المستوى : السنة الثانية ثـانوي

الوحدة 01

مقاربة كيفية لطاقة جملة وانحفاظها

ماذا يجب أن أعرف حتى أقول : إني استوعبت هذا الدرس

1 - يجب أن أعرف المعنى الفيزيائي للطاقة .

2 - يجب أن أعرف شكل طاقة جملة وكيفية تحوّلها .

3 - يجب أن أعرف كيفية التعبير عن ظاهرة أو تركيب بواسطة سلسلة طاقوية .

4 – يجب أن أعرف أن طاقة جملة لا تضيع بل تتحول إلى شكل آخر (انحفاظ الطاقة) .

5 – يجب أن أعرف كيفية التعبير عن تحول الطاقة بواسطة تمثيل الحصيلة الطاقوية .

الدرس

1 – أشكال طاقة جملة

- **الطاقة الحركية** : تتعلق بالمتحرك وحالته الحركية ، نرمز لها بـ E_c

- **الطاقة الكامنة** : تتعلق بالتأثيرات المتبادلة بين الأجسـام ، نرمز لها بـ E_p

- **الطاقة الداخلية** : هي مجموع الطاقتين الحركية والكامنة المجهريتين ، حيث الأولى تتعلق بحركة الجسيمات المكوّنة للجملة ، وتتعلق الثانية بالتأثيرات المتبادلة بين هذه الجسيمات ، نرمز لها بـ E_i .

2 – أنماط تحويل الطاقة

- تحويل ميكانيكي W_m : يحدث هذا النمط من التحويل بواسطة تطبيق قوى من جسم على آخر .

مثلا : رجل الدرّاج عندما تدير دوّاسة الدراجة .

- تحويل كهربائي W_e : يحدث هذا النمط عندما يمر تيار كهربائي من جسم لآخر .

مثلا : بطارية تغذي مصباحا .

- تحويل بالإشعاع E_r : يحدث هذا النمط عند سقوط أشعة ضوئية مرئية أو غير مرئية من جسم على جسم آخر .

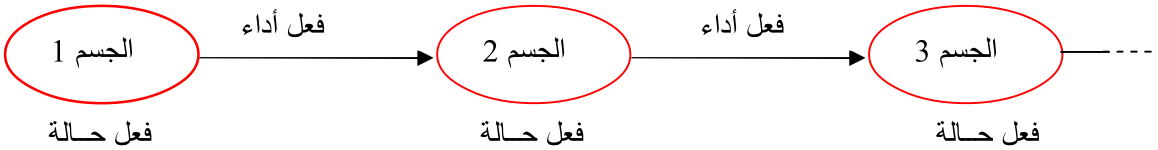
مثلا : سقوط أشعة الشمس على قطعة حديدية .

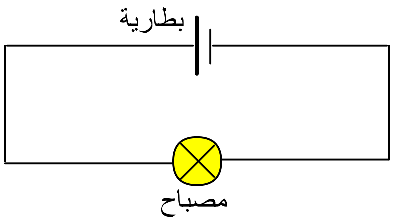
- تحويل حراري Q : يحدث هذا النمط عند تلامس أجسام تختلف في درجة حرارتها .

مثلا : المسخن الكهربائي في المنزل . (تلامس الهواء الموجود في المنزل مع المسخن)

2 - وصف ظاهرة بواسطة سلسلة وظيفية

تتكون الظاهرة أو التركيب من أجسام تتميز بحالة معينة وتؤدّي وظيفة ما .



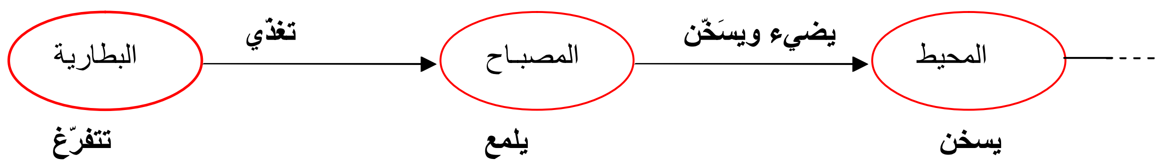


مثال : تغذية مصباح بواسطة بطارية .

تملك البطارية طاقة داخلية نتيجة التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخلها ، فتتفرغ **(فعل حالة)** من أجل تغذية المصباح **(فعل أداء)**

المصباح يلمع (**فعل حالة**) فيضيء ويسخن (**فعل أداء**) الوسط الخارجي .

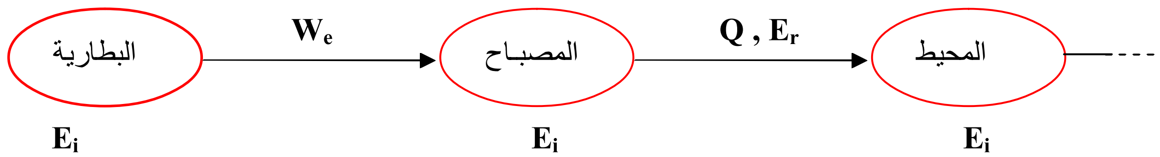
نعبّر عن هذا التركيب بواسطة السلسلة الوظيفية التالية :



2 – وصف ظاهرة بواسطة سلسلة طاقوية

نكتب أسفل الجسم شكل الطاقة التي يحوّلها ، ونكتب فوق السهم الشكل الذي تتحول به هذه الطاقة إلى الجسم الآخر .

مثال : دارة مغلقة على بطارية ومصباح .



إن للبطارية طاقة داخلية بسبب التفاعلات الكيميائية الحادثة فيها ، ينتج عن ذلك تيار كهربائي يمر في المصباح (تحويل كهربائي) ، فيشتعل المصباح مكتسبا طاقة داخلية نتيجة حركة الإلكترونات في سلكه المتوهج ، فيسخن هذا السلك وينشر إشعاعات ضوئية وكمية من الحرارة إلى الوسط الخارجي ، أي المحيط (تحويل حراري وتحويل بالإشعاع) .

النشاطات

الطاقة الحركية

النشاط 1 ص 16

- الحالة الحركية للكرية قبل التصادم : ساكنة
- الحالة الحركية للكرية بعد التصادم : تتحرك
- كانت العربة تكتسب طاقة قبل التصادم والدليل على ذلك هو حركة الكرية ، حيث أن هذه الأخيرة اكتسبت طاقتها من العربة فتحركت ، وشكل طاقة العربة هي طاقة **حركية .**

إكمال الفراغات :

الطاقة الحركية هي الطاقة التي تكتسبها الأجسام نتيجة حركتها

ملاحظة

حسب ما جاء في دليل الأستاذ : نزْع النشاطات 1 و 2 و 3 الموجودة في كتاب التلميذ وتعويضها بالنشاطات الواردة في دليل الأستاذ ، وحسب ما ذكر أعضاء لجنة البرامج ، أنهم يعتذرون عن الخطأ الوارد في النشاط 3 .

فهم يقصدون بدون شك أن المسافة المقطوعة على المستوي المائل في النشاط 3 لا تتعلق بالكتلة ، لكنهم لم ينتبهوا إلى أن في النص لم يذكروا إن كان المستوي المائل أملس ، بل ذكروا فقط أن المستوي الأفقي أملس .

وفي حالة وجود الاحتكاك فوق المستوي المائل فإن المسافة المقطوعة فوق هذا الأخير تتعلّق بالكتلة .

أما بالنسبة للنشاط 2 ، حتى وإن كان المستوي المائل أملس ، فإن المسافة المقطوعة فوقه تتعلّق بالسرعة في أسفل المستوي ، أي بالطاقة الحركية .

النشاطان الواردان في دليل الأستاذ :

النشاط 2

علاقة الطاقة الحركية بالسرعة :

ضع عربة على مستو أفقي أملس (طاولة مثلا) مربوطة لحاجز مثبّت بواسطة خيط مطاطي مسترخ . علّم الوضع الابتدائي للعربة (الحافة غير المتصلة بالمطاط مثلا) ، ثم ادفعها بواسطة مسطرة مثلا ، بحيث تنطلق العربة بحركة مستقيمة بسرعة معيّنة $\vec{v}_1$.

1 - علّم أقصى موضع تصل له العربة لحظة انعدام سرعتها .

2 - سجّل المسافة التي قطعتها أثناء حركتها . كيف يكون المطاط عند هذا الوضع ؟

3 - ماذا تستنتج ؟ إلى ماذا تحوّلت الطاقة الحركية للعربة ؟

4 - ماذا يحدث للعربة بعد ذلك ؟ إلى أين تصل العربة في الاتجاه المعاكس ؟ ماذا يحدث ؟

5- أعد التجربة بدفع العربة من نفس الموضع بحيث تنطلق بسرعة $v_2 > v_1$.

6 - علّم أقصى موضع تصل إليه العربة ، وسجّل المسافة التي قطعتها أثناء حركتها .

7 - ماذا تلاحظ ؟

8 - قارن المسافة المقطوعة في الحالتين . ماذا تستنتج ؟

9 - عيّن استطالة المطاط في هذه الحالة .

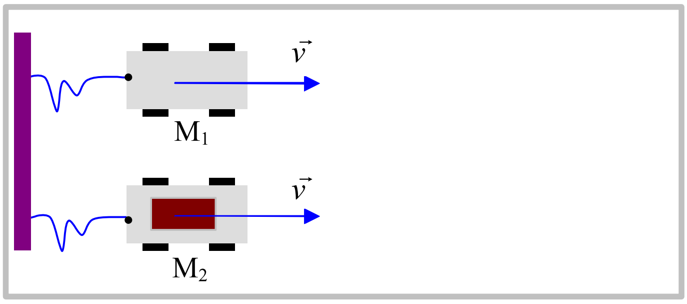
10 - ماذا تستنتج بالنسبة للطاقة الحركية التي انطلقت بها العربة في التجربتين ؟

11 - أعد التجربة بتغيير سرعة انطلاق العربة في كل مرّة واستنتج كيفيا علاقة الطاقة الحركية بسرعة العربة .

النشاط 3

علاقة الطاقة الحركية بالكتلة :

نريد في هذا النشاط إبراز كيفيا علاقة الطاقة الحركية بكتلة العربة ، لذلك نستعمل عربتين متماثلتين ونضع فوق إحداهما حمولات مختلفة في كل مرّة .



ضع العربتين فوق الطاولة كما هو موضّح في الشكل واربطهما بالحاجز بواسطة مطاطين متماثلين .

1 - لتحقيق هدف هذه الدراسة يجب أن تنطلق العربتان بنفس السرعة . لماذا ؟

2 - اقترح وسيلة عمليّة تُعطي بها للعربتين نفس السرعة الابتدائية .

3 - في رأيك لماذا نستعمل مطاطين متماثلين ؟ وكيف نتحقق من تماثلهما عمليا ؟

اعتمادا على خطوات التجربة السابقة والشروط الابتدائية المحدّدة في السؤالين السابقين اقترح بروتوكولا تجريبيا تُبرز فيه كيفية تغيّر الطاقة الحركية للعربة بتغيّر كتلتها . استعمل على الأقل 3 قيم لكتلة العربة المحمّلة .

صف في فقرة خطوات التجربة والملاحظات التي تعتمد عليها للوصول إلى النتيجة .

أجوبة النشاط 2

2 - يكون المطاط متوتّرا ، أي مستطالا .

3 - نستنتج أن المطّاط اكتسب طاقة داخلية (مرونية) ، حيث تحوّلت الطاقة الحركية للعربية إلى طاقة كامنة مرونية اكتسبها المطّاط .

4 – تتوقف العربة ، ثم تعود راجعة بفعل الطاقة الكامنة المرونية للمطّاط التي تتحوّل الآن إلى طاقة حركية ، وتكون هذه الطاقة الحركية أكبر ما يُمكن عندما يصبح طول المطّاط مساويا لطوله الطبيعي . تواصل العربة حركتها إلى أن تصطدم بالحاجز (عدم وجود أي ضياع في الطاقة) .

6 – 7 – 8 – 9 – 10 نستنتج أن **الطاقة الحركية تتعلق بسرعة الجسم** .

أجوبة النشاط 3

1 – يجب أن تكون للعربتين نفس السرعة لكي ندرس علاقة الطاقة الحركية بالكتلة فقط .

2 – نثبّت أفقيا نابضين متماثلين في طرف الطاولة ونضغطهما بواسطة العربتين بنفس القيمة ونتركهما في نفس اللحظة ، بشرط أن لا نعرقل حركة المطاطين .

3 – يجب أن يكون المطاطان متماثلين حتى يتسنى لنا أن نحكم على تناسب الطاقة الحركية للعربتين مع مقداري استطالتهما .

نتحقق من تماثلهما ، أولا بقياس طوليهما ، أي يجب أن يكون لهما نفس الطول ، وثانيا يجب أن يكون لهما نفس ثابت المرونة ، ولكي نتحقق من ذلك نثبتهما شاقوليا ونعلق في الطرف الثاني لكل واحد منهما نفس الثقل فيستطيلان بنفس القيمة .

نلاحظ أنّه كلما كانت حمولة العربة أكبر كلما استطال المطّاط أكثر ، وبالتالي نستنتج أن **الطاقة الحركية تتعلق بكتلة الجسم** .

إكمال الفراغات :

إذا تحرك جسم في مرجع معين ، فإنه يملك طاقة نسمّيها طاقة **حركية** ونرمز لها بالرمز E_c . تتعلّق الطاقة الحركية للجسم المتحرّك بـ**سرعته** و**كتلته** ، فكلما ازدادت **سرعته** أو **كتلته** ازدادت طاقته الحركية .

ملاحظة : إذا كان الجسم ساكنا ، فمهما كانت كتلته فإن طاقته الحركية تكون معدومة ، أي أن تأثير الكتلة يظهر فقط أثناء الحركة .

الطاقة الداخلية

النشاط 1 ص 17

- نلاحظ أن العربة تشرع في الحركة .
- لا تكتسب العربة في الموضع A طاقة بدون وجود العمود لأنه لا يوجد أي منبع يحوّل الطاقة للعربة .
- نعم تكتسب العربة طاقة في الموضع B وهي تسير لأن العربة لها سرعة في هذه النقطة ، وهذه الطاقة هي طاقة حركية ، وتتعلق بسرعة العربة وكتلتها ، واكتسبتها من العمود ، حيث أن هذا الأخير قام بتغذية المحرك الذي تعتمد عليه العربة في حركتها .
- نعم للعمود طاقة في الموضع A ، وهي طاقة داخلية .
- نمط تحويل الطاقة من العمود إلى المحرك هو كهربائي (W_e)
- نمط تحويل الطاقة من المحرك إلى العربة هو ميكانيكي (W_m)
- السلسلة الطاقوية :

العمود $\xrightarrow{W_e}$ المحرك $\xrightarrow{W_m}$ العربة ---

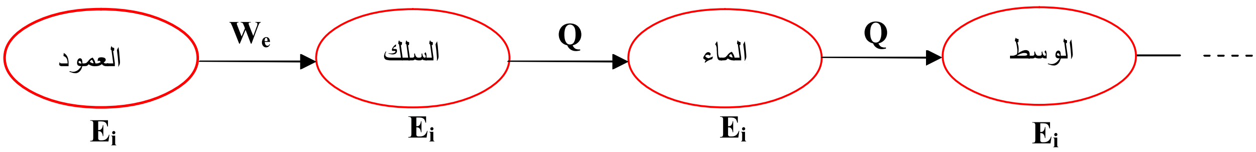
E_i E_c E_c

إكمال الفراغات :

يخزّن العمود الكهربائي طاقة ندعوها الطاقة **الداخلية** ، ونرمز لها بالرمز E_i ، تتعلق بالحالة **المجهرية للمادة الكيميائية داخل العمود** . تتحوّل الطاقة من العمود إلى المحرك ، ونقول أنه حدث **تحويل كهربائي** ، ونرمز له بالرمز W_e . يتحقق هذا التحويل عندما يعبر تيار دارة كهربائية .

النشاط 2 ص 18

- نعم يخزّن العمود طاقة قبل غلق القاطعة (طاقة داخلية) .
- نعلم أن مقاومة السلك المسخن تزداد بازدياد درجة حرارة السلك ، وبما أن شدّة التيار الكهربائي تتناسب عكسيا مع المقاومة ، إذن نلاحظ أن شدة التيار تؤول إلى قيمة صغيرة كلما طال الزمن لأن حرارة السلك تزداد بمرور الوقت . (تستقر شدة التيار في النظام الدائم)
- المحرار يبيّن ارتفاع درجة حرارة الماء .
- يكتسب الماء طاقة ، وهي طاقة داخلية ، وتتعلق بالحالة المجهرية لجزيئات الماء .
- نمط تحويل الطاقة من المقاومة الكهربائية إلى الماء هو نمط حراري .
- السلسلة الطاقوية :



إكمال الفراغات

عندما ترتفع درجة حرارة الماء تزداد طاقته **الداخلية** . نفسّر ارتفاع الطاقة **الداخلية** للماء بزيادة الطاقة **الحركية** لجزيئات الماء (طاقة حركية مجهرية ، او ميكروسكوبية) .

النشاط 3 ص 18

1 - المحرار هو الذي يبيّن أن الوعاء الذي كان معرّضا مباشرة للأشعة هو الذي ترتفع فيه درجة حرارة الماء بقيمة أكبر بعد مرور مدة زمنية معيّنة .

2 - درجة حرارة الماء تتناسب مع الطاقة التي اكتسبها الماء ، وبالتالي تكون الطاقة المكتسبة في الوعاء المعرض مباشرة للأشعة أكبر من الطاقة التي اكتسبها الماء في الوعاء المغلق .

3 - الطاقة في الوعاء تكون بمقدار كمية الإشعاعات التي تصل إلى الماء في هذا الوعاء . هذا لا يُعني أن الماء الموجود في الكأس المغلق لا يكتسب طاقة . سقوط الأشعة الضوئية على الصفيحة المعدنية يُكسبها طاقة داخلية تتحول حراريا للهواء ثم إلى الماء .

ونستنتج من هذا أن الطاقة تكون مختلفة في الوعاءين بعد فترة زمنية معيّنة .

نمط تحويل الطاقة في هذه الحالة : تحويل بالإشعاع في الوعاء 1 وتحويل حراري في الوعاء 2 .

إكمال الفراغات

اكتسب الماء في الوعاء 1 طاقة **داخلية** أكبر من الطاقة **الداخلية** التي اكتسبها الماء في الوعاء 2 نتيجة تعرّضه للأشعة . نقول أنه حدث تحويل للطاقة **بواسطة الأشعة الضوئية** من المصباح (أو الشمس) إلى الماء .

يُدعى هذا النمط من التحويل تحويل **بالإشعاع** ونرمز له بالرمز E_r .

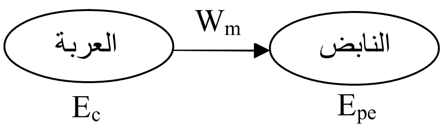
الطاقة الكامنة المرونية

النشاط الوحيد ص 19

1 -

- في الوضع A النابض لم يطرأ عليه أي تشوّه ، فهو لا يخزن أي طاقة .
- في الوضع B النابض متقلّص بمقدار معين (أي طوله أصبح اقل من طوله الطبيعي) ، في هذه الحالة يخزّن طاقة بسبب تشوّهه ، وقد اكتسب هذه الطاقة من العربة ، و هذه الطاقة هي طاقة كامنة مرونية وتتعلّق بمقدار تشوّه النابض (أي تقلّصه أو استطالته) .
- نمط تحويل الطاقة من العربة للنابض هو تحويل ميكانيكي (W_m)
- ليس هذا مكان الجواب عن هذا السؤال ، فلكي نتطرق للحصيلة الطاقوية يجب أن تعرف على كل أشكال الطاقة .

نمثّل السلسلة الطاقوية :

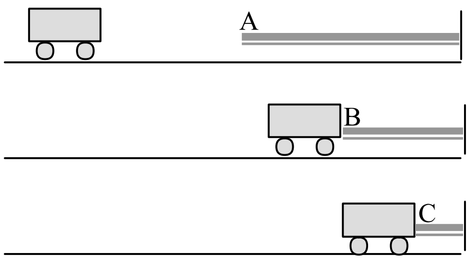


2 -

- التمثيل :

بما أن الطاقة الحركية للعربة تتعلق بسرعتها ، هذا معناه أنها تكتسب طاقة حركية أكبر مما في التجربة الأولى عند اصطدامها بالنابض وبالتالي تكون الطاقة المحوّلة إلى النابض أكبر كذلك . ، وبهذا يتقلص النابض أكثر .

- طاقة النابض في هذه الحالة تكون أكبر منها في التجربة الأولى .
- تتناسب الطاقة الكامنة للنابض بمقدار التشوّه فيه .



إكمال الفراغات

عندما يكون نابض منضغطا (أو مستطالا) فإنه يخزّن **طاقة** تتعلق بمقدار **انضغاطه أو استطالته** ، نسميها الطاقة **الكامنة المرونية** ونرمز لها بالرمز E_{pe} . كلما زاد انضغاط أو استطالة النابض (في حدود مرونة النابض) زادت طاقته **الكامنة المرونية** المخزنة .

الطاقة الكامنة الثقالية

النشاط 1 ص 19

1 - نعم ، تكتسب المزهرية طاقة لحظة ملامستها الأرض ، والدليل على ذلك هو الأثر الذي تركته على التراب .

2 - الطاقة التي اكتسبتها المزهرية هي طاقة حركية ، وقد اكتسبتها من جراء حركتها .

3 - نعم كانت تكتسب الجملة (المزهرية + الأرض) طاقة عندما كانت المزهرية موضوعة على حافة الشرفة (قبل السقوط) ، لأن هذه الطاقة هي التي بدأت تتحول إلى طاقة حركية خلال سقوط المزهرية .

4 - هذه الطاقة هي طاقة كامنة ثقالية .

النشاط 2 ص 20

- الأثر الذي تُحدثه المزهرية في الشكل 23 يكون أعمق من الذي تُحدثه المزهرية في الشكل 22 (طبعا إذا كانت حالة الأرضية هي نفسها تحت العمارتين)
- نستنتج أن طاقة الجملة (المزهرية + الأرض) في الشكل 23 أكبر منها في الشكل 22 عندما كانت المزهرية على حاقة الشرفة ، وتتعلق هذه الطاقة بمقدار ارتفاع المزهرية عن سطح الأرض .

النشاط 3 ص 20

- المزهرية التي لها الكتلة الأكبر هي التي تُحدث في التراب الأثر الأكثر عمقا (حدسيا).
- نستنتج أن طاقة الجملة (المزهرية + الأرض) في الشكل 24 أكبر منها في الشكل 23 .
- تتعلّق هذه الطاقة بكتلة المزهرية .

إكمال الفراغات

عندما يكون جسم ذو كتلة M على ارتفاع h من سطح الأرض ، فإن الجملة (الجسم + الأرض) تخزّن **طاقة** نسميّها **طاقة كامنة ثقالية** ، وهي تتعلّق **بكتلة** الجسم و**الارتفاع** في مكان معيّن ، ونرمز لها بالرمز E_{pp} .

استطاعة التحويل

نشاط

1 – بعد القياس نلاحظ أن درجة الحرارة في الوعاء 2 أكبر .

2 – تتناسب درجة الحرارة مع كمية الحرارة في الوعاء ، وبالتالي لا تكون كمية الحرارة متساوية في الوعاءين .

3 – تحويل الطاقة كان أسرع في الوعاء 2 .

إكمال الفراغات

ارتفعت **درجة حرارة** الماء في الوعاء 2 أكثر منها في الوعاء 1 خلال نفس المدة ، أي أن الماء في الوعاء 2 اكتسب طاقة **أكبر** من الطاقة التي اكتسبها الماء في الوعاء 1 . نقول أنه حدث تحويل طاقوي **أسرع** في الحالة 2 منه في الحالة 1 .

استطاعة التحويل (P) هي حاصل قسمة الطاقة المحولة على مدة التحويل $P = \frac{E}{t}$

P : الواط (W) ، E : جول (J) ، t : الثانية (s)

مبدأ انحفاظ الطاقة

الطاقة لا تضيع ، بل تتحوّل من جملة إلى أخرى .

الطاقة الابتدائية للجملة + الطاقة التي تستقبلها – الطاقة التي تقدّمها = الطاقة النهائية للجملة

نقول عن جملة أنها معزولة طاقويا إذا كانت :

طاقتها النهائية تساوي طاقتها الابتدائية

الحصيلة الطاقوية

نمثّل في الحصيلة الطاقوية الجسم بفقاعة وكل شكل من أشكال الطاقة بعمود يتوسطه سهم تدلّ جهته على جهة تغير الطاقة .

نمثل الطاقة الابتدائية بخط متقطع أفقي والطاقة النهائية بخط متواصل أفقي .

مثـال

نقذف كرة نحو الأعلى من نقطة مرتفعة عن سطح الأرض ، ونريد تمثيل الحصيلة الطاقوية منذ قذفها إلى أن تنعدم سرعتها .

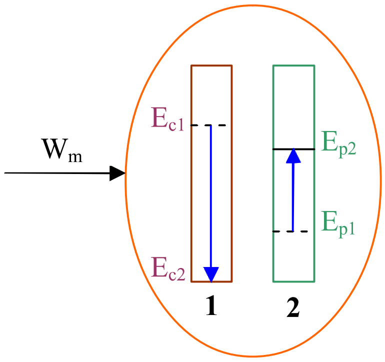
الحالة الابتدائية (الحالة 1) : الكرة لها سرعة إذن لها طاقة حركية E_{c1} ، وتوجد على ارتفاع معيّن عن سطح الأرض ، إذن تملك طاقة كامنة ثقالية E_{p1} .

الحالة النهائية (الحالة 2) : تنعدم سرعة الكرة ، ومنه انعدام طاقتها الحركية ، أي $E_{c2} = 0$.

تزداد طاقتها الكامنة لأنها ابتعدت عن الأرض لتصبح E_{p2} .

ملاحظة 1 : في حالة كون الجملة معزولة طاقويا نرسم السهمين بنفس الطول .

ملاحظة 2 : إذا لم تتغير طاقة جملة لا نمثل أي شيء داخل الفقاعة .



الجملة (الكرة + الأرض)

التحويل الحراري والتوازن الحراري :

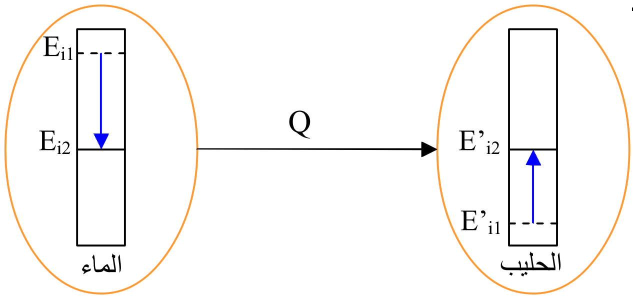
النشاط الوحيد ص 23

1 - الجملة (الوعاء + الماء + الكأس + الحليب) في البداية لم تكن في توازن حراري ، أي أن ليس كل هذه الأجسام تكون لها نفس درجة الحرارة ، لأن الحرارة يلزمها وقتا معيّنا لكي تنتقل من جسم لآخر .

2 - هذه الحالة ليست دائمة لأن الحرارة تنتقل عبر الأوساط .

3 - بعد مدة زمنية معيّنة تصبح للماء والحليب نفس درجة الحرارة .

4 - الحصيلة الطاقوية :



إكمال الفراغات

يحدث تحويل حراري **Q** داخل جملة **غير متوازنة** حراريا من الجسم **الساخن** إلى الجسم **البارد** .
يتواصل هذا التحويل إلى أن تصبح الجملة **متوازنة حراريا** . تكون لكل جسم **نفس** درجة الحرارة ، ونقول عندئذ أن للجملة نفس درجة الحرارة .

المستوى : السنة الثانية ثانوي

الوحدة **02** **العمل والطاقة الحركية** (حالة الحركة الإنسحابية)

ماذا يجب أن أعرف حتى أقول : إني استوعبت هذا الدرس

1 - يجب أن أفرّق بين انسحاب جسم ودورانه .

2 - يجب أن أعرف العلاقة الرياضية التي تعبّر عن الطاقة الحركية خلال انسحاب جسم .

3 – يجب أن أعرف العلاقة الرياضية التي تعبّر عن عمل قوّة وكيفية حساب هذا العمل في مختلف الحالات

4 - يجب أن أعرف أن عمل قوّة ثقل جسم لا يتعلق بالمسار المسلوك.

5 – يجب أن أتمكن من تطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة واستعمله لتحديد مقادير فيزيائية مثل سرعة الجسم .

الدرس

1 – انسحاب جسم :

نقول أن جسما ينسحب عندما يكون لكل النقط المشكّلة للجسم نفس منحى وجهة شعاع السرعة .

2 – الطاقة الحركيّة :

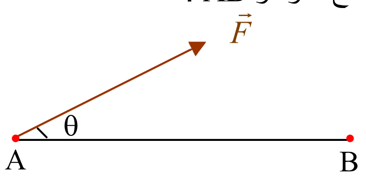
تتعلق الطاقة الحركية لجسم ينسحب بكتلته وسرعته $E_c = \frac{1}{2}Mv^2$ ، حيث M : (kg) ، v : (m/s) ، E_c : (J) (Joule)

3 – عمل قوّة ثابتة

القوة الثابتة $\vec{F}$ هي القوة التي تحافظ على جهتها ومنحاها وشدتها عندما تنتقل نقطة تأثيرها . نعبّر عن عملها بين A و B بالعلاقة :

$$W_{AB}(\vec{F}) = F\ AB\cos\theta$$

حيث AB المسافة التي تقطعها نقطة تأثير القوة $\vec{F}$ و θ هي الزاوية المباشرة المحصورة بين شعاع القوة و AB .

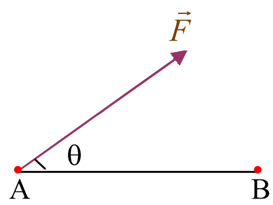


إذا كان $\cos\theta > 0$ يكون العمل موجبا ، ونقول عنه أنه **عمل محرّك** .

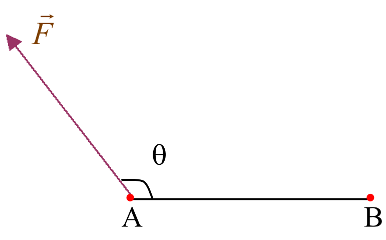
إذا كان $\cos\theta < 0$ يكون العمل سالبا ، ونقول عنه أنه **عمل مقاوم** .

إذا كان $\cos\theta = 0$ ، أي $\theta = 90°$ ، يكون العمل معدوما ، ونقول أن القوّة **لا تعمل** .

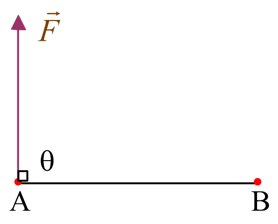
تنتقل نقطة تأثير القوّة $\vec{F}$ من A نحو B :



عمل $\vec{F}$ محرّك

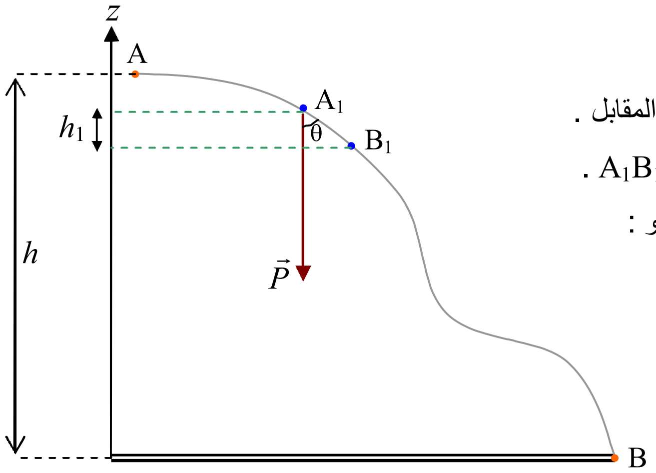


عمل $\vec{F}$ مقاوم



$\vec{F}$ لا تعمل

4 – عمل قوّة الثقل



نعتبر ورقة ثقلها $\vec{P}$ تسقط من A نحو B وفق المسار المبيّن في الشكل المقابل .

لو قسّمنا هذا المسار إلى قطع صغيرة نحصل على خطوط مستقيمة مثل A_1B_1 .

نعلم أن قوة الثقل هي قوة ثابتة ، وبالتالي يكون عملها من A_1 إلى B_1 هو :

$$W_1\left(\vec{P}\right) = P\ A_1B_1 \cos\theta \qquad (1)$$

ولدينا $\cos\theta = \dfrac{h_1}{A_1B_1}$ ، وبالتالي من العلاقة (1) نكتب :

$$W_1\left(\vec{P}\right) = P\ h_1$$

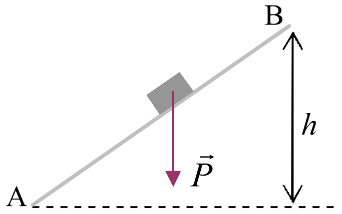
نكرّر حساب العمل في كل جزء من المسار ، وبجمع هذه الأعمال نجد العمل من A إلى B :

$$W = W_1\left(\vec{P}\right) + W_2\left(\vec{P}\right) + \ldots. = P\ h_1 + P\ h_2 + \ldots = P\left(h_1 + h_2 + \ldots\right)$$

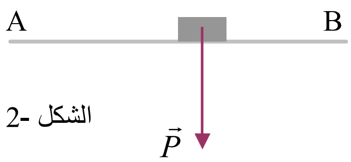
ولدينا $h_1 + h_2 + \ldots = h$ ، ومنه **عمل قوة الثقل لا يتعلق بالمسار المسلوك ، بل يتعلق فقط بأول نقطة وآخر نقطة منه** .

$$W_{AB}\left(\vec{P}\right) = P\ h = Mg\ h$$

- إذا كان الجسم ينتقل نحو الأعلى فإن عمل الثقل يكون سالبا $W_{AB}\left(\vec{P}\right) = -P\ h$ (الشكل -1)
- إذا كان الجسم ينتقل أفقيا فإن عمل ثقله يكون معدوما (الشكل – 2)



الشكل - 1



الشكل -2

النشاطات

1 – عمل قوة ثابتة

النشاط 1 ص 34

- يجب تثبيت مجفف الشعر على بعد ثابت عن العربة لكي يبقى ضغط التيار الهوائي المنبعث من المجفف ثابتا ، وبالتالي تكون القوة المطبقة منه على العربة ثابتة .
- يجب أن يكون التيار الهوائي أفقيا ومن جهة النقطة A حتى يكون شعاع القوة التي يؤثر بها موازيا لـ AB ، لأن عبارة العمل هي $W = F\ AB\cos\theta$ ، وفي هذه الحالة لدينا $\theta = 0$ ، ومنه $\cos\theta = 1$ والتي توافق أعظم قيمة للعمل W ، أي العربة تصل بأقصى سرعة إلى B .
- في هذه الحالة نجعل التيار الهوائي يسقط أفقيا عليها من جهة B ، فتكون الزاوية $\theta = 180°$ ، وبالتالي $\cos\theta = -1$ ، فيصبح العمل سالبا ، أي مقاوما ، و هذا العمل هو أعظم عمل سالب .
- إذا كان حامل القوة عموديا على العربة فإنها لا تتحرك ، وبالتالي يكون عمل هذه القوة معدوما لأن $\theta = 90°$ ومنه $\cos\theta = 0$.

النشاط 2 ص 35

حتى يصبح للنشاط معنى نستبدل العبارة الأولى بالعبارة التالية : **يؤثر أربعة أشخاص على سيارة بواسطة القوى الممثلة في الشكل** .

ملاحظة : ليس من المعقول أن الأشخاص يريدون نقل العربة من A نحو B ويؤثرون عليها بالقوى $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_4$

1 - القوة التي تجعل العربة تصل إلى النقطة B بأقصى سرعة هي $\vec{F}_3$ ، لأن الزاوية بين $\vec{F}_3$ و AB هي $\theta = 0$ ، أي $cos\,\theta = 1$ وبالتالي تكون لدينا أكبر قيمة للعمل .

2 - ترتيب القوى حسب الفعالية المتناقصة : $\vec{F}_3$ ، $\vec{F}_2$ ، $(\vec{F}_1$ ، $\vec{F}_4)$

القوّة $\vec{F}_4$ ليس لها أي مفعول لأنها عمودية على AB .

القوّة $\vec{F}_1$ تعرقل حركة العربة من A إلى B .

3 - العلاقتان $F\,d\alpha$ و $F\ d\,sin\,\alpha$ لا معنى لهما في عبارة العمل ، أما العلاقتان $F\ d\,cos\,\alpha$ و Fd فتعبّران عن عمل قوة ثابتة ، حيث العبارة الثانية توافق أعظم عمل ، أي أن شعاع القوة موازي للانتقال AB وموجّه من A نحو B .

النشاط 3 ص 35

تصحيح إملائي : نكتب **تُؤثر** قوة ... وليس **تأثر** قوّة ...

- القوّة معدومة : هذا معناه أننا لم نؤثر على العربة أو أثرنا عليها بمجموعة من القُوى محصّلتها معدومة . وبالتالي يكون العمل معدوما .
- القوة عمودية على مسار نقطة تطبيقها : العمل معدوم ، لأن الزاوية θ بين شعاع القوّة وAB قائمة ، وبالتالي $cos\,\theta = 0$.
- الانتقال AB معدوم : هذا معناه أن القوة التي تؤثر على العربة إما معدومة أو عمودية على AB .

من المستحسن أن لا يُطرح هذا السؤال الأخير ، لأن الانتقال هو نتيجة لتطبيق القوّة ، وليس العكس .

2 – العمل المحرّك والعمل المقاوم

النشاط 1 ص 35

1 – هذه القوّة مساعدة للحركة .

2 - بفرض أن الخيط الذي نجرّ به العربة موازي لـ AB :

$$W_{AB}\left(\vec{F}\right) = F\ AB\ cos\,\theta = 1000 \times 100 \times cos\ 0 = 1,0 \times 10^5 J$$

3 - هذا العمل محرك وبالتالي فهو موجب .

النشاط 2 ص 35

1 - هذه القوّة معرقلة للحركة لأنها تعمل على إيقاف العربة .

2 - $W_{AB}\left(\vec{F}\right) = F\ AB\ cos\,\theta = 500 \times 50 \times cos\ 180 = -2,5 \times 10^4 J$

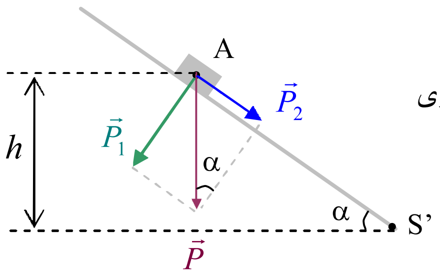
3 - قوة الفرامل تعرقل الحركة ، وبالتالي عملها يكون سالبا .

إكمال الفراغات

تكون القوة المطبّقة على متحرّك في **جهة** الحركة **مساعدة** لحركته ، وتكون إشارة عمل هذه القوّة **موجبة** ، وندعوه عملا **محرّكا** .
تكون القوّة المطبّقة على متحرّك في **الاتجاه** المعاكس للحركة **معيقة** لحركته ، وتكون إشارة عمل هذه القوّة **سالبة** وندعوه عملا **مقاوما** .

3 – عمل الثقل

- في هذه الحالة نطبّق عبارة العمل على قوّة تنسحب موازية للانتقال AB ، أي : $W_{AB}\left(\vec{P}\right)=P\ AB=P\ h$
- عبارة عمل الثقل أثناء قذف الكرة أفقيا من الموضع A : انظر للدرس (عمل قوّة الثقل) .
- عبارة عمل الثقل عندما ينزل الجسم فوق مستو مائل :



يُمكن تحليل قوة الثقل إلى مركبتن ، إحداهما عمودية على المستوي المائل $(\vec{P}_1)$ والأخرى موازية للمستوي المائل $(\vec{P}_2)$.

عمل القوة $\vec{P}$ هو مجموع عملي القوتين $\vec{P}_1$ و $\vec{P}_2$

$$W_{AS'}\left(\vec{P}\right)=W_{AS'}\left(\vec{P}_1\right)+W_{AS'}\left(\vec{P}_2\right)=0+P_2\ AS' \qquad (1)$$

لأن $\vec{P}_1$ عمودية على المسار AS' و $\vec{P}_2$ موازية للمسار ، ونعلم أن $sin\,\alpha=\dfrac{h}{AS'}$ ، ولدينا كذلك $sin\,\alpha=\dfrac{P_2}{P}$.

بالتعويض في العلاقة (1) نجد : $W_{AS'}\left(\vec{P}\right)=P\,sin\,\alpha\times\dfrac{h}{sin\,\alpha}=P\ h$.

- نستنتج من كل ما سبق أن عمل الثقل لا يتعلّق بالمسار المسلوك .

إكمال الفراغات

عمل الثقل لا **يتعلّق** بالطريق **المتبع** من طرف المتحرّك ، بل يتعلّق **بقيمة** الثقل و**الفرق** في الارتفاع h بين الموضع **الابتدائي** والموضع **النهائي** فقط ، أي : $W\left(\vec{P}\right)=P\ h$

4 – العمل والطاقة الحركية

النشاط 1 ص 37

نقول عن نابض أنه خرج من مجال مرونته عندما نثبّته من أحد طرفيه ونسحب طرفه الآخر بقيمة كبيرة وعندما نتركه يبقى مشوّها ولا يرجع لطوله الطبيعي .

في الموضع A :

- ليس للعربة طاقة حركية لأنها ساكنة وليس لها طاقة كامنة ثقالية إذا اعتبرنا أن الارتفاع معدوم على الطاولة . أما النابض قد خزّن طاقة كامنة مرونية لأنه مستطال .

في الموضع B :

- لا يخزّن النابض طاقة لأن طوله أصبح مساويا لطوله الطبيعي l_0 .
- تكتسب العربة طاقة حركية ، وهي الطاقة التي تحولت من النابض من كامنة مرونية لحركية لدى العربة .

حساب سرعة العربة في الموضع B : نقسّم المسافة على الزمن $v=\dfrac{\Delta x}{4\tau}$

ملاحظة 1 : أُجريت التجربة الأخيرة بخمس حمولات وليس بثلاث حمولات ، لأن قيمة الحمولة هي $m=0{,}376-0{,}276=0{,}1\ \text{kg}$

وبالتالي يكون عدد الحمولات في التجربة الأخيرة هو : $n=\dfrac{0,776-0,276}{0,1}=5$

ملاحظة 2 : ننزع من التسجيل الموافق لـ 5 حمولات النقطة الخامسة عدّا من اليسار (نقطة زائدة)

ملء الجدول :

كتلة العربة : M (kg)		Δx (m)	$v\ (m/s)$	$M^2 v$	Mv	Mv^2
عربة بدون حمولة	0,276	0,066	1,65	0,125	0,455	0,751
عربة بحمولة واحدة	0,376	0,055	1,37	0,193	0,515	0,705
عربة بحمولتين	0,476	0,050	1,25	0,283	0,595	0,743
عربة بخمس حمولات	0,776	0,039	0,97	0,584	0,752	0,730

في الموضع A :

- تملك الجملة (عربة + نابض) طاقة كامنة مرونية مخزّنة في النابض ، لأن هذا الأخير مستطال .
- طاقة الجملة متساوية في كل الحالات الأربع ، لأن هذه الطاقة تخص النابض (نفس الاستطالة في كل الحالات) وليس العربة ، إذن مهما كانت كتلة العربة مع الحمولات ، فإن الجملة تكون لها نفس الطاقة .

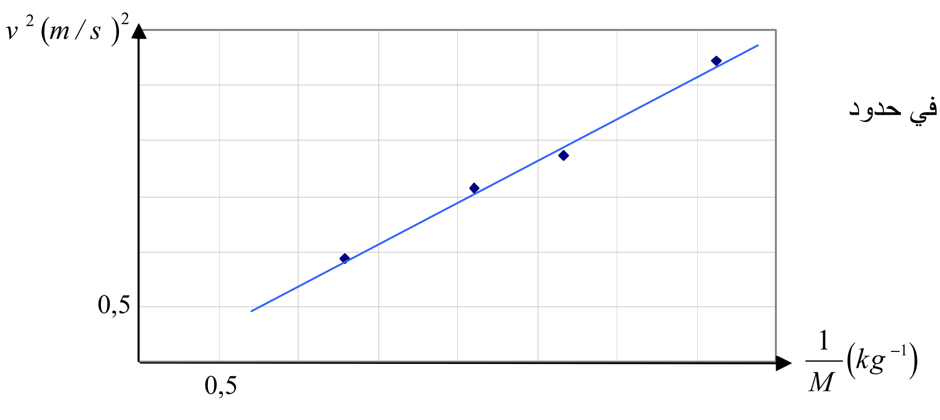
في الموضع B :

- طاقة الجملة عبارة عن طاقة حركية اكتسبتها العربة ، لأن النابض لم يصبح يخزّن طاقة لأن طوله يساوي طوله الطبيعي l_0 .
- طاقة الجملة متساوية في الحالات الأربعة ، لأنها تمثّل الطاقة التي كانت مخزّنة في الجملة ، وهذه الطاقة تتعلق باستطالة النابض (نفس الاستطالة في كل الحالات) .
- نمط التحويل ميكانيكي .
- قيمة التحويل هي نفسها في كل تجربة ، لأن في كل تجربة كان النابض يخزّن نفس الطاقة في الوضع A (نفس الاستطالة) .
- من الجدول نلاحظ أنه كلما زادت الكتلة تنقص السرعة في النقطة B .

بما أن العبارة Mv^2 في الجدول ثابتة ، فهي التي تناسب التحويل الذي حدث في الجملة في مختلف الحالات .

تغيرات مربّع السرعة v^2 بدلالة مقلوب الكتلة $\frac{1}{M}$: $v^2 = f\left(\frac{1}{M}\right)$

$v^2\,(m/s)^2$	2,72	1,87	1,56	0,94
$\frac{1}{M}\,(kg^{-1})$	3,62	2,66	2,10	1,29



نلاحظ أن البيان عبارة عن خط مستقيم في حدود أخطاء التجربة .

إكمال الفراغات

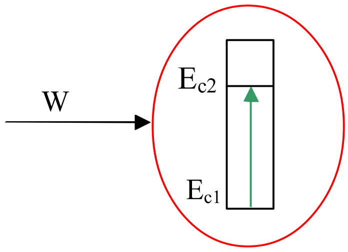
تتعلق الطاقة الحركية لجسم متحرك **بكتلته** و**سرعته** ، وتتناسب طرديا مع المقدار Mv^2 ، وتكون عبارتها من الشكل $E_C = K_C\, Mv^2$ ، حيث K_c قيمة ثابتة تمثّل معامل التناسب .

النشاط 2 ص 39 : تحديد الثابت K_c

الجزء أ :

1 - ينزل الجسم المعلّق في الخيط فيؤدّي ثقله لسحب العربة ، فتتغيّر طاقتها الحركية من $E_{c1} = 0$ إلى E_{c2}

2 - معادلة انحفاظ الطاقة : $E_{c1} + W = E_{c2}$ ، وبما أن $E_{c1} = 0$ (العربة ساكنة) فإن $W = E_{c2}$



الجزء ب

1 - **ملاحظة** : توجد أخطاء كثيرة في شريط تسجيل الحركة ، لهذا نستبدل هذا التسجيل بتسجيل آخر ونستعمل عربة كتلتها $M = 240\ g$

الشريط الجديد : حيث المسافات مقاسة بـ mm

A_0A_1	A_1A_2	A_2A_3	A_3A_4	A_4A_5	A_5A_6	A_6A_7	A_7A_8	A_8A_9	A_9A_{10}	$A_{10}A_{11}$	$A_{11}A_{12}$	$A_{12}A_{13}$
2,2	6,6	11,2	15,7	20,2	24,7	29,1	33,7	38,2	42,7	47,2	51,7	56,2

2 - سرعة العربة في المواضع المطلوبة :

$$v_2 = \frac{A_1A_3}{2\tau} = \frac{(6,6+11,2)\times 10^{-3}}{0,08} = 0,222\ m/s$$

$$v_4 = \frac{A_3A_5}{2\tau} = \frac{(15,7+20,2)\times 10^{-3}}{0,08} = 0,448\ m/s$$

$$v_6 = \frac{A_5A_7}{2\tau} = \frac{(24,7+29,1)\times 10^{-3}}{0,08} = 0,672\ m/s$$

$$v_8 = \frac{A_7A_9}{2\tau} = \frac{(33,7+38,2)\times 10^{-3}}{0,08} = 0,898\ m/s$$

$$v_{10} = \frac{A_9A_{11}}{2\tau} = \frac{(42,7+47,2)\times 10^{-3}}{0,08} = 1,123\ m/s$$

طويلة شعاع تغيّر السرعة :

$$\Delta v_3 = v_4 - v_2 = 0,448 - 0,222 = 0,226\ m/s$$

$$\Delta v_5 = v_6 - v_4 = 0,672 - 0,448 = 0,224\ m/s$$

$$\Delta v_7 = v_8 - v_6 = 0,898 - 0,673 = 0,225\ m/s$$

$$\Delta v_9 = v_{10} - v_8 = 1,123 - 0,898 = 0,225\ cm/s$$

3 - نلاحظ أن طويلة شعاع تغيّر السرعة ثابتة في حدود أخطاء التجربة ، ومنه نستنتج أن القوة التي كانت تؤثّر على العربة ثابتة .

4 – المسافات d_i من الجدول :

$A_0A_1 = 2,2$ mm ، $A_0A_2 = 8,8$ mm ، $A_0A_3 = 20$ mm ، $A_0A_4 = 35,7$ mm ، $A_0A_5 = 55,9$ mm ،
$A_0A_6 = 80,6$ mm ، $A_0A_7 = 109,7$ mm ، $A_0A_8 = 143,4$ mm ، $A_0A_9 = 181,6$ mm ، $A_0A_{10} = 224,3$ mm

5 - أعمال القوة المؤثرة على العربة خلال هذه الانتقالات (نحسب في المواضع التي حسبنا فيها سرعة العربة اختصارا) :

$$W_{A_0,A_2}(\vec{F}) = F\ A_0A_2 = 0,67 \times 8,8 \times 10^{-3} = 5,9 \times 10^{-3} J$$

$$W_{A_0,A_4}(\vec{F}) = F\ A_0A_4 = 0,67 \times 35,7 \times 10^{-3} = 2,40 \times 10^{-2} J$$

$$W_{A_0,A_6}(\vec{F}) = F\ A_0A_6 = 0,67 \times 80,6 \times 10^{-3} = 5,40 \times 10^{-2} J$$

$$W_{A_0,A_8}(\vec{F}) = F\ A_0A_8 = 0,67 \times 143,4 \times 10^{-3} = 9,60 \times 10^{-2} J$$

$$\ldots\ldots\ldots \quad W_{A_0,A_{10}}(\vec{F}) = F\ A_0A_{10} = 0,67 \times 224,3 \times 10^{-3} = 1,5 \times 10^{-1} J$$

6 – قيمة المقدار Mv^2 في المواضع السابقة : (نحسب هذا المقدار في المواضع التي حسبنا فيها سرعة العربة)

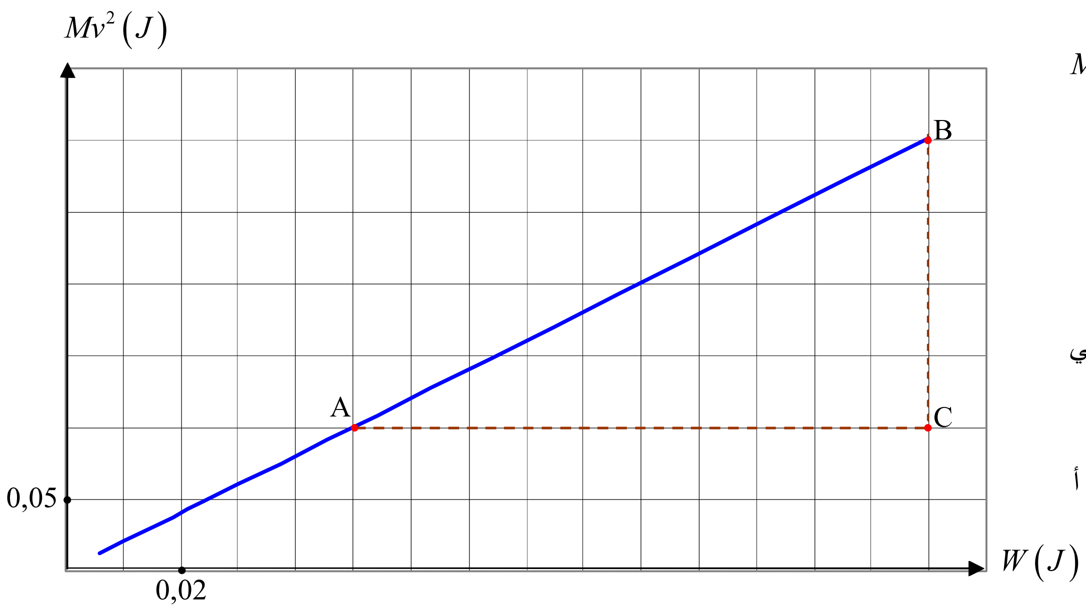
الموضع	A_2	A_4	A_6	A_8	A_{10}
$Mv^2 (J)$	0,012	0,048	0,108	0,193	0,302

7 - تدوين النتائج في جدول واحد :

الموضع	$v(m/s)$	$d(mm)$	$Mv^2(J)$	$W = Fd(J)$
2	0,222	8,8	0,012	$5,9 \times 10^{-3}$
4	0,448	35,7	0,048	$2,4 \times 10^{-2}$
6	0,672	80,6	0,108	$5,4 \times 10^{-2}$
8	0,898	143,4	0,193	$9,6 \times 10^{-2}$
10	1,123	224,3	0,302	$15,0 \times 10^{-2}$

الجزء جـ :

1 - رسم البيان $Mv^2 = f(W)$



نلاحظ أن البيان خط مستقيم

2 - ميل البيان :

$$a = \frac{BC}{AC} = \frac{4 \times 0,05}{5 \times 0,02} = 2$$

3 - العلاقة الممثلة في الشكل هي

$Mv^2 = a\ W$ ، وبالتالي :

$W = \frac{1}{a} Mv^2$ ، ولدينا من الجزء أ

$W = E_C$ و $E_C = K_C M v^2$

ومنه : $K_C = \frac{1}{2}$

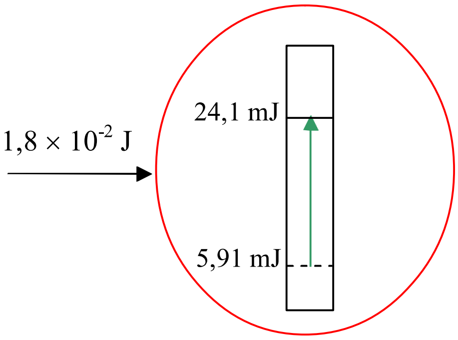
الجزء د :

1 - نمثّل الحصيلة الطاقوية مثلا بين الوضع 2 و الوضع 4 :

بين الوضعين 2 و 4 المسافة $A_2A_4 = 26,9\ mm$ ، ويكون العمل المنجز من طرف القوة المؤثرة على العربة

$$W_{A_2A_4}\left(\vec{F}\right) = 0,67 \times 26,9 \times 10^{-3} = 1,8 \times 10^{-2} J$$

ولدينا $E_{C2} = \frac{1}{2}Mv_2^2 = 5,91 \times 10^{-3} J$ ، $E_{C4} = \frac{1}{2}Mv_4^2 = 24,1 \times 10^{-3} J$



2 – لاحظ في الجدول أن $W = \frac{1}{2}Mv^2$ ، حيث أن $\frac{1}{2}Mv^2$ هو التغير في الطاقة الحركية ، لأن الطاقة الحركية الابتدائية كانت معدومة في كل تجربة (انطلاق العربة من السكون) ، وبالتالي يكون التغيّر في الطاقة الحركية بين وضعين هو العمل المنجز بين هذين الوضعين من طرف القوى المؤثرة على العربة . للتذكير أن عملي قوة الثقل وقوة رد فعل الطاولة على العربة معدومان لأن هاتين القوتين عموديتان على المسار .

نستنتج أن $W_{1\to2}\left(\vec{F}\right) = E_{c_2} - E_{c_1} = \Delta\ E_c$ ، حيث $\Delta\ E_C$ هو التغيّر في الطاقة الحركية .

إكمال الفراغات

عندما ينسحب جسم ذو كتلة M بسرعة v تكون طاقته الحركية $E_C = \frac{1}{2}Mv^2$.

تغيّر **الطاقة الحركية** للعربة بين موضعين يساوي عمل القوى المؤثرة على هذه العربة بين هذين الموضعين

المستوى : السنة الثانية ثـانوي

الوحدة **04**

الطــاقة الكـامنة

الاصدار 1.01 توضيح قيم الجدول الأول من ص 9 (الرمز x السابق هو ضعف x عند التوازن)

ماذا يجب أن أعرف حتى أقول : إني استوعبت هذا الدرس

1 - يجب أن أعرف مدلول الطاقة الكامنة الثقالية .

2 - يجب أن أعرف عبارة الطاقة الكامنة الثقالية ، وأنها تتعلّق بالوضع المرجعي .

3 - يجب أن أعرف أن التغيّر في الطاقة الكامنة الثقالية لا يتعلّق بالوضع المرجعي .

4 – يجب أن أعرف العلاقة بين التغيّر في الطاقة الكامنة الثقالية وعمل قوة الثقل .

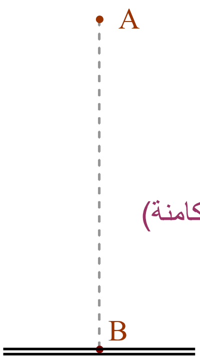
5 – يجب أن أعرف أن النابض لا يخزّن طاقة إلا إذا كان مستطالا أو متقلّصا .

6 – يجب أن أعرف أن قوة التوتر في النابض قوة غير ثابتة ، وأن التغير في الطاقة الكامنة هو مقدار عمل قوة التوتر .

الدرس

I - الطاقة الكامنة الثقالية

1 – مدلول الطاقة الكامنة الثقالية



الشكل - 1

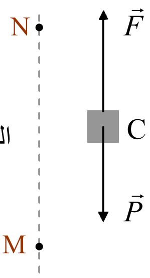
نترك جسما يسقط من النقطة A نحو النقطة B من سطح الأرض ، حيث $AB = h$. فكلما كانت النقطة A أبعد عن B كلما كانت الطاقة الحركية للجسم أكبر عند وصوله إلى النقطة B . هذه الطاقة الحركية لم تكن سوى طاقة أخرى مخزّنة في الجسم ، لكن لا تظهر إلا إذا سقط الجسم ، فهي كامنة فيه (مختبئة) وتسمّى الطاقة الكامنة الثقالية . (شكل -1)

... كلنا يعرف **الكمين** (Embuscade) الذي ينصبه الجنود للعدوّ ، بحيث يروه ولا يراهم . إن طاقة الجنود المختفية (الكامنة) نسبة إلى **الكمين** تظهر على شكل هجوم وقتال أثناء الانقضاض على العدوّ .

ثقالية : معناها الناتجة عن الفعلين المتبادلين بين الجسم والأرض ، نسبة لثقل الجسم ، أي جذب الأرض للأجسـام .

نرمز لهذه الطاقة بالرمز $\mathbf{E_{pp}}$. E : Energie , p : potentielle , p : (de) pesanteur

2 – إمكانية قياس هذه الطاقة

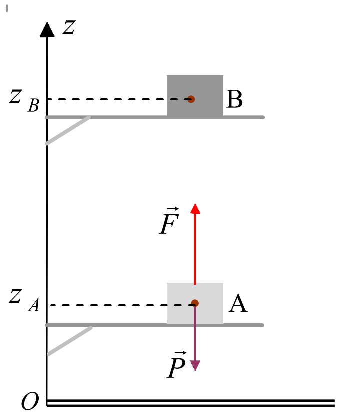


الشكل - 2

ننفق جهدا عضليا لكي نرفع الجسم C من النقطة M إلى النقطة N الأعلى منها (شكل - 2) . يُخزّن هذا الجهد في الجسم على شكل طاقة كامنة ثقالية . نُنمذج هذا الجهد بقوّة $\vec{F}$ تُلغي مفعول قوة ثقل الجسم $\vec{P}$ أثناء الصعود .

إن الجهد الذي أنفقنـاه يُمكن قياسه ، وبالتالي الطاقة الكامنة الثقالية مقدار قابل للقياس .

3 – عبارة الطاقة الكامنة الثقالية



نحمل جسما (حقيبة مثلا) من النقطة A فاصلتها على المحور الشاقولي Oz هي z_A إلى النقطة B التي فاصلتها z_B .

سرعة الجسم في A : $v_A = 0$

سرعة الجسم في B : $v_B = 0$

بتطبيق نظرية التغيّر في الطاقة الحركية : $E_{cB} - E_{cA} = W_{AB}\left(\vec{F}\right) + W_{AB}\left(\vec{P}\right)$ (1)

ولدينا $E_{cA}=E_{cB}=0$

وبالتالي $W_{AB}\left(\vec{F}\right)=-\ W_{AB}\left(\vec{P}\right)$ ، ونعلم أن $W_{AB}\left(\vec{P}\right)=-P\left(z_B-z_A\right)$ لأن عمل الثقل في هذه الحالة مقاوم

أما $h=z_B-z_A$ هو الارتفاع بين A و B .

لدينا من العلاقة (1) $W_{AB}\left(\vec{F}\right)=-\ W_{AB}\left(\vec{P}\right)=-\left[-P\left(z_B-z_A\right)\right]=Mg\left(z_B-z_A\right)$

أي : $W_{AB}\left(\vec{F}\right)=Mg\,z_B-Mg\,z_A$

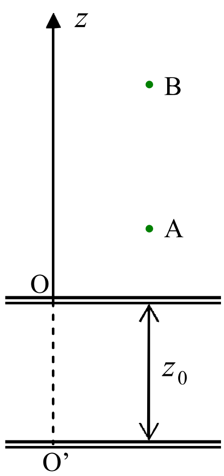
نسمّي $Mg\,z_B$ و $Mg\,z_A$ الطاقة الكامنة الثقالية للجسم في النقطة B و A على الترتيب بالنسبة للمستوي الأفقي المار بالنقطة O المأخوذة اختياريا ، ونكتب $W_{AB}\left(\vec{F}\right)=E_{ppB}-E_{ppA}$

كل جسم كتلته M ويوجد مركز عطالته G على ارتفاع z_G عن سطح الأرض يملك طاقة كامنة ثقالية $E_{pp}=Mg\,z_G$

أو نعبّر عنها بـ $E_{pp}=Mg\,h$

E_{pp} (J) , M (kg) , g (N/kg) , h (m)

4 – التغيّر في الطاقة الكامنة الثقالية



نرفع جسما من النقطة A إلى النقطة B .

- باعتبار المبدأ هو النقطة O يكون لدينا : $E_{ppA}=Mg\,z_A$ و $E_{ppB}=Mg\,z_B$

ويكون التغيّر في الطاقة الكامنة $\Delta E_{pp}=Mg\left(z_B-z_A\right)$

- باعتبار المبدأ هو النقطة O' يكون لدينا :

$E'_{ppA}=Mg\left(z_A+z_0\right)$ و $E'_{ppB}=Mg\left(z_B+z_0\right)$

ويكون التغيّر في الطاقة الكامنة : $\Delta E'_{pp}=Mgz_B+Mgz_0-Mgz_A-Mgz_0=Mg\left(z_B-z_A\right)$

وبالتالي : $\Delta E_{pp}=\Delta E'_{pp}$

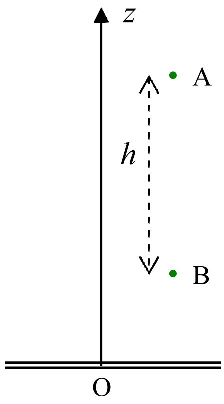
- لا يمكن حساب الطاقة الكامنة الثقالية لجسم إلا بعد اختيار مستو أفقي نعتبر عنده الارتفاع يساوي الصفر ، نسمي هذا المستوي **الوضع المرجعي** للطاقة الكامنة الثقالية ، أي أن الطاقة الكامنة عبارة عن قيمة جبرية ، يمكن أن تكون موجبة أو سالبة أو معدومة ، على عكس الطاقة الحركية التي هي دائما موجبة .

الطاقة الكامنة الثقالية معرّفة دائما بتقريب ثابت .

هذا الكلام معناه أننا لما نحسب الطاقة الكامنة الثقالية نضيف لها قيمة أخرى ، أي طاقة كامنة أخرى E_{p0} ، وهذه القيمة تتعلق بالوضع المرجعي ، بحيث تكون $E_{p0}=0$ إذا كان الوضع المرجعي هو مبدأ المحور Oz .

- التغير في الطاقة الكامنة لا يتعلّق بالوضع المرجعي ، أي أن ΔE_{pp} مستقّل عن z_0 .

5 – علاقة التغير في الطاقة الكامنة الثقالية بعمل قوة الثقل



يسقط جسم من A إلى B بفعل ثقله فقط ، فيكون التغيّر في الطاقة الكامنة الثقالية :

$$\Delta E_{pp} = E_{ppB} - E_{ppA} = Mgz_B - Mgz_A = Mg\left(z_B - z_A\right)$$

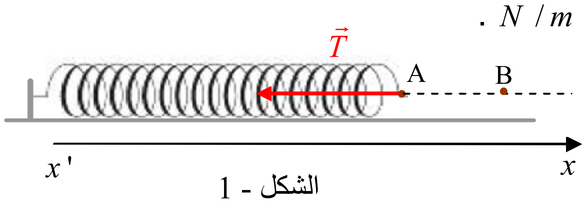
مع العلم أن $z_B - z_A = -h$ ، ومنه $\Delta E_{pp} = -Mgh$ ، وبالتالي

$$\boxed{\Delta E_{pp} = -\,W_{AB}\left(\vec{P}\right)}$$

II - الطاقة الكامنة المرونية

1 – عمل قوة التوتر في نابض

نسحب أفقيا النقطة A (الطرف الأيمن للنابض) بواسطة خيط مثلا (الشكل – 1) ، فيزداد طوله وتنشأ فيه قوة $\vec{T}$ هي قوّة التوتر في النابض ، و هي قوة شدتها غير ثابتة ، بل تتعلق باستطالة النابض كما مر معنا ذلك في السنة الرابعة متوسط ، حيث شدّتها هي $T = kx$ حيث k عبارة عن عدد ثابت بالنسبة لنابض واحد يسمى ثابت المرونة ويُقاس بـ N/m .

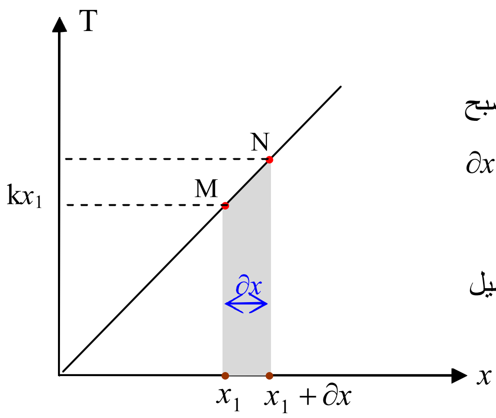


الشكل - 1

بما أن القوّة $\vec{T}$ لا تبقى ثابتة أثناء انتقالها ، إذن لا نحسب عملها بالعلاقة $W_{AB}\left(\vec{T}\right) = -T \times AB$ ، بل نجد عملها بيانيا بالطريقة التالية :

نرسم البيان $T = f\left(x\right)$ (الشكل – 2) .

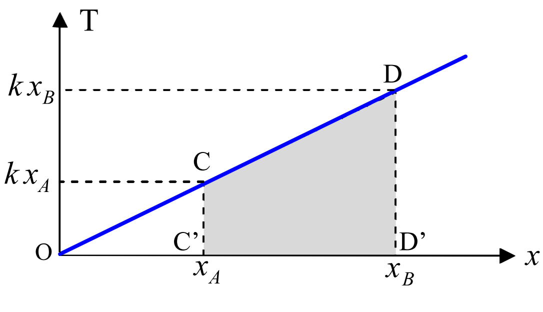
عندما تنتقل النقطة A من الفاصلة x_1 إلى الفاصلة $x_1 + \partial x$ ، أي عندما تنتقل بالمسافة الصغيرة جدا ∂x ، نعتبر أن شدّة القوة $\vec{T}$ تبقى ثابتة ، وبالتالي يُمكن حساب عملها بالعلاقة $\left|W_{\partial x}\left(\vec{T}\right)\right| = T \times \partial x$.



بما أن ∂x صغير جدّا ، فإن النقطتين M و N تكونان تقريبا على استقامة أفقية واحدة ، ويصبح الشكل الملوّن عبارة عن مستطيل طوله $T = kx_1$ وعرضه ∂x ، والعمل خلال الانتقال ∂x هو مساحة هذا المستطيل (أي الطول × العرض) .

العمل من الفاصلة $x = 0$ إلى الفاصلة x هو مجموع عدة مساحات لمستطيلات مثل المستطيل السابق ، أي مساحة مثلّث قاعدته x وارتفاعه kx ، وبالتالي عمل قوة التوتر من النقطة A إلى النقطة B هو مساحة هذا المثلث ، أي $\left|W_{AB}\left(\vec{T}\right)\right| = \dfrac{kx \times x}{2} = \dfrac{1}{2}kx^2$

بصفة عامة ، لما تنتقل قوة التوتر من النقطة A ذات الفاصلة x_A إلى النقطة B ذات الفاصلة x_B يكون عملها مساويا لقيمة الفرق بين مساحتي المثلثين ODD' و OCC' ، أي :



$$\left|W_{AB}\left(\vec{T}\right)\right| = \frac{kx_B \times x_B}{2} - \frac{kx_A \times x_A}{2}$$

$$\boxed{\left|W_{AB}\left(\vec{T}\right)\right| = \frac{1}{2}k\left(x_B^2 - x_A^2\right)}$$

ملاحظة : وضعنا القيمة المطلقة للعمل لأن في مثالنا عمل $\vec{T}$ سالب .

2– عبـارة الطاقة الكامنة المرونية

في مثالنا السابق عمل قوة التوتر سالب ، أي $W_{AB}\left(\vec{T}\right)=-\frac{1}{2}k\left(x_B^2-x_A^2\right)=\frac{1}{2}k\,x_A^2-\frac{1}{2}k\,x_B^2$

قيمة العمل المنجز من طرف القوّة $\vec{T}$ هو التغيّر الذي يحدث في الطاقة الكامنة المخزنة في النابض بفعل تقلّصه أو استطالته ، وبهذا نسمي العبارتين $\frac{1}{2}k\,x_A^2$ و $\frac{1}{2}k\,x_B^2$ على الترتيب الطاقتين الكامنتين المرونيتين في النابض في الفاصلتين x_A و x_B ، حيث أخذنا $x=0$ عندما يكون النابض بطوله الطبيعي l_0 ، وعلى هذا الأساس نكتب : $E_{peA}=\frac{1}{2}k\,x_A^2$ و $E_{peB}=\frac{1}{2}k\,x_B^2$

الطاقة الكامنة المرونية المخزنة في نابض مستطال أو متقلّص بالقيمة x

$$E_{pe}=\frac{1}{2}kx^2$$

E_{pe} (J) , x (m) , k (N/m)

3– التغيّر في الطاقة الكامنة المرونية

عندما تنتقل نقطة تأثير قوة التوتر في النابض من النقطة A ذات الفاصلة x_A إلى النقطة B ذات الفاصلة x_B يكون التغيّر في الطاقة الكامنة المرونية $\Delta E_{pe}=E_{peB}-E_{peA}=\frac{1}{2}kx_B^2-\frac{1}{2}kx_A^2$ ، ويكون عمل قوة التوتر $W_{AB}\left(\vec{T}\right)=\frac{1}{2}k\,x_A^2-\frac{1}{2}k\,x_B^2$

وبالتالي:

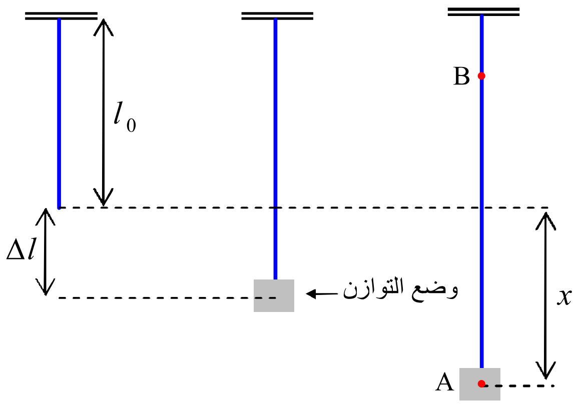
$$\boxed{\Delta E_{pe}=-W\left(\vec{T}\right)}$$

ملاحظة : الطاقة الكامنة الفتلية تابعة للوحدة الثالثة (العمل والطاقة في حالة الدوران) . هذا الدرس مقرّر على شعبتي الرياضيات والتقني رياضي ، وغير مقرّر على شعبة العلوم التجريبية .

I - الطــاقة الكامنة الثقالية

النشاط 1 ص 76

نتائج التجربة



نأخذ في كل تجربة $x = 20\,cm$ ، ونستعمل كتلا M بحيث يكون

من أجل كل كتلة $x > \Delta l$.

نحصل على النتائج المدوّنة في الجدول .

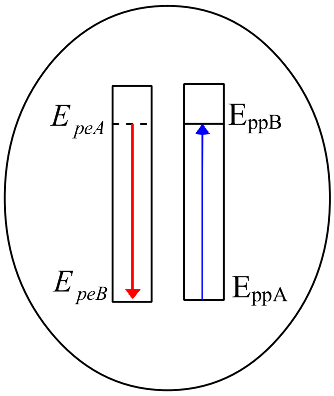
M (kg)	h (m)	$\frac{1}{M}\left(kg^{-1}\right)$	$\frac{1}{M^2}\left(kg^{-2}\right)$	$\frac{1}{\sqrt{M}}\left(kg^{-\frac{1}{2}}\right)$
0,030	0,68	33,3	1111	5,77
0,050	0,41	20,0	400	4,47
0,100	0,20	10,0	100	3,16

1 – الحصيلة الطاقوية

2 – الطاقة المخزّنة في الجملة عند الوضع A هي طاقة كامنة مرونية .

3 – الطاقة المخزّنة في الجملة عند الوضع B هي طاقة كامنة ثقالية .

4 - تحوّل ميكانيكي ، حيث تحولت الطاقة الكامنة المرونية من المطاط إلى طاقة كامنة ثقالية في الجسم المعلق جرّاء ازدياد الإرتفاع .

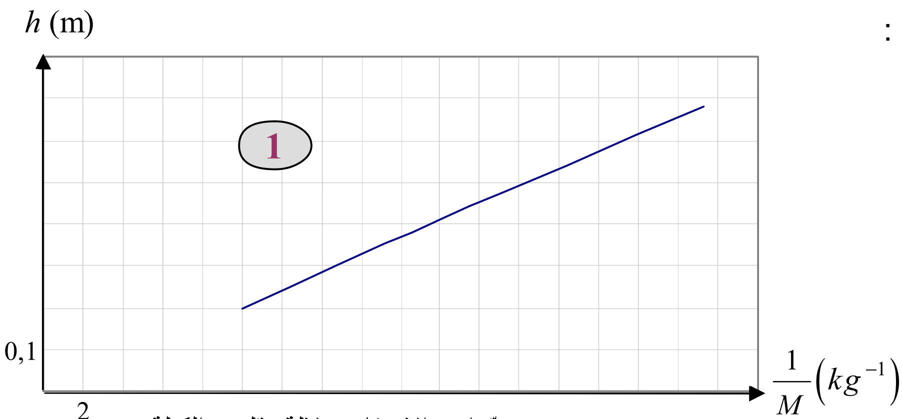


الجملة (جسم + مطاط + أرض)

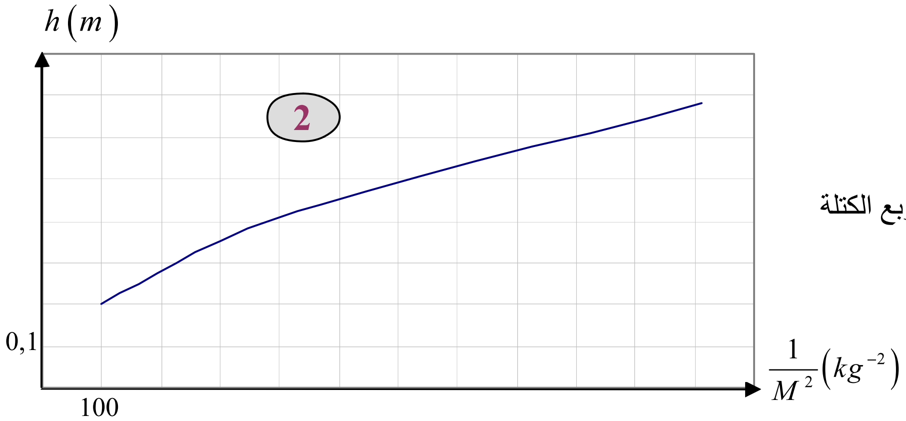
5 – قيمة التحوّل هي نفسها في كل الحالات ، لأن الطاقة المحوّلة هي نفس الطاقة ، أي هي الطاقة التي كانت مخزنة في المطّاط والتي لا تتعلق إلا باستطالة المطاط (20 cm) ومرونته .

6 – نلاحظ في الجدول أنه عندما تزداد الكتلة تنقص قيمة h (طبعا لأن الطاقة المحوّلة من المطاط هي نفسها في كل تجربة) .

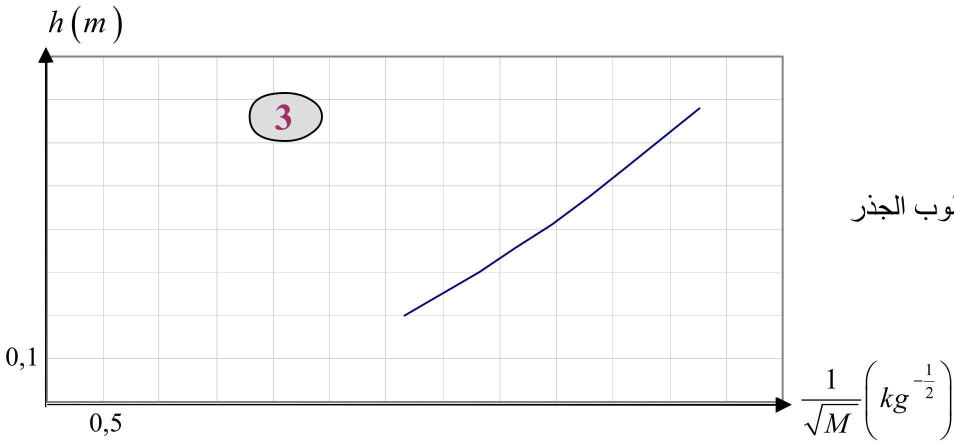
7 - المنحنيات :



تغيّرات الارتفاع بدلالة مقلوب الكتلة



تغيّرات الارتفاع بدلالة مقلوب مربع الكتلة



تغيّرات الارتفاع بدلالة مقلوب الجذر التربيعي للكتلة

8 – نلاحظ في البيان 1 أن الارتفاع يتناسب مع مقلوب الكتلة (البيان خط مستقيم من الشكل $y = ax$) ، وبالتالي يكون $\frac{h}{\frac{1}{M}} = C$ ،

حيث C عبارة عن ثابت ، وبالتالي يكون $hM = C$ ، أي أن العبارة hM تُناسب التحويل الطاقوي .

9 – الطاقة الكامنة الثقالية تتناسب مع الجداء hM ، وبالتالي $E_{pp} = K_{pp} M h$

إكمال الفراغات

تتعلق الطاقة الكامنة الثقالية لجسم ، باعتبار الجملة (الجسم + الأرض) **بكتلة** الجسم M و**ارتفاعه *h* عن سطح الأرض** (الوضع المرجعي بصفة عامة) ، وتتناسب طردا مع المقدار **M *h*** ، وتكون عبارتها من الشكل :
$E_{pp} = K_{pp}$ **M *h*** ، حيث K_{pp} قيمة ثابتة تمثّل معامل التناسب .

النشاط 2 ص 77

نضيف المعطيات التالية للنشاط (معطيات ناقصة)

- كتلة الجسم M = 100 g
- الفاصل الزمني للتسجيل τ = 50 ms

المسافات على شريط التسجيل مقاسة بـ mm :

A_0A_1	A_1A_2	A_2A_3	A_3A_4	A_4A_5	A_5A_6	A_6A_7	A_7A_8	A_8A_9
1,5	4,5	7,5	10,5	13,5	16,5	19,5	22,5	25,5

السلم المعطى هو : 1,2 cm على شريط التسجيل يوافق 10 cm في الحقيقة ، أي أن 1 cm يوافق $\frac{10}{1,2}=8,33cm$

كل المسافات في الجدول السابق نحولها إلى cm ونضربها في 8,33

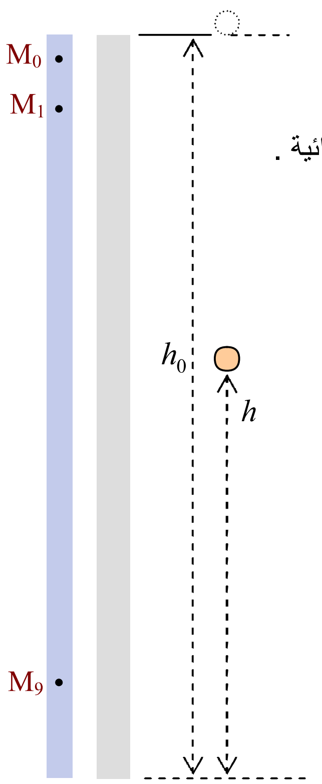
تصبح لدينا المسافات الحقيقية التي قطعتها الكرة مقاسة بـ cm:

A_0A_1	A_1A_2	A_2A_3	A_3A_4	A_4A_5	A_5A_6	A_6A_7	A_7A_8	A_8A_9
1,2	3,7	6,2	8,7	11,2	13,7	16,2	18,7	21,2

1 - $v_8=\frac{M_7M_9}{2\tau}=\frac{(18,7+21,2)\times10^{-2}}{0,05\times2}=4,0m/s$ ، $v_6=\frac{M_5M_7}{2\tau}=\frac{(13,7+16,2)\times10^{-2}}{0,05\times2}=3,0m/s$

$$v_4=\frac{M_3M_5}{2\tau}=\frac{(8,7+11,2)\times10^{-2}}{0,05\times2}=2,0m/s$$

$v_2=\frac{M_1M_3}{2\tau}=\frac{(3,7+6,2)\times10^{-2}}{0,05\times2}=1,0m/s$ ، $v_0=0$ ، لأن الكرية تُركت بدون سرعة ابتدائية .



الموضع	$v\,(m/s)$	$h\,(m)$	$\frac{1}{2}Mv^2$	Mh
M_0	0	1,15	0	0,115
M_2	1,0	1,10	0,05	0,110
M_4	2,0	0,95	0,20	0,095
M_6	3,0	0,70	0,45	0,070
M_8	4,0	0,35	0,80	0,035

2 – المنحني $E_c=f\,(Mh)$

معادلة المستقيم من الشكل $y=ax+b$ ، حيث a معامل التوجيه ، $a<0$.

نكتب الطاقة الحركية على الشكل : $E_c = U_0 - K_1U$ ، حيث $U_0 = 1,13$ ، و K_1 هو معامل توجيه المستقيم .

$K_1 = \frac{1,13}{0,115} = 9,8$ ، وبالتالي $E_c = 1,13 - 9,8U$

4 – K_1 محسوب سابقا

5 - نأخذ مثلا $h = 0,7$ m .

الطاقة الكامنة في الوضع M_0 هي $E_{pp0} = K_1Mh_0 = 9,8 \times 0,115 = 1,127 J$

الطاقة الكامنة عند الارتفاع h : $E_{pp} = K_1Mh = 9,8 \times 0,07 = 0,686 J$

$E_{pp0} - E_{pp} = 1,127 - 0,686 = 0,441 J$ ، نلاحظ أن هذه القيمة هي تقريبا قيمة الطاقة الحركية عند نفس الارتفاع (0,45 J)

وبالتالي يكون قانون الانحفاظ محققا $E_{pp} + E_c = E_{pp0}$

6 - مما تقدم لدينا $K_{pp} = K_1 = g = 9,8\, SI$ ، وبذلك تكون عبارة الطاقة الكامنة الثقالية : $E_{pp} = Mgh$

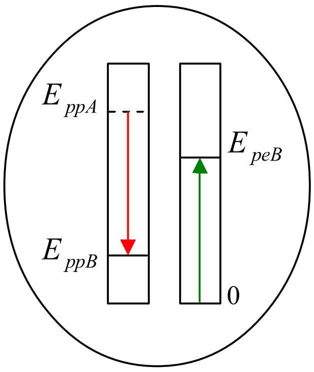
إكمال الفراغات

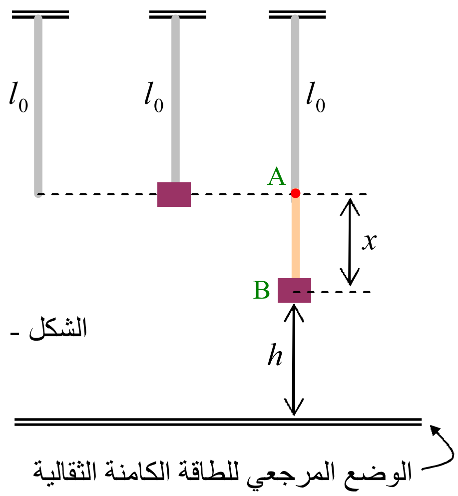
عندما يكون جسم كتلته M على ارتفاع h عن سطح الأرض ، وباختيار الجملة **(الجسم + الأرض)** تكون الطاقة الكامنة الثقالية للجملة $E_{pp} = Mgh$

II - الطاقة الكامنة المرونية

نشاط ص 79

1 – الحصيلة الطاقوية بين الوضعين A و B .





الشكل - 1

2 – معادلة انحفاظ الطاقة تُكتب على الشكل : $E_{ppA} = E_{peB} + E_{ppB}$ ، ومنه $E_{peB} = E_{ppA} - E_{ppB}$

وبالتالي $E_{pe} = -\Delta E_{pp}$ (1)

3 - و 4 - (إجراء التجربة وتدوين النتائج على الجدول)

5 – نبيّن أولا أن $E_{pe} = Mgx$

لدينا في الشكل – 1 : $\Delta E_{pp} = E_{ppB} - E_{ppA} = Mgh - Mg(h+x)$

$$\Delta E_{pp} = Mgh - Mgh - Mgx = -Mgx$$

ولدينا من العلاقة (1) $E_{pe} = -\Delta E_{pp} = -(-Mgx) = Mgx$

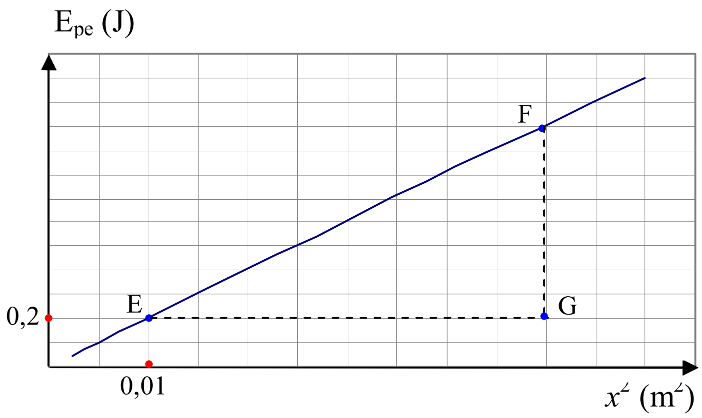
التمثيل البيـــاني : الشكل – 2

M (kg)	x (m)	Mgx (J)	x^2 (m^2)
0,1	0,049	0,048	$2,4\times10^{-3}$
0,2	0,098	0,192	$9,6\times10^{-3}$
0,4	0,196	0,768	$3,8\times10^{-2}$
0,5	0,245	1,200	$6,0\times10^{-2}$

6 - ميل البيان هو $\frac{FG}{EG} = \frac{4\times0,2}{4\times0,01} = 20$

البيان عبارة عن خط مستقيم يمر بالمبدأ ، فمعادلته هي

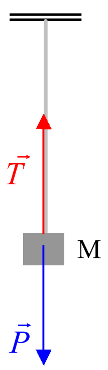
$E_{pe} = K_e x^2$ ، حيث $K_e = 20\,SI$ هو ميل البيان .



الشكل – 2

تعيين الثابت K_e :

– نعاير النابض ، وذلك بقياس استطالته عند التوازن من أجل مختلف الكتل المسجّلة المعلقة به . (رغم أن هذه النتائج متوفرة لدينا من السؤال 3) .

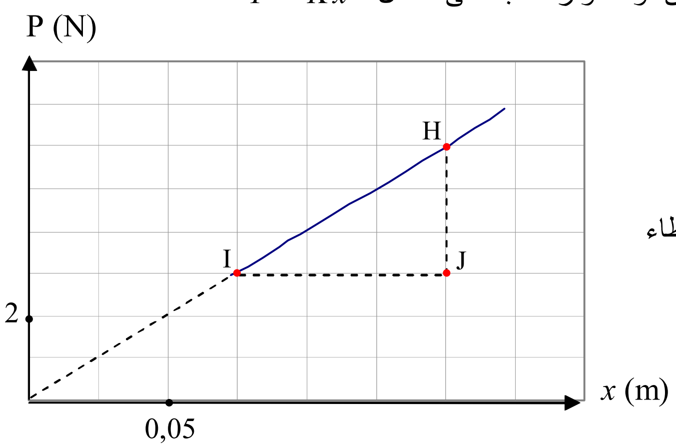


M (kg)	0,3	0,4	0,6	0,7
Mg = T (N)	2,94	3,92	5,88	6,86
$\Delta l = x\,(cm)$	7,3	9,8	14,7	17,1

– القوة المطبقة على النابض هي قوة التوتر $T = P = Mg$

ميل المنحنى هو ثابت مرونة النابض K لأن قوة التوتّر تُكتب على الشكل $T = Kx$

$$K = \frac{HJ}{IJ} = \frac{3\times1}{3\times0,025} = 40\,SI$$



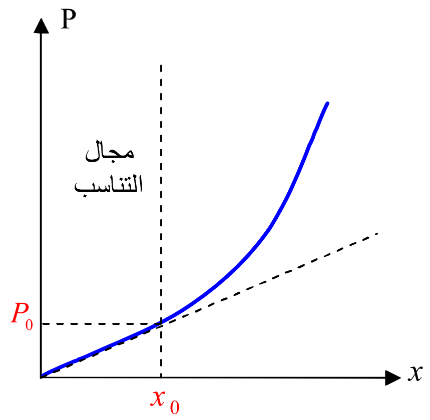
يمكنك تكرار التجربة بنوابض مختلفة .

– نلاحظ أن $K_e = \frac{1}{2}K$ في حدود أخطاء التجربة .

– عبارة الطاقة الكامنة المرونية هي

$E_{pe} = \frac{1}{2}Kx^2$ ، حيث وحدة ثابت مرونة النابض K هي N/m (النيوتن على المتر) .

– عند معايرة مطاط نحصل على البيان التالي :



التناسب لا يبقى مستمرا بين ثقل الجسم المعلّق في المطاط واستطالة المطاط .

يتناسب الثقل مع الاستطالة فقط من أجل قيم صغيرة جدا لـ P .

نلاحظ في البيان أنه من أجل القيم الأصغر من P_0 يكون ثابت مرونة المطاط

$K = \frac{P}{x}$ ، وتصبح هذه العلاقة غير صحيحة من أجل قيم أكبر من P_0 .

السبب :

في النابض سبب اختزان الطاقة الكامنة المرونية هو ابتعاد الحلقات عن بعضها أو اقترابها من بعضها .

أما بالنسبة للمطاط يكون اختزان الطاقة في جزيئات المادة . يتشكل المطاط من جزيئات عملاقة تسمى البوليميرات Les Polymers . تزداد أطوال الروابط بين هذه الجزيئات عندما يستطيل المطاط ، فتكتسب الجزيئات طاقة داخلية وتفقدها عندما يرجع المطاط لطوله الطبيعي . وحتى لا نبتعد عن البرنامج نقول أن ابتعاد الحلقات عن بعضها في النابض ليس كابتعاد الجزيئات عن بعضها في المطاط .

إكمال الفراغات

عندما يستطيل (أو يُضغط) نابض ثابت مرونته K بمقدار x تُكتب عبارة **طاقته الكامنة المرونية** على الشكل التالي : $E_{pe} = \frac{1}{2} K x^2$

المستوى : السنة الثانية ثـانوي

الوحدة **05** **نموذج الغاز المثالي - تعيين كمية المادة في الحالة الغازية**

الاصدار 1.00

ماذا يجب أن أعرف حتى أقول : إني استوعبت هذا الدرس

1 - يجب أن أعرف معنى الضغط الذي يسبّبه غاز على سطح .

2 - يجب أن أفرّق بين القوة الضاغطة والضغط

3 - يجب أن أعرف أنه في درجة حرارة ثابتة يتناسب حجم الغاز عكسيا مع ضغط الغاز (قانون بويل ماريوط) .

4 - يجب أن أعرف أن سلم درجة الحرارة المطلق ضروري في علم الترموديناميك .

5 - يجب أن أعرف معنى الغاز المثـالي .

6 - يجب أن أعرف أن الجداء PV لغاز حجمه V وضغطه P ، يتناسب مع جداء كمية مادته ودرجة حرارته .

7 - يجب أن أعرف أهمية العلاقة $PV = n\,RT$ في هذا الدرس .

الدرس

الهدف الرئيسي من هذا الدرس هو كيفية تحديد كمية مادة غاز من جراء معرفة حالته (أي حجمه وضغطه ودرجة حرارته)

1 – مفهوم الضغط

مقدار الضغط هو النسبة بين القوّة الضاغطة والسطح المضغوط $P = \dfrac{F}{S}$

إذا عبرنا عن القوة بالنيوتن (N) والسطح بالمتر مربّع (m^2) تكون وحدة الضغط (N/m^2) ، وتسمى هذه الوحدة كذلك الباسكال Pascal ونرمز له بالرمز Pa .

ملاحظة : 1 pascal عبارة عن ضغط صغير جدا .

مثـال :

حوض زجاجي أسطواني مساحته $S = 1 m^2$ يحتوي على 100 g من الماء .

ما هو الضغط الذي تسبّبه هذه الكمية من الماء على السطح S ؟

لدينا $P = \dfrac{Mg}{S}$ ، لأن القوة F هي ثقل الماء Mg ، وبالتالي $P = \dfrac{0{,}1 \times 10}{1} = 1\,Pa$.

نعلم أن الكتلة 100 g من الماء تشغل حجما قدره 100 mL ، أي $10^{-4}\ m^3$ ، وبالتالي يكون إرتفاع الماء في الحوض هو :

$h = \dfrac{V}{S} = \dfrac{10^{-4}}{1} = 10^{-4}\,m = 0{,}1\,mm$ ، وهذا واضح أن الضغط 1 Pa هي قيمة صغيرة جدا ، ولهذا نستعمل وحدات أخرى. مثل :

البـار (Bar) :	**1 bar = 10^5 pascal**
الجو (Atmosphère) :	**1 atm = $1{,}013 \times 10^5$ Pa**
السنتمتر – زئبق	**1 atm = 76 cm Hg**

2 – القوة الضاغطة والضغط بالنسبة لغاز ؟

تتحرك جزيئات الغاز في اتجاهات عشوائية ، فتتصادم فيما بينها ومع جوانب القارورة (مثلا) التي تشمل هذا الغاز . نسمي الفعل الناتج عن هذه التصادمات القوة الضاغطة . تكون هذه القوة دائما عمودية على السطح ومتجهة نحو الخارج .

فمثلا جزيئات غاز الآزوت N_2 في الظروف العادية تتحرك بسرعة متوسطها يساوي تقريبا 500 m/s .

القوة الضاغطة على سطح يساوي $1\ m^2$ يسمى **ضغط الغاز** ، وهذا الضغط متساوي في كل الحيز الذي يشمل الغاز ، فمثلا جزيئات غاز الآزوت N_2 في الظروف العادية تتحرك بسرعة متوسطها يساوي تقريبا 500 m/s .

3 - المقادير التي نتعامل معها لوصف حالة غاز

الضغط **P** (Pascal)

درجة الحرارة **T** (K°)

الحجم الذي يشغله الغاز **V** (m^3)

كمية مادة الغاز ***n*** (mole)

4 - الضغط الجوي

كتلة الهواء الموجودة في الطبقة المحصورة بين سطح الأرض إلى غاية ارتفاع قدره 10 km هي حوالي $5{,}13 \times 10^{18}$ kg .

إن القوة التي يضغط بها الهواء على مساحة قدرها $1\ m^2$ من سطح الأرض هي الضغط الجوي ، وقيمتها 101325 Pa ، وتسمى الضغط الجوي النظامي .

معلومات إضافية :

أكبر ضغط جوي قيس على سطح الأرض هو 108300 Pa في Agata بسيبريا في 31 دسمبر 1968

أصغر ضغط قيس على سطح الأرض هو 87000 Pa في Typhon Joan بالفليبين في 14 أكتوبر 1970

5 - ضغط غاز في درجة حرارة ثابتة :

لما نضغط غازا ، فإنه ينتقل من حالته الغازية إلى السائلة ثم إلى الصلبة ، حيث تقترب شيئا فشيئا جزيئاته إلى بعضها .

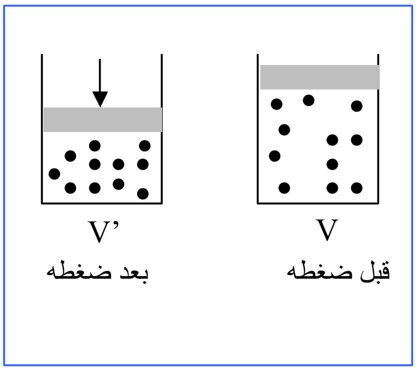
في درجة حرارة ثابتة يتناسب ضغط الغاز عكسيا مع حجمه

$$PV = k$$

قانون بويل ماريوط

لدينا نفس عدد جزيئات الغاز قبل وبعد ضغطه . (الشكل -1)

عدد مولات الغاز n يتناسب مع عدد الجزيئات ، ولدينا التركيز المولي للغاز هو عدد المولات في وحدة الحجم $C = \frac{n}{V}$ ، وبما أن $V > V'$ فإن C' يكون أكبر من C ، وبالتالي



الشكل - 1

ضغط الغاز يتناسب مع تركيزه

$$P = k\frac{n}{V} \qquad (1)$$

k هو ثابت التناسب

6 – سلالم درجة الحرارة

السلم المئوي (الدرجة المئوية) والتي نرمز لها بـ °C ، حيث أن الماء يغلي في الدرة 100 °C ، ويبدأ التجمد في الدرجة 0 °C ، وذلك تحت الضغط الجوي .

السلم الفهرنهايتي (Echelle Fahrenheit) : هذا السلم مستعمل في انجلترا والدول التابعة لها في هذا الميدان . رمزه °F .
يبدأ الماء بالتجمد في 32 °F ، ويغلي في 212 °F .

السلم المطلق (الدرجة الكلفينية) ، نسبة إلى Kelvin ، حيث أن الكيلفن (°K) هو وحدة الدرجة المطلقة .
يبدأ الماء بالتجمد في 273 °K ، ويغلي في 373 °K .

7 – علاقة حجم وضغط غاز بدرجة الحرارة :

عندما نرفع درجة حرارة غاز ، فإن حجمه وضغطه يزدادان في نفس الوقت . مثلا غاز موجود في بالونة مطاطية ، فعند رفع درجة حرارته يزداد حجمه (انتفاخ البالونة) وضغطه في نفس الوقت .
وبالتالي نكتب التناسب :

$$PV = k'T \qquad (2)$$

k' هو ثابت التناسب .
قانونا شارل و غاي لوساك

8 - لماذا السلم المطلق ضروري ؟

عندما نعبّر عن طول معدوم نكتب $l = 0$ ، حيث لا تهُمّ الوحدة المستعملة ، لأنه لا فرق بين $0m$ و $0\,cm$ و $0\,km$!
عندما قلنا أن الماء يبدأ في التجمّد في درجة الحرارة 0 °C ، هذا لا يُعني أن الحرارة منعدمة عندئذ ، بل أخذنا الصفر اختياريا بداية تجمد الماء . وبالتالي لا نعلم متى تكون الحرارة منعدمة حتى نحدد الدرجة 0 °C .
لقد أثبتَ نظريا أنه لا يُمكن أن نخفض درجة حرارة إلى أقل من – 273,15 °C ، ولهذا أُخذت هذه الدرجة هي الصفر المطلق في السلم الحراري المطلق ، أي 0 °K .

هذا السلم هو المعمول به في علم الترموديناميك .

منـاقشة

لو خفضنا درجة حرارة غاز إلى أن يصبح ضغطه معدوما ، هذا يتطلّب منا أن تكون $T = 0$. هذه العملية مستحيلة ، لأن أولا الدرجة المطلقة المعدومة هي نهاية (وأنت تعلم بدون شك ماذا يعني : تنتهي دالة إلى الصفر) ، وثانيا كوْن ضغط غاز معدوم معناه أن جزيئات هذا الغاز لا تُحدثُ أي تصادمات مع السطح الحاجز لهذا الغاز .
أي أن المادة في درجة الحرارة المطلقة المعدومة تكون في سكون تام ، وهذا غير ممكن .

لا نعوّض إطلاقا T بالقيمة صفر في قوانين الترموديناميك .

$$T = t + 273$$

T : °K . t : °C . 273,15 ≈ 273

9 – الغــاز المثالي

إن الغازات لا تخضع إلى أبعد حد للقوانين السابقة الذكر ، حيث أنها تبتعد عن خضوعها لهذين القانونين كلما اقتربت من حالتها السائلة . علماء الكيمياء تخيّلوا غازا وأطلقوا عليه اسم **الغاز المثالي** ، حيث أنه يخضع للقوانين السابقة إلى أبعد حد ، وذلك مهما كانت درجة حرارته وضغطه .

بيّنت التجارب أنه في درجة الحرارة والضغط العاديان (الظروف السائدة في المخبر مثلا) تخضع الغازات **الحقيقية** إلى قوانين الغازات المثالية بتقريب مسموح به

نعتبر الغازات الحقيقية مثــالية ما دامت بعيدة عن الحالة السائلة

10 – قــانون الغازات المثــالية

$V \sim \dfrac{1}{P}$ حجم الغاز يتناسب مع كمية مادة الغاز	$V \sim T$ حجم الغاز يتناسب مع كمية مادة الغاز	$V \sim n$ حجم الغاز يتناسب مع كمية مادة الغاز
قانون بويل ماريوط $T = Cst$	قانون غاي لوساك $P = Cst$	قانون أفوقادرو $P = Cst\ ,\ T = Cst$

لكي نعوّض علاقة التناسب بعلاقة المساواة ، يجب إدخال معاملات التناسب a ، b ، c وهي ثوابت لا علاقة لها بالمتغيرات P و T و V . وبالتالي نكتب :

$$V = a \times \frac{1}{P}$$

$$V = b \times T$$

$$V = c \times n$$

الحجم V يتناسب مع كل هذه المقادير ، ومعنى هذا رياضيا أن : $V = a \times \dfrac{1}{P} \times b \times T \times c \times n$

الجداء $a \times b \times c$ عبارة عن ثابت نرمز له بـ R ويسمى ثابت الغازات المثالية ، وبالتالي $V = \dfrac{nT}{P} \times R$ ، ومنه قانون الحالة للغازات المثالية :

$$\mathbf{PV = n\,RT}$$

$P\ (Pa)\ ,\ V\ (m^3)\ ,\ T\ (°K)\ ,\ n\ (mol)$

تحديد قيمة R :

نعلم أن في الشرطين النظاميين تكون درجة الحرارة $0\ °C$ ، أي $273\ °K$ ، ويكون الضغط $P = 1\ atm = 10^5\ Pa$

ويكون حجم $1\ mol$ من كل الغازات $V_0 = 22,4\ L$

بالتعويض في قانون الغازات المثالية نجد : $R = \frac{PV_0}{nT} = \frac{1,013\times10^5\times22,4\times10^{-3}}{1\times273} = 8,33\ Pa.\ m^3.\ mol^{-1}.K^{-1}$

ملاحظة

يمكن أن نعبر عن قانوني غاي لوساك وشارل كما يلي

قانون شارل : $P_\theta = P_0\,(1 + \beta\,\theta)$ ، وذلك من أجل حجم ثابت ، حيث :

P_0 : ضغط الغاز في الدرجة $0\ °C$

P_θ : ضغط الغاز في الدرجة $\theta\ °C$

θ : درجة الحرارة مقاسة بالدرجة المئوية ، وهي الدرجة التي نريد معرفة ضغط الغاز فيها

β : عبارة عن معامل قيمته $\beta = \frac{1}{273}$

يمكن أن نعبر عن قانوني غاي لوساك وشارل كما يلي

قانون غاي لوساك : $V_\theta = V_0\,(1 + \alpha\,\theta)$ ، وذلك من أجل ضغط ثابت ، حيث :

V_0 : حجم الغاز في الدرجة $0\ °C$

V_θ : حجم الغاز في الدرجة $\theta\ °C$

θ : درجة الحرارة مقاسة بالدرجة المئوية ، وهي الدرجة التي نريد معرفة حجمالغاز فيها

α : عبارة عن معامل قيمته $\alpha = \frac{1}{273}$