعة المتجهة عكسياً مع الزمن الدوري

الإزاحة (x)

حسب مكان بداية حركة الجسم المهتز عند $t=0$

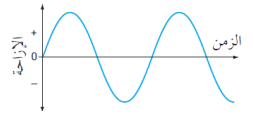
من أقصى إزاحة

$$x = x_0 \cos(\omega t)$$



من موضع الاتزان

$$x = x_0 \sin(\omega t)$$



- **خط مستقيم:** العلاقة طردية بين الإزاحة والتسارع
- **ميل المنحنى:**

1. **المقدار:** ω^2

2. **الاتجاه:** سالب (التسارع عكس اتجاه الإزاحة،

دائماً باتجاه موضع الاتزان)

لا يعتمد الميل على السعة، وبالتالي لا يعتمد التردد والزمن الدوري على سعة الاهتزازة

[لذا يحافظ الجسم المهتز حركة توافقية بسيطة على ثبات زمنه الدوري]

- تأكد من تغيير نظام الآلة الحاسبة إلى نظام الراديان (Rad) في العمليات الحسابية التي تحتوي على $\cos(\omega t)$ أو $\sin(\omega t)$

- المعادلة $x = x_0 \sin(\omega t)$ هي حل للمعادلة $a = -\omega^2 x$ لأنها توضح كيف تتباين إزاحة الجسم مع مرور الزمن.

من أقصى إزاحة	من موضع الاتزان	
$x = x_0 \cos(\omega t)$	$x = x_0 \sin(\omega t)$	الإزاحة
$v = -v_0 \sin(\omega t)$ $v = -\omega x_0 \sin(\omega t)$	$v = v_0 \cos(\omega t)$ $v = \omega x_0 \cos(\omega t)$	السرعة المتجهة
$a = -a_0 \cos(\omega t)$ $a = -\omega^2 x_0 \cos(\omega t)$	$a = -a_0 \sin(\omega t)$ $a = -\omega^2 x_0 \sin(\omega t)$	التسارع

7-8: تغيرات الطاقة في الحركة التوافقية البسيطة

الطاقة في الحركة التوافقية البسيطة

أ. صفية الحضرية

رياضياً

في أي نقطة في الاهتزازة

الطاقة الكلية = طاقة الحركة + طاقة الوضع

$$E = KE + PE$$

عند أقصى إزاحة ($x = x_0$)

الطاقة الكلية = طاقة الوضع العظمى

$$E_0 = PE_0$$

عند موضع الاتزان ($x = 0$)

الطاقة الكلية = طاقة الحركة العظمى

$$E = KE$$

والقيمة العظمى للسرعة المتجهة: $v_0 = \omega x_0$

$$E_0 = KE_0$$

$$E_0 = \frac{1}{2} m v_0^2$$

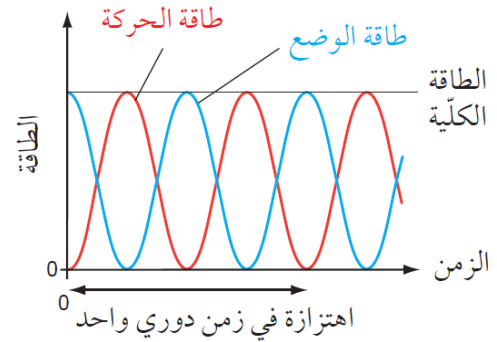
$$E_0 = \frac{1}{2} m (\omega x_0)^2$$

$$E_0 = \frac{1}{2} m \omega^2 x_0^2$$

بيانياً

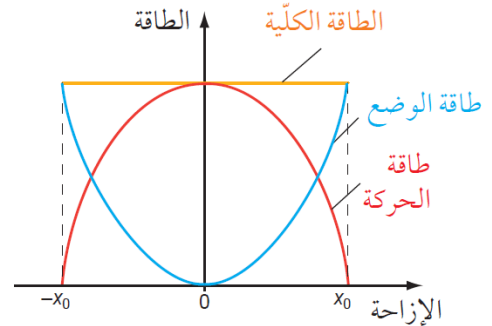
منحنى (الطاقة - الزمن)

لجسم بدأ الحركة من أقصى إزاحة:



في الزمن الدوري الواحد (T): يمر كل من طاقة الحركة وطاقة الوضع بدورتين كاملتين لتبادل الطاقة

منحنى (الطاقة - الإزاحة)



طاقة الوضع (PE):

- **مفر:** عند موضع الاتزان
- **تقل:** كلما اقترب الجسم من موضع الاتزان
- **تزيد:** كلما ابتعد الجسم عن موضع الاتزان
- **القيمة العظمى:** عند أقصى إزاحة

طاقة الحركة (KE):

- **مفر:** عند أقصى إزاحة
- **تقل:** كلما ابتعد الجسم عن موضع الاتزان
- **تزيد:** كلما اقترب الجسم من موضع الاتزان
- **القيمة العظمى:** عند موضع الاتزان

• أي نقص في طاقة الحركة = زيادة في طاقة الوضع والعكس.

• عند أي نقطة في الاهتزازة تظل الطاقة الكلية ثابتة إذا كان النظام غير مضمّد

7-9: الاهتزازات المخمدة

الاهتزازة المخمدة

أ. صفية الحضرية

أمثلة على قوى مخمدة (مقاومة)

هي اهتزازة تتسبب فيها قوى المقاومة بنقل طاقة النظام إلى المحيط كطاقة داخلية

توضيح المفهوم

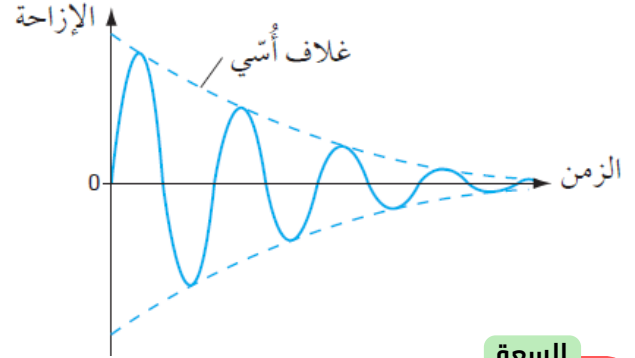
تعمل قوى المقاومة (الاحتكاك) على تقليل الطاقة الكلية وبالتالي تقل سعة الاهتزازة وسرعته العظمى

المرجوحة

- الاحتكاك في مكان ربط الأرجوحة
- مقاومة الهواء

السيارة

الزنبركات وممتصات التصادمات تعمل على تخميد طاقة اهتزاز السيارة في المطبات وبالتالي تحافظ على القيادة بسلاسة.

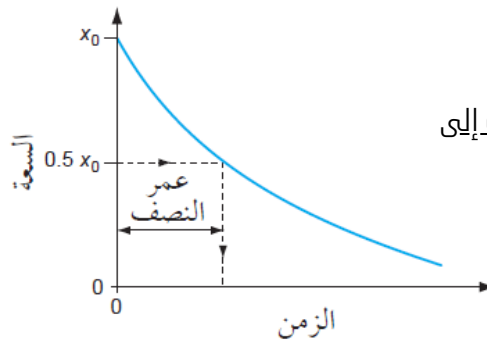


السعة

تتناقص السعة أسياً مع الزمن في شكل مقوس (غلاف التمثيل البياني)

توضيح الاضمحلال الأسّي للسعة:

- في البداية يتحرك الجسم أسرع: مقاومة أكبر، فقد الطاقة أسرع، تقل السعة بمعدل أكبر
- مع مرور الزمن يتحرك الجسم ببطء: مقاومة أقل، فقد الطاقة أبطأ، تقل السعة بمعدل أبطأ



عمر النصف للإضمحلال الأسّي

من منحنى السعة- الزمن:
هو الزمن المستغرق لتناقص السعة إلى
نصف السعة الابتدائية

التردد

لا يتغير التردد مع تناقص السعة
(تظل عدد الاهتزازات ثابتة سواء كانت السعة كبيرة أم صغيرة)

ظاهرة الرنين

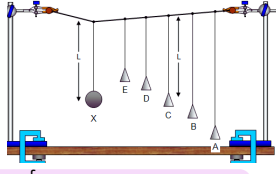


أ. صفة الحصرية

التجارب العملية

بندولات بارتون

بندولات بأطوال مختلفة معلقة على خيط، يعتمد التردد الطبيعي للبندول على طوله. يكون البندول الدافع بنفس طول أحد البندولات ويبدأ بالاهتزاز ليحرك الخيط ومن ثم تبدأ بقية البندولات بالتحرك. يتحرك البندول الذي بنفس طول الدافع (نفس تردده) بسعة عظيمة مقارنة بالبقية.



نظام كتلة وزنبرك رأسياً

يتم وضع كتلة في نهاية زنبرك. يتم تحريكه بسرعات مختلفة حتى تصل إلى ترددها الطبيعي. ستزداد السعة إذا كان التردد مساوي للتردد الطبيعي.



يتم وضع كتلة في نهاية زنبرك. يتم تحريكه بسرعات مختلفة حتى تصل إلى ترددها الطبيعي. ستزداد السعة إذا كان التردد مساوي للتردد الطبيعي.



3. **مدور موت مفير من الميكروفون:** إذا كان الميكروفون قريب من مكبر الصوت الذي له نفس التردد.

مفيدة

1. **أفران الميكرويف:** يصدر الميكرويف موجات لها تردد مساوي للتردد الطبيعي للماء مما يحفز على الاهتزاز بسعة عظيمة ويمتص طاقة تعمل على تسخين الطعام.



2. **التصوير بالرنين المغناطيسي:** ينتج الجهاز مجال مغناطيسي يجعل ذرات الجسم تتصرف كمغناطيس تهتز عند إطلاق موجات راديو، فتمتص نوى ذرات الجسم الطاقة وتهتز بترددات مختلفة وفق نوعها مما يساعد على إنتاج صور لأنسجة الجسم.



3. **الراديو والتلفاز:** الإشارة الكهربائية في الدائرة تدفع إلى الاهتزاز بفعل موجات الراديو الواردة بسعة عظيمة للمحطة المطلوبة.



الأمثلة

مضرة (مشكلة)

1. **اهتزاز الجسور:** يهتز الناس بتردد مساوي للتردد الطبيعي للجسر مما يضاعف سعة اهتزازة

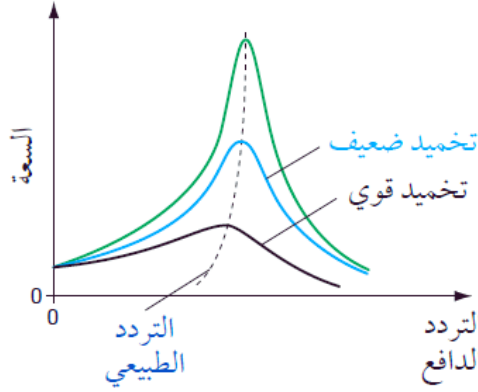


2. **الزلازل:** تهتز المباني بسعة عظيمة مما يسبب سقوطها إذا كان تردد الهزة الأرضية مساوي للتردد الطبيعي للمباني.

3. **مدور موت مفير من الميكروفون:** إذا كان الميكروفون قريب من مكبر الصوت الذي له نفس التردد.

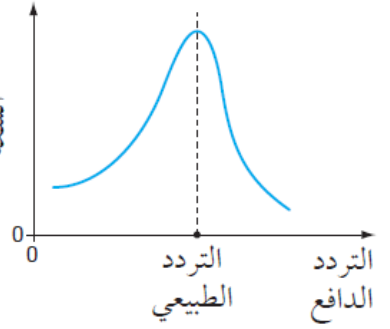
تقليل الأضرار

عن طريق التخميد



الشروط

تردد الدافع = التردد الطبيعي (التردد القسري) للجسم المهتز



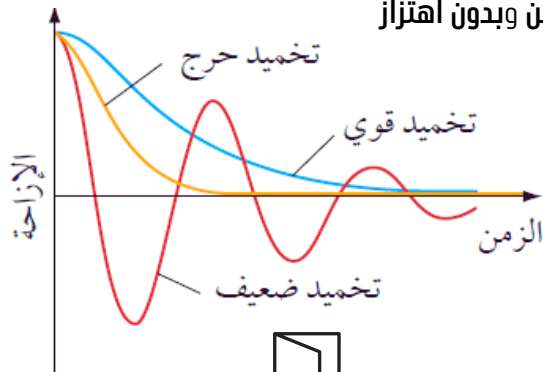
آلية العمل

كلما ازدادت قوة التخميد:

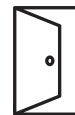
1. تقل سعة الاهتزازة
2. تصبح ذروة الرنين أوسع
3. يقل التردد الطبيعي الذي يحدث عنده الرنين

أنواع التخميد

1. **تخميد ضعيف:** يهتز الجسم ويستغرق وقت طويل للعودة إلى موضع الاتزان.
2. **تخميد قوي:** لا يهتز الجسم ويستغرق وقت طويل للعودة إلى موضع الاتزان.
3. **تخميد حرج:** الحد الأدنى من التخميد الذي يتسبب في عودة النظام إلى موضع الاتزان في أقل زمن وبدون اهتزاز



الأمثلة



1. الأبواب التي تفتح من الجهتين

2. نظام التعليق في السيارات: (تخميد حرج)



تتوقف السيارة عن الاهتزاز مباشرة بعد عبور المطب

8-1: كمية المادة

أ. صفية الحضرمية

الكمية الأساسية لكمية المادة

المول [n]

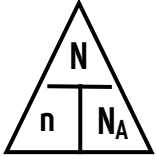
القوانين

وحدة القياس

المفهوم

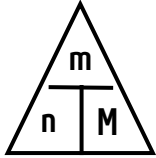
المول [mol]

كمية المادة = $\frac{\text{عدد الجسيمات}}{\text{عدد أفوجادرو}}$ (عدد المولات)



$$n = \frac{N}{N_A}$$

كمية المادة = $\frac{\text{كتلة المادة (g)}}{\text{الكتلة المولية (g mol}^{-1}\text{)}}$ (عدد المولات)



$$n = \frac{m}{M}$$

كمية المادة التي تحتوي على عدد من الجسيمات يساوي عدد أفوجادرو

عدد أفوجادرو (N_A):

عدد الجسيمات في مول واحد من أي مادة.

$$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

• **الكتلة المولية [M]:** كتلة مول واحد من المادة

الكتلة المولية = الكتلة الجزيئية للمادة بالجرام

أمثلة لتحديد الكتلة المولية:

1. الكتلة الجزيئية للكربون [C] = 12_u ، كتلة 1mol من الكربون [C] = 12g

2. الكتلة الجزيئية للأكسجين (O_2) = $16 \times 2 = 32_u$ ، كتلة 1mol من الأكسجين (O_2) = 32g

3. الكتلة الجزيئية لثاني أكسيد الكربون (CO_2) = $12 + 16 \times 2 = 44_u$ ، كتلة 1mol من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) = 44g

وجميعها تحتوي على $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ جسيم

• **عدد الجسيمات (N) = كتلة العينة**

كتلة الجسيم الواحد

انتبه لوحد قياس الكتلتين بحيث تكون جميعها بنفس الوحدة: (g) أو (kg)

• **كتلة الجسيم الواحد بالجرام = كتلة مول واحد من الجسيم بوحدة الكتل الذرية (u) = $\frac{\text{الكتلة المولية (M)}}{\text{عدد أفوجادرو } (N_A)}$**

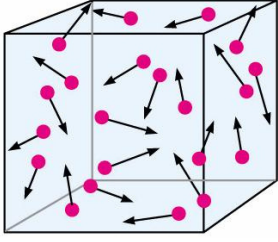
$$1_u = 1 \text{ g mol}^{-1} / 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 1.66 \times 10^{-24} \text{ g} = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$1_u = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

• **كتلة الجسيم الواحد بالكيلوجرام = كتلة مول واحد من الجسيم بوحدة الكتل الذرية (u) $\times 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$**

8-2: الضغط والنموذج الحركي

أ. صيغة الحركية



تتحرك حركة عشوائية في جميع الاتجاهات

سرعتها عالية (متوسط السرعة = 0.4 km s^{-1})

تصطدم ببعضها وبجدران الإناء الذي يحويها

المسافات بينها كبيرة مقارنة بحجمها

وصف جزيئات الغاز

8-3: تفسير الضغط

الخصائص

المجهرية / المايكروسكوبية

لا يمكن ملاحظتها وقياسها إلا باستخدام بعض أنواع أجهزة الاستشعار أو المجاهر الخاصة

الجهرية / العيانية / الماكروسكوبية

ترى بالعين المجردة دون مساعدة أدوات تكبير

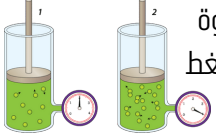


الضغط (P)

العوامل المؤثرة

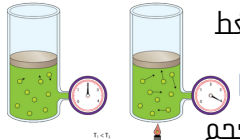
عدد الجزيئات (n / m)

- زيادة عدد جزيئات الغاز
- تزداد عدد التصادمات
- تزداد القوة
- يزداد الضغط



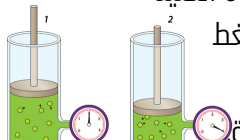
درجة الحرارة (T)

- زيادة درجة الحرارة
- يزداد معدل سرعة الجزيئات
- تزداد طاقة حركة الجزيئات
- يزداد معدل تغير كمية التحرك
- تزداد القوة ($F = \Delta P / \Delta t$)
- يزداد الضغط



الحجم (V)

- بتقليل الحجم
- تقل مساحة السطح
- تزداد عدد التصادمات
- تزداد القوة الكلية
- يزداد الضغط



وحدة القياس

[Pa (الباسكال)]
 $\text{Pa} = \text{N m}^{-2}$

القانون

الضغط = $\frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$

$$P = \frac{F}{A}$$

المفهوم

القوة التي تؤثر على وحدة المساحة من سطح ما.

نوع الخاصية

جهرية / ماكروسكوبية
لكن يمكن وصفها

مجهرية

حركة الجزيئات

تصطدم جزيئات الغاز فتؤثر بقوة على جدران الإناء فينتج ضغط

وتعتمد القوة على:

1. عدد جزيئات الغاز التي تصطدم بجدران الإناء
2. قوة تصادم جزيء الغاز بالجدران

جهرية

المساحة، القوة

يتناسب بشكل طردي مع القوة:
الضغط يزداد عندما تقوم بزيادة القوة.

يتناسب عكسياً مع المساحة:
الضغط يقل عندما تزداد المساحة التي تؤثر القوة عليها.

عند التحريك ببطء لتقليل حجم حاوية الغاز (درجة الحرارة ثابتة):

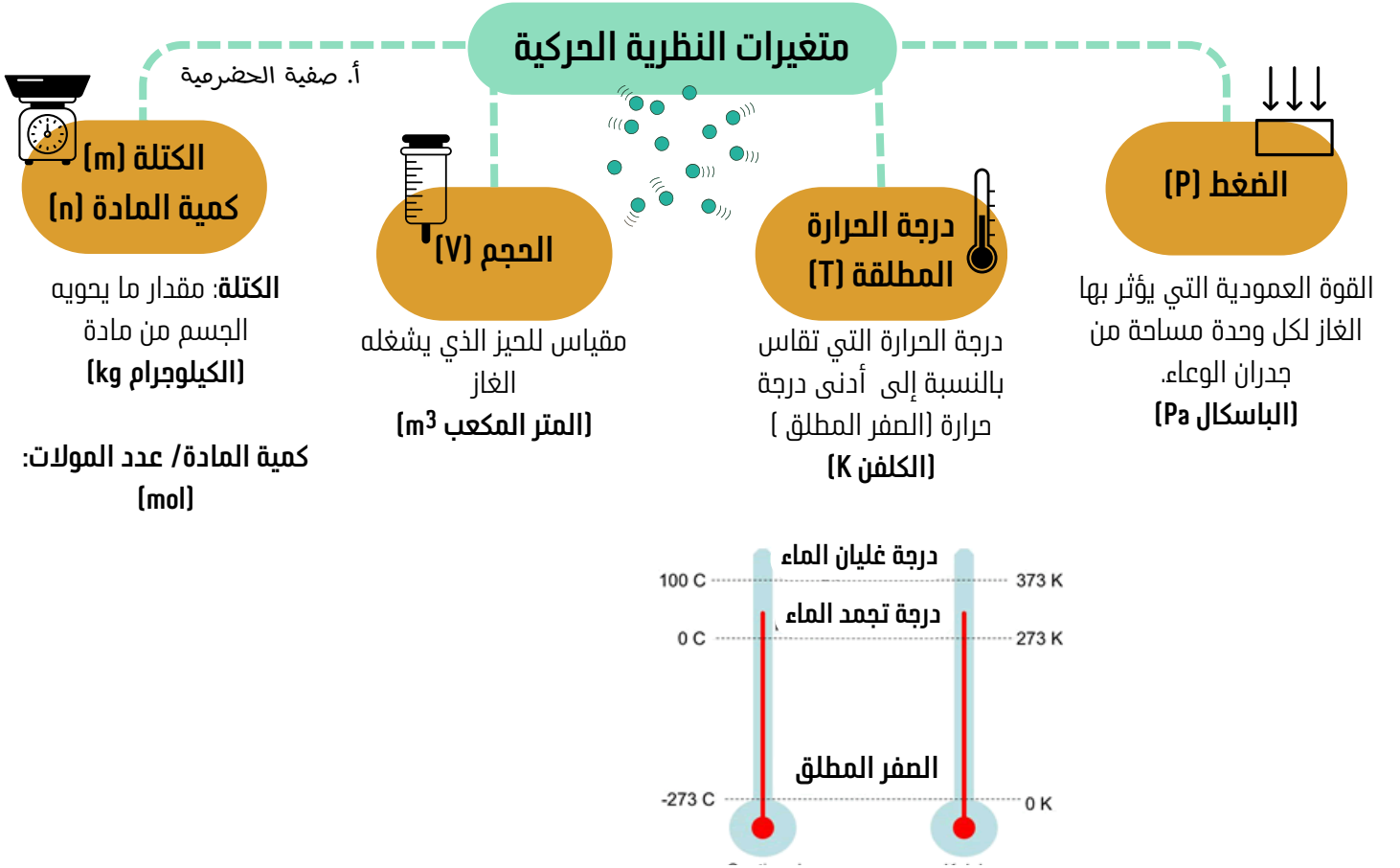
تبقى القوة التي يؤثر بها كل تصادم ثابتة لأن سرعة الجزيئات ثابتة:

وعند التحريك بسرعة (تزداد درجة الحرارة):

- بتقليل الحجم: تقل مساحة السطح
- بزيادة درجة الحرارة: تزداد سرعة الجزيئات

وكلاهما يعمل على زيادة عدد التصادمات والقوة الكلية وبالتالي يزداد الضغط

8-4: متغيرات النظرية الحركية



• الصفر المطلق:

النقطة التي لا تمتلك عندها الجسيمات أي طاقة على الإطلاق، وبالتالي تتوقف عن الحركة (0K = -273.15°C)

• لتحويل درجة الحرارة:

1. من الدرجة السيليزية (Θ) إلى الكلفن (T): $T (K) = \Theta (^{\circ}C) + 273.15$

2. من الكلفن (T) إلى الدرجة السيليزية (Θ): $\Theta (^{\circ}C) = T (K) - 273.15$

• مقدار التغير في درجة الحرارة في مقياس الدرجات السيليزية = مقدار التغير في درجات الحرارة المطلقة

$$\Delta T = \Delta \Theta = \Theta_2 - \Theta_1$$

8-5: قانون بويل

قانون بويل

أ. صيغة الحصرمية

تفسير العلاقة

بما أن **درجة الحرارة ثابتة**:
فإن متوسط سرعة جسيمات الغاز ثابتة،
مقدار تغير كمية تحرك كل جسيم ثابت،
قوة تصادم الجسيم بجدران الإناء ثابتة.

إلا أنه كلما **قل حجم الإناء**:
يزداد عدد الجسيمات لكل وحدة حجم
[نفس عدد الجسيمات ولكن في مساحة
أقل]، يزداد عدد التصادمات (تصادمات أكثر
في وقت أقل)، يزداد معدل تغير كمية
التحرك للجسيمات $F = \Delta P / \Delta t$ ،
تزداد القوة الكلية التي تؤثر بها
الجسيمات على جدران الإناء، يزداد الضغط.

المعادلة الحسابية

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

بعد التغيير قبل التغيير

المتغيرات الثابتة

- درجة الحرارة المطلقة (T)
- كتلة الغاز (m) أو كمية المادة (n)

التجارب العملية

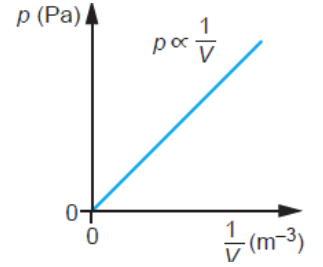
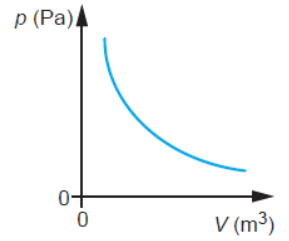
وصف العلاقة

يتناسب ضغط الغاز عكسياً مع حجمه

$$P \propto \frac{1}{V}$$

$$P = \frac{\text{مقدار ثابت}}{V}$$

$$PV = \text{مقدار ثابت}$$



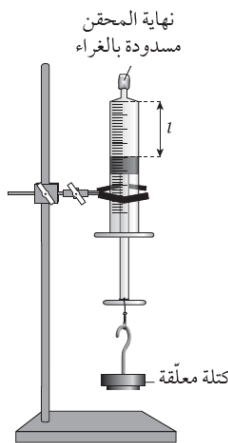
1. يحتوي الجهاز على كمية ثابتة من الغاز فوق السائل.

2. لتغيير حجم الغاز، يضغط مكبس المحقن فيرتفع السائل ويقل حجم الغاز.

3. قياس الضغط مباشرة باستخدام مقياس ضغط



أو مستشعر ضغط إلكتروني



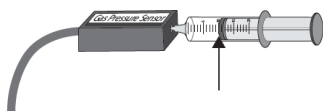
1. يسحب المحقن لإضافة كمية من الغاز ثم يتم إغلاقه بإحكام للتأكد من أن كمية الغاز ثابتة.

2. تضاف الكتل (m)، ويقاس حجم الغاز مرة أخرى ($V = A l$).
(للتأكد من ثبات درجة الحرارة، انتظر قبل أخذ القراءات)

3. يحسب الضغط الخارجي : $P = F / A = mg / A$

($F =$ وزن الكتل، $A =$ مساحة سطح المكبس الدائري)

4. ضغط الغاز = الضغط الجوي - الضغط الخارجي للكتل



8-6: تغير درجة الحرارة

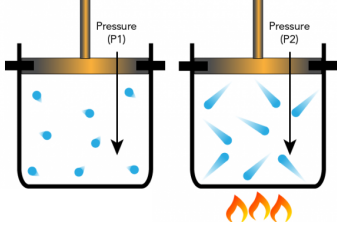
قوانين الغازات المتعلقة بدرجة الحرارة

أ. صفة الحصرية



قانون جاي لوساك

"يتناسب ضغط الغاز **طردياً** مع درجة حرارته المطلقة عندما يكون حجمه ثابتاً"



وصف العلاقة

يتناسب ضغط الغاز طردياً مع درجة حرارته

$$P \propto T$$

T مقدار ثابت

$$P = \frac{\text{مقدار ثابت}}{T}$$

ضغط الغاز = مفر،

عند درجة حرارة المفر المطلق $0K = 0^\circ C$ وليس عند $0^\circ C$ (لأنه يتكثف)

المتغيرات الثابتة

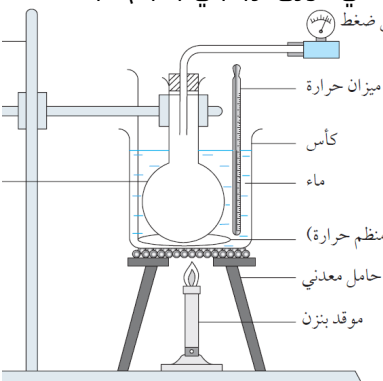
- حجم الغاز (V)
- كتلة الغاز (m) أو كمية المادة (n)

المعادلة الحسابية

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

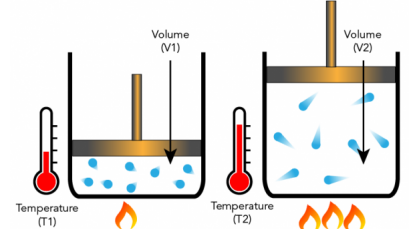
التجارب العملية

1. يتم حصر كمية ثابتة من الغاز في دورق زجاجي بحجم ثابت.
2. يتم تسخين الماء وتقاس درجة الحرارة باستخدام ميزان الحرارة.
3. يزداد ضغط الغاز ويقاس باستخدام مقياس ضغط أو جهاز استشعار.



قانون شارل

"يتناسب الحجم الذي يشغله غاز ما عند ضغط ثابت **طردياً** مع درجة الحرارة المطلقة"



وصف العلاقة

يتناسب حجم الغاز طردياً مع درجة حرارته

$$V \propto T$$

T مقدار ثابت

$$V = \frac{\text{مقدار ثابت}}{T}$$

حجم الغاز = مفر،

عند درجة حرارة المفر المطلق $0K = 0^\circ C$ وليس عند $0^\circ C$ (لأنه يتكثف)

المتغيرات الثابتة

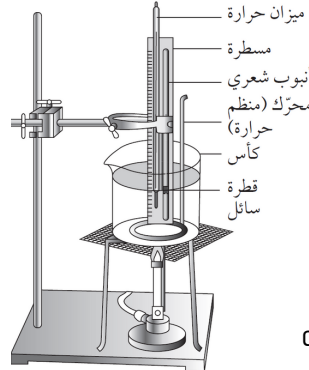
- ضغط الغاز (P)
- كتلة الغاز (m) أو كمية المادة (n)

المعادلة الحسابية

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

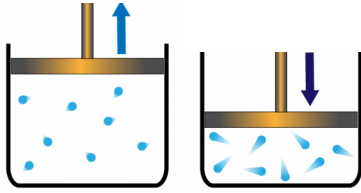
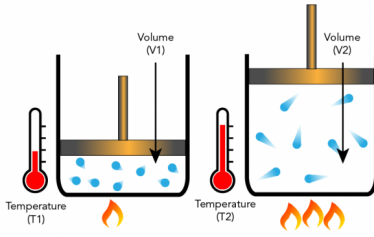
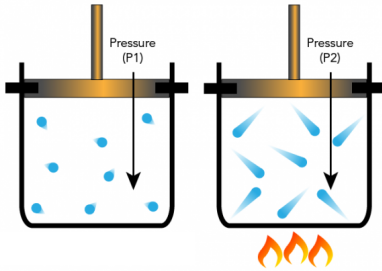
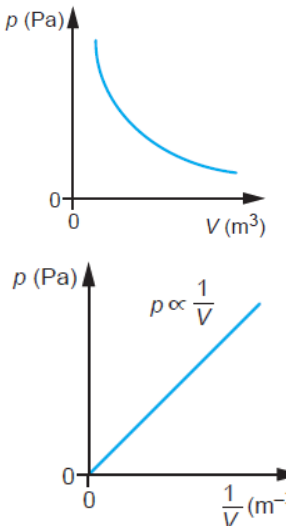
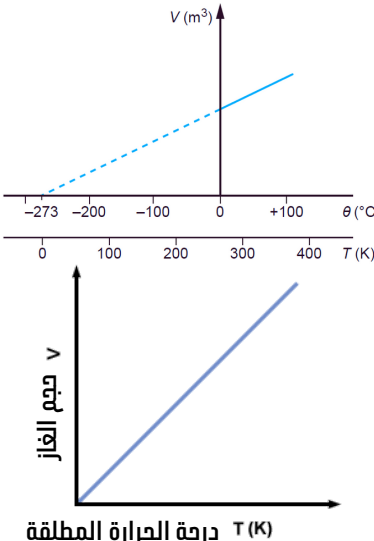
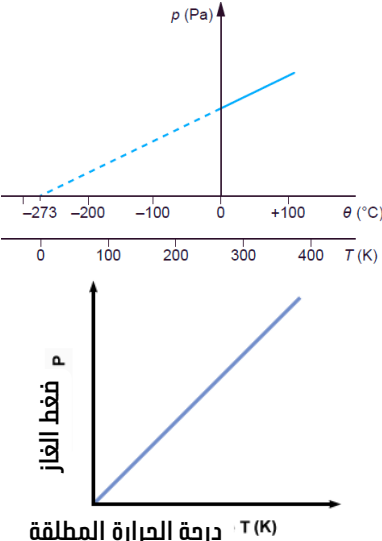
التجارب العملية

1. توضع قطرة من حمض الكبريتيك أو زيت نباتي داخل أنبوب شعري؛ للحفاظ على كمية ثابتة من الغاز أسفلها.
2. تقاس درجة الحرارة باستخدام ميزان الحرارة المثبت بجانب الأنبوب.
3. ترتفع القطرة أثناء تسخين الأنبوب، لأن حجم الجزيئات يزداد.
4. يحسب حجم الغاز من خلال قياس طول عمود الغاز ومساحة المقطع العرضي له ($V = Al$)



قوانين الغازات

أ. صفية الحضرية

قانون بويل	قانون شارل	قانون جاي لوساك	
يتناسب ضغط الغاز عكسياً مع حجمه: $P \propto \frac{1}{V}$ 	يتناسب حجم الغاز طردياً مع درجة حرارته: $V \propto T$ 	يتناسب ضغط الغاز طردياً مع درجة حرارته: $P \propto T$ 	وصف العلاقة
- درجة الحرارة المطلقة (T) - كتلة الغاز (m) أو كمية المادة (n)	- ضغط الغاز (P) - كتلة الغاز (m) أو كمية المادة (n)	- حجم الغاز (V) - كتلة الغاز (m) أو كمية المادة (n)	المتغيرات الثابتة
			التمثيل البياني
$P_1 V_1 = P_2 V_2$	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$	المعادلة الحسابية

7-8: الغازات الحقيقية والمثالية

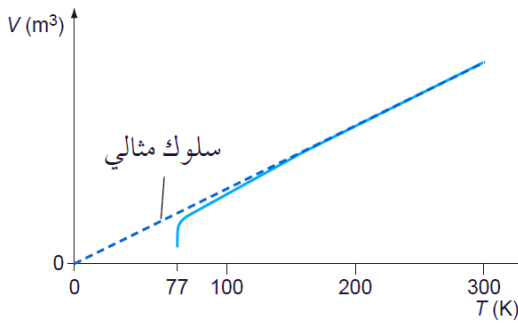


أ. صفة الحصرية

غاز مثالي

الغاز الذي يخضع للمعادلة:

$$\frac{PV}{T} = \text{مقدار ثابت} \quad [\text{لكثافة ثابتة من الغاز}]$$



غاز حقيقي

لا يخضع لقوانين الغازات عند درجات الحرارة المنخفضة والضغط العالي

- ينحرف الغاز الحقيقي عن سلوك الغاز المثالي عند انخفاض درجات الحرارة وارتفاع الضغط؛ إذ يتكثف ويتحول إلى سائل.
- بينما يخضع الغاز المثالي لقوانين الغازات في جميع الظروف ولا يتكثف بل يحافظ على حالته الغازية.

8-8: معادلة الغاز المثالي

معادلات الغاز المثالي

(معادلة الحالة للغاز المثالي)

$$pV = NkT$$

- P : ضغط الغاز بوحدة Pa
- V : حجم الغاز بوحدة m^3
- N : عدد الجسيمات
- R : ثابت بولتزمان:
- $k = \frac{R}{N_A} = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
- T : درجة الحرارة المطلقة بوحدة K

$$pV = nRT$$

بالتعويض عن قيمة كمية المادة:

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$$pV = \frac{N R T}{N_A}$$

$$pV = NkT$$

- P : ضغط الغاز بوحدة Pa
- V : حجم الغاز بوحدة m^3
- n : كمية الغاز (عدد المولات) بوحدة mol
- R : ثابت الغاز المولي العام:
- $R = 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- T : درجة الحرارة المطلقة بوحدة K

- حجم أي كمية ثابتة من الغاز يكون نفسه عند درجة الحرارة والضغط المحددين مهما كان نوع الغاز.

لذا تم تحديد شروط لدرجة الحرارة والضغط:

1. **الشروط القياسية / المعيارية (STP)**: درجة الحرارة $273.15 \text{ K} = 0^\circ \text{C}$ ، الضغط 10^5 Pa
2. **الشروط العادية (NTP)**: درجة الحرارة $293.15 \text{ K} = 20^\circ \text{C}$ ، الضغط $1 \text{ atm} = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$

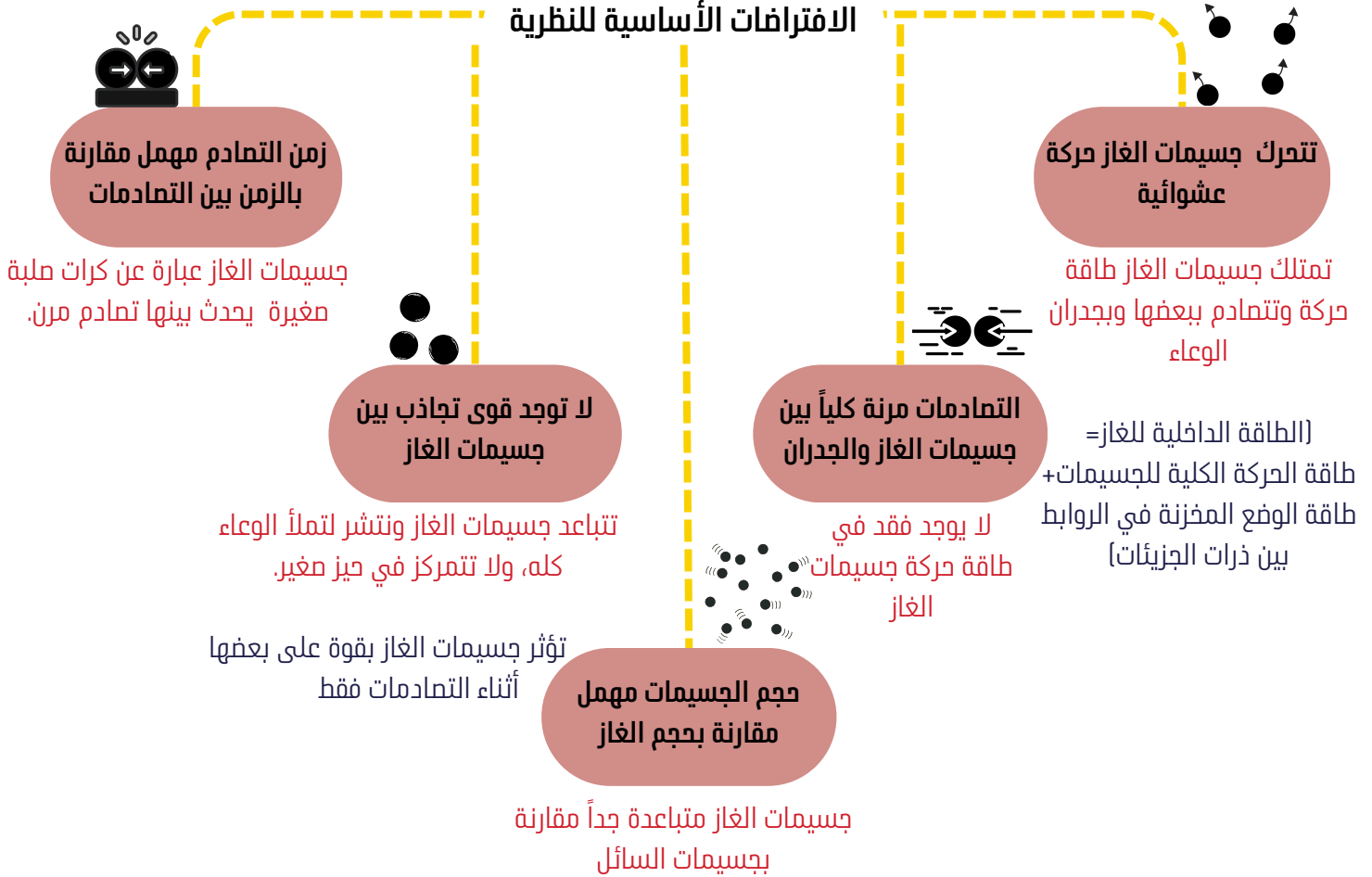
8-9: نمذجة الغازات: النموذج الحركي



النظرية الحركية للغازات

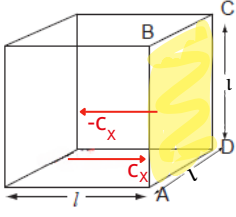
نموذج يعتمد على الحركة المجهرية
لذرات الغاز أو جزيئاته.

الافتراضات الأساسية للنظرية



8-10: استنتاج الضغط

أ. صيغة الحضرية



لاستنتاج معادلة حساب ضغط الغازات،

نفترض أن جسيم غاز كتلته m داخل وعاء على شكل مكعب طول أضلاعه l ، يتحرك على طول المحور السيني x بسرعة c_x ، ليصطدم بالجدار المقابل ثم يترد:

$$\text{الضغط} = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}} \quad (P = \frac{F}{A})$$

مساحة السطح A

$$A = l \times l \\ A = l^2$$

مساحة سطح الجدار الذي اصطدم به الجسيم (مربع):

$$A = l^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mc_x^2/l}{l^2} = \frac{mc_x^2}{l^3} = \frac{mc_x^2}{V}$$

الضغط الذي يؤثر به جسيم واحد فقط من الغاز في الاتجاه السيني:

$$P = \frac{mc_x^2}{V}$$

عدد جسيمات الغاز N

ومربع متوسط سرعة الجسيمات في الاتجاه السيني $\langle c_x^2 \rangle$

الضغط الذي تؤثر به جسيمات الغاز في الاتجاه السيني:

$$P = \frac{Nm \langle c_x^2 \rangle}{V}$$

مربع متوسط سرعة الجسيمات في جميع الاتجاهات $\langle c^2 \rangle$

$$\langle c_x^2 \rangle + \langle c_y^2 \rangle + \langle c_z^2 \rangle = \langle c^2 \rangle$$

مركبة السرعة متساوية في جميع الاتجاهات: $\langle c_x^2 \rangle = \langle c_y^2 \rangle = \langle c_z^2 \rangle$

$$\langle c_x^2 \rangle + \langle c_x^2 \rangle + \langle c_x^2 \rangle = \langle c^2 \rangle \\ \langle c_x^2 \rangle = \frac{\langle c^2 \rangle}{3}$$

الضغط الذي تؤثر به جسيمات الغاز:

$$P = \frac{Nm \langle c^2 \rangle}{3V}$$

$$\text{القوة} = \frac{\text{التغير في كمية التحرك}}{\text{الزمن}} \quad (F = \frac{\Delta P}{\Delta t})$$

$$\Delta P = m \Delta v$$

$$= m[-c_x - c_x]$$

$$= -2mc_x$$

$$\Delta t = \frac{d}{v}$$

$$= \frac{2l}{c_x}$$

$$(F = \frac{\Delta P}{\Delta t})$$

$$= \frac{-2mc_x}{2l/c_x}$$

$$= \frac{-mc_x^2}{l}$$

$$= \frac{-mc_x^2}{l}$$

القوة التي يؤثر بها جسيم الغاز على الجدار:

$$F = \frac{mc_x^2}{l}$$

قانون حساب ضغط الغاز:

$$P = \frac{1}{3} Nm \langle c^2 \rangle$$

يتناسب الضغط طردياً مع عدد جسيمات الغاز وكتلتها، وعكسياً مع حجمه.

• كتلة الغاز = كتلة الجسيم الواحد $\times$ عدد الجسيمات

$$M = Nm$$

• كثافة الغاز = الكتلة / الحجم

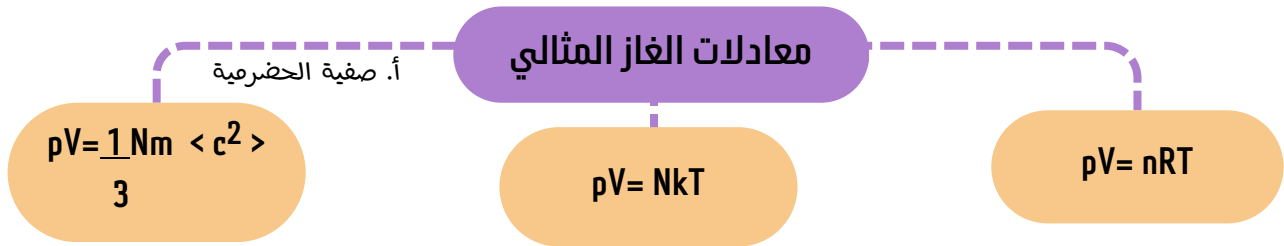
$$\rho = \frac{M}{V}$$

• ضغط الغاز:

$$P = \frac{1}{3} \rho \langle c^2 \rangle$$

يتناسب ضغط الغاز طردياً مع كثافته ومتوسط سرعة جسيماته

8-11: درجة الحرارة وطاقة حركة الجزيئات



ثابت بولتزمان (k): ثابت أساسي يعطى بواسطة

$$k = \frac{R}{N_A}$$

حيث R: ثابت الغاز المثالي، N_A : عدد افوجادرو

$$k = \frac{R}{N_A} = \frac{8.31}{6.022 \times 10^{23}} = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$$

باستخدام معادلتى الغاز المثالي:

$$pV = nRT, \quad pV = \frac{1}{3} N m \langle c^2 \rangle$$

$$\frac{1}{3} N m \langle c^2 \rangle = nRT$$

$$\frac{1}{3} N m \langle c^2 \rangle = \frac{N}{N_A} RT$$

بالتعويض عن قيمة عدد المولات: $n = \frac{N}{N_A}$

$$\frac{1}{3} m \langle c^2 \rangle = \frac{R}{N_A} T$$

حذف عدد الجسيمات N من الطرفين:

$$m \langle c^2 \rangle = 3 k T$$

بالتعويض عن قيمة ثابت بولتزمان: $k = \frac{R}{N_A}$

$$\frac{1}{2} m \langle c^2 \rangle = \frac{3}{2} k T$$

بقسمة المعادلة على 2:

$$\overline{K.E} = \frac{3}{2} k T$$

متوسط طاقة الحركة لجسيم ما: $\overline{K.E} = \frac{3}{2} k T$

2

• يتناسب متوسط طاقة الحركة الانتقالية لجسيم الغاز المثالي **طردياً** مع درجة الحرارة المطلقة: $\overline{K.E} \propto T$

• الحركة الانتقالية لجسيمات الغاز:

1. الذرة المفردة: حركة انتقالية فقط

2. الجزيئات (ذرتين أو أكثر): حركة انتقالية ودورانية

