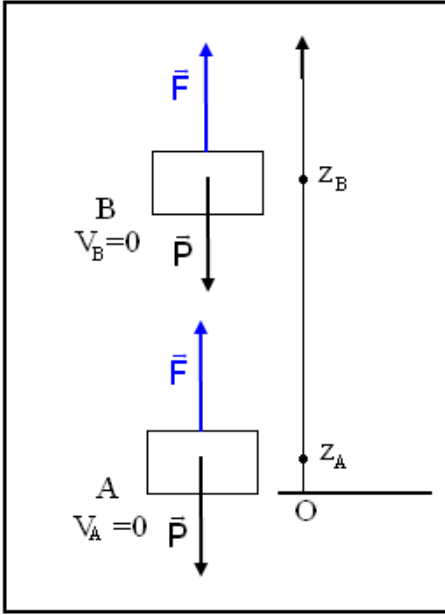


الشغل والطاقة الداخلية والقياسات المسعرية Travail et energie interne – mesure calorimetrique



I - مفاعيل الشغل المكتسب من طرف مجموعة .

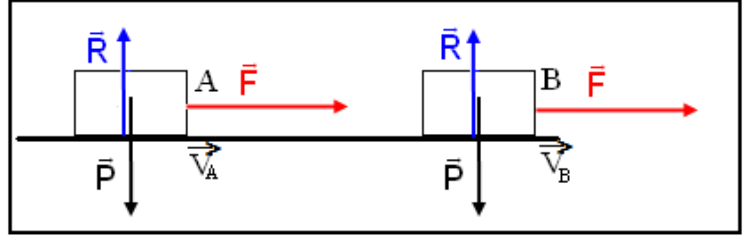
مثال 1

إعند نقل حمولة من $A(z_A)$ إلى $B(z_B)$ رأسيا تحت تأثير القوة \vec{F} ،

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \Delta E_{pp} \text{ حيث } \vec{F} \text{ تنجز شغلا بحيث}$$

يمكن لشغل القوة \vec{F} أن يمنح للمجموعة (الحمولة) طاقة وضع ثقالية .

مثال 2



عند نقل الحمولة على مستوى أفقي من A إلى B تنجز \vec{F} شغلا بحيث أن

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \Delta E_C = \Delta E_m$$

يمكن لشغل القوة \vec{F} أن يمنح للمجموعة (الحمولة) طاقة حركية ΔE_C .

خلاصة :

الطاقة المكتسبة من طرف المجموعة بالشغل يمكنها أن تغير طاقتها الحركية أو طاقة الوضع الثقالية للمجموعة أو هما معا .

نسمى هذا التغير للطاقة بمفعول الشغل المكتسب من طرف المجموعة .

هل هناك مفاعيل أخرى للشغل المكتسب من طرف مجموعة ما ؟

1 - مفاعيل أخرى لشغل قوة على مجموعة ما :

مثال 1 : ارتفاع درجة الحرارة

يمكن لشغل قوة أن يسبب في ارتفاع درجة الحرارة لمجموعة ما : شغل قوى للاحتكاك .

كيف يتم تفسير ذلك ؟ فعلى المستوى المجهرى يؤدي ارتفاع درجة الحرارة من الزيادة في ارتفاع الدقائق les particules التي تكون المجموعة أي الزيادة في سرعتها وهذا يزيد في الطاقة الحركية الميكروسكوبية

عند قطع صفيحة من الحديد بواسطة مسن (meule) يلاحظ أن الصفيحة والمسن ترتفع درجة حرارتهما .
1 - أجرد جميع القوى المطبقة على المسن . واستنتج تغير الطاقة الميكانيكية للمجموعة .
2 - حدد طبيعة شغل كل القوى التي تنجز شغلا .

1 - القوى المطبقة على المسن هي :

\vec{P} : وزن المسن و \vec{R} تأثير محور الدوران و المزدوجة المحركة المطبقة من طرف المحرك عزمها \mathcal{M}_f و المزدوجة المقاومة الناتجة عن قوى الاحتكاك المطبقة من طرف صفيحة الحديد عزمها \mathcal{M}_f' أي أن

$$\Delta E_m = W(\mathcal{M}_f) + W(\mathcal{M}_f') < 0$$

نقوا أن شغل قوى الاحتكاك أكسب المجموعة طاقة تمظهرت في ارتفاع درجة الحرارة ماكروسكوبيا .

الطاقة التي تكتسبها مجموعة ما بالشغل يمكنها أن ترفع درجة حرارة هذه المجموعة .

مثال 2 : تغير الحالة الفيزيائية

يمكن لشغل قوة أن يؤدي إلى تغير الحالة الفيزيائية لمجموعة ما عند درجة الحرارة ثابتة : شغل قوى الاحتكاك بين جسم صلب و الجليد .

عندما يغير جسما حالته الفيزيائية فإن طاقته المخزونة تتغير ، وهذا مرتبط بالتنظيم الميكروسكوبي الداخلي للجسم .

في فصل الشتاء في منتزه أوكيمدن بضاحية مراكش تتحرك الزالقة المستعملة من طرف الأطفال على الجليد بالاحتكاك ، مما يسبب في انصهار الجليد من تحت الزالقة .

أجرد القوى المطبقة على الزالقة . ما هي الأجسام التي يتم بينها الاحتكاك ؟ ما هو الجسم الذي تغيرت حالته الفيزيائية بفعل الاحتكاك ؟ ما هو مفعول شغل قوة الاحتكاك المطبقة من طرف الجليد على الزالقة ؟

القوى المطبقة على الزالقة : \vec{P} زونها و \vec{R} تأثير السطح الجليدي على الزالقة .
يتم الاحتكاك بين السطح الجليدي و الزالقة حيث أن السطح الجليدي هو الجسم الذي تغيرت حالته الفيزيائية نتيجة أن الشغل المكتسب من طرف المجموعة نتج عنه تغير في درجة الحرارة وبالتالي انصهار الجليد .

الطاقة التي نكتسبها مجموعة ما بالشغل يمكنها أن تغير حالتها الفيزيائية

مثال 3 : التشويه المرن

يمكن لشغل قوة أن تشويه مجموعة مرنة كوتر القوس مثلا ، عندما يكون وتر القوس مطال فإن المسافات الفاصلة بين مكونات الوتر أو المواقع النسبية بينها على مستوى ميكروسكوبي تغيرت أي أنه خزن طاقة وضع مرنة .

في رياضة الرماية بالقوس : عندما يريد الرياضي إصابة الهدف بواسطة السهم ، يقوم بإطالة وتر القوس الذي يوجد به السهم ويطلقه قادفا بذلك السهم وهو ينطلق بسرعة كبيرة مصيبا الهدف .
ما هي القوى المطبقة على الوتر قبل انطلاق السهم ؟
ما هي القوى التي تشتغل ؟
أحسب تغير الطاقة الحركية للوتر خلال إطالته من طرف الرياضي ؟
كيف يصبح الوتر قبل وبعد انطلاق السهم ؟

قبل انطلاق السهم يطبق الرياضي قوة \vec{F} على الوتر فيطال هذا الأخير .

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = F \times AB \cos 0 = F \times AB \neq 0$$

تغير الطاقة الحركية للوتر خلال إطالته : $\Delta E_C = 0$

القوة المطبقة على الوتر لتشويهه شغلها غير منعدم رغم أن تغير الطاقة الحركية خلال إطالة الوتر منعدم .

القوة \vec{F} تمنح الوتر طاقة تمكنه من إرسال السهم وهي تختلف عن طاقة الوضع الثقالية والطاقة الحركية فهي تختزن شكل آخر من أشكال الطاقة . نقول أن شغل القوة المطبقة على الوتر جعله يتشوه ومنحه طاقة أدت إلى انطلاق السهم بسرعة مهمة .

عند منح طاقة بالشغل إلى مجموعة مرنة ، تتشوه هذه الأخيرة وتكتسب طاقة تبقى مخزونة فيها

طالما بقيت مشوّهة .

2 _ خلاصة :

إن الطاقة المكتسبة بالشغل من طرف مجموعة ما لها مفاعيل أخرى ، غير تغير طاقة الوضع الثقالية

وتغير الطاقة الحركية ، منها :

* ارتفاع درجة حرارة مجموعة .

* تغير الحالة الفيزيائية لمجموعة .

* تشويه مجموعة عندما يتعلق بمجموعة مرنة

* ارتفاع ضغط مجموعة عندما يتعلق الأمر بغاز .

هذه الطاقة المكتسبة بالشغل هي شكل آخر من أشكال الطاقة وتسمى بالطاقة الداخلية

II _ الطاقة الداخلية .

1 _ تعريف

نسمى الطاقة الداخلية لمجموعة معزولة ميكانيكيا والتي نرسم لها ب U مجموع طاقتها الحركية المجهرية وطاقة وضعها الميكروسكوبي .

$$U = \xi + E_p$$

نعبر عن الطاقة الداخلية بالجول J .

ξ طاقة حركية على مستوى ميكروسكوبي : وهي طاقة حركية مجهرية ناتجة عن تواجد مختلف الدقائق التي تكون المادة

في ارتجاج مستمر وغير مرتب Agitation désordonnée والتي تؤدي إلى الزيادة في درجة الحرارة تسمى بالارتجاج الحراري

Agitation thermique

E_p طاقة الوضع على مستوى ميكروسكوبي : وهي طاقة وضع للمجموعة $\xi_p + E_p$ هي طاقة وضع مجهرية ξ_p

ناتجة عن المواقع النسبية للدقائق فيما بينها والتي توجد في تأثير بيني وخاصة خلال تغيرات الحالة الفيزيائية أو إثر التفاعلات الكيميائية وصاقة الربط ξ .

III _ تغير الطاقة الداخلية لمجموعة

1 _ تبادل الطاقة مع المحيط الخارجي .

يمكن أن تتغير الطاقة الداخلية لمجموعة ما ، إما بارتجاج الدقائق المكونة لهذه المجموعة أو بالتأثيرات البينية الموجودة بين هذه الدقائق .

1 . 1 التبادل الطاقوي بالإشعاع

بواسطة الأشعة المرئية أو غير المرئية يمكن أن نرفع من درجة حرارة الماء عندما نعرضه لها . أي أن الإشعاع يضمن انتقال الطاقة من منبع إلى جسم مستقبل. (الشمس)

1 - 2 انتقال الطاقة بالحرارة .

مثال : تسخين الماء في وعاء

عند تسخين الماء في وعاء ، نلاحظ ارتفاع درجة حرارته .
نفسر هذا بكون أن جزيئات اللهب تتحرك بسرعة مما يمكنها من نقل جزءا من طاقتها إلى جزيئات الماء مما ينتج عن ذلك زيادة في درجة حرارة الماء أي الزيادة في ارتجاج جزيئاته ، فتزداد الطاقة الداخلية للماء .

إذا اعتبرنا ΔU تغير الطاقة الداخلية للماء (المجموعة) و Q الطاقة المنقولة للمجموعة والتي تم تبادلها وتسمى **بكمية الحرارة أو كمية الطاقة الحرارية** : $\Delta U = Q$

يساوي تغير الطاقة الداخلية للماء ΔU كمية الطاقة التي تم تبادلها مع المحيط الخارجي وهي على شكل كمية الحرارة Q و Q بالجول .

1 - 3 انتقال الطاقة بالشغل

عندما تخضع مجموعة ما إلى قوى خارجية عيانية تنجز شغلا W فإنها تتبادل الطاقة مع المحيط الخارجي ، فتتغير طاقتها الداخلية U . ويساوي تغير الطاقة الداخلية ΔU في هذه الحالة كمية الطاقة التي تم تبادلها مع المحيط الخارجي والتي هي على شكل شغل W ونكتب : $\Delta U = W$

2 - التبادل الطاقي على شكل شغل وكمية الحرارة : المبدأ الأول للترموديناميك .

يمكن لمجموعة ما أن تتبادل الطاقة مع المحيط الخارجي في نفس الوقت بشغل وكمية الحرارة .

2 - 1 نص المبدأ الأول للترموديناميك

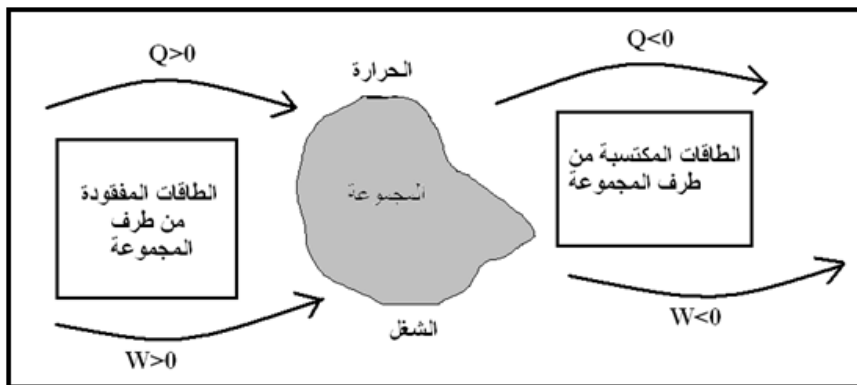
يساوي تغير الطاقة الداخلية أثناء تحول ما مجموع الطاقات المتبادلة مع المحيط الخارجي :

$$\Delta U = Q + W$$

2 - 2 التحول الحلقى

نقول أن المجموعة تنجز تحولا حلقيا أو مغلقا إذا كانت الحالة النهائية ماثلة للحالة البدئية وبالتالي $\Delta U = 0$ أي أن $Q + W = 0 \Rightarrow W = -Q$

أي أن المجموعة إذا اكتسبت الطاقة على شكل شغل فإنها تمنحها على شكل حرارة والعكس صحيح كيفما كان تسلسل التغيرات التي تطرأ على المجموعة وبالتالي فالمجموعة لا تكتسب ولا تفقد شيئا من الطاقة .



2 - 3 خلاصة :

يمكن من رفع درجة حرارة مجموعة ما بالتبادلات الطاقية التالية : إما بالانتقال الحراري أو بالإشعاع أو بالشغل الميكانيكي .

3 - الحصيلة الطاقية

- الطاقة الكلية لمجموعة

الطاقة الكلية لمجموعة ما ، هي مجموع طاقته الحركية E_C العيانية وطاقته الوضع الثقالية E_p وطاقته الداخلية U :

$$E = E_C + E_{pp} + U$$

إذا كانت المجموعة معزولة من منظور طاقي أي طاقتها الكلية لا تتغير $\Delta E = 0$

أي أن $\Delta E_C + \Delta E_{pp} + \Delta U = 0$ تعبر هذه النتيجة عن مبدأ انحفاظ الطاقة .

مثال : تسخين الماء في وعاء :

الطاقة الكلية لكتلة الماء هي : $E = E_m + U$ بحيث أن E_m الطاقة الميكانيكية لكتلة الماء و U الطاقة الداخلية .

بالنسبة للتبادلات الطاقية السابقة لدينا في كل حالة $E_m = E_C + E_{pp}$ لا تتغير أي $\Delta E_m = 0$

بالنسبة للطاقة الداخلية فارتفاع درجة الحرارة ناتج عن الارتجاج الحراري لجزيئات الماء مما يؤدي إلى تغير في الطاقة الحركية المجهرية وبالتالي تغير في الطاقة الداخلية أي $\Delta E = \Delta U$ وحسب المبدأ الأول للترموديناميك $\Delta U = Q$ وبالتالي $\Delta E = \Delta U = Q$

ملحوظة :

في حالة غياب الاحتكاكات داخل مجموعة معزولة طاقيا أي أن $\Delta E = 0$ و $\Delta E = \Delta E_m + \Delta U = 0$ أي أن $\Delta U = -\Delta E_m = 0$ ($\Delta E_m = 0$)

وجود الاحتكاكات داخل مجموعة معزولة طاقيا ، طاقتها الميكانيكية تتناقص وطاقها الداخلية تتزايد بما أن المجموعة معزولة طاقيا $\Delta E = 0$ وبالتالي فإن $\Delta E_m + \Delta U = 0$ أي أن $\Delta U = -\Delta E_m > 0$

التمرين 5

- نعتبر المجموعة { الأسطوانة ، المكبس } كظيمة أي لا تتبادل الحرارة مع الوسط الخارجي . المكبس شعاعه $r = 4\text{cm}$. يوجد بداخل الأسطوانة غاز كامل حجمه V_0 وعند درجة حرارة T_0 والضغط p_0 وهو الضغط الجوي .
نطبق على المكبس قوة \vec{F} ثابتة شدتها $F = 190\text{N}$ ، فينزل المكبس ببطء وبسرعة ثابتة داخل الأسطوانة بدون احتكاك بمسافة $\Delta l = 2\text{cm}$ حيث يصبح ضغط الغاز p_1 وحجمه V_1 ودرجة حرارته T_0 .
- 1 - أحسب ضغط الغاز p_1 في الحالة النهائية .
 - 2 - أوجد تعبير شغل القوى التي يطبقها المحيط الخارجي على المكبس بدلالة p_1, V_1, V_0 .
 - 3 - أحسب تغير الطاقة الداخلية للغاز أثناء هذا التحول .

الحل :

1 - الضغط النهائي للغاز

في الحالة النهائية يخضع المكبس إلى القوى التالية :

\vec{F}_g : القوة التي يطبقها الغاز على المكبس .

\vec{F}_0 : القوة الضاغطة التي يطبقها الهواء على المكبس .

\vec{F} : القوة التي يطبقها المجرب على المكبس :

المكبس في حالة توازن : $\vec{F}_g + \vec{F}_0 + \vec{F} = \vec{0}$ عند إسقاط هذه

القوى على محور رأسي Oz نحصل على العلاقة التالية :

$$F_g = F_0 + F$$

$$p_1 S = p_0 S + F$$

وبالتالي سيكون الضغط النهائي هو : $p_1 = p_0 + \frac{F}{S}$

تطبيق عددي : $p_1 = 1,38 \cdot 10^5 \text{Pa}$

2 - تعبير شغل القوى المطبقة من طرف المحيط الخارجي على المكبس .

القوى المطبقة على المكبس من طرف المحيط الخارجي هي : \vec{F} و \vec{F}_0 .

بحيث أن شغل هذه القوى هو :

$$\sum W = W(\vec{F}) + W(\vec{F}_0)$$

$$= F \cdot (\ell_1 - \ell_2) + F_0 (\ell_1 - \ell_2)$$

$$= (F + F_0)(\ell_1 - \ell_2) = F_g (\ell_1 - \ell_2)$$

وحسب السؤال السابق لدينا : $F_g = p_1 S$ أي أن

$$\sum W = p_1 S (\ell_1 - \ell_2)$$

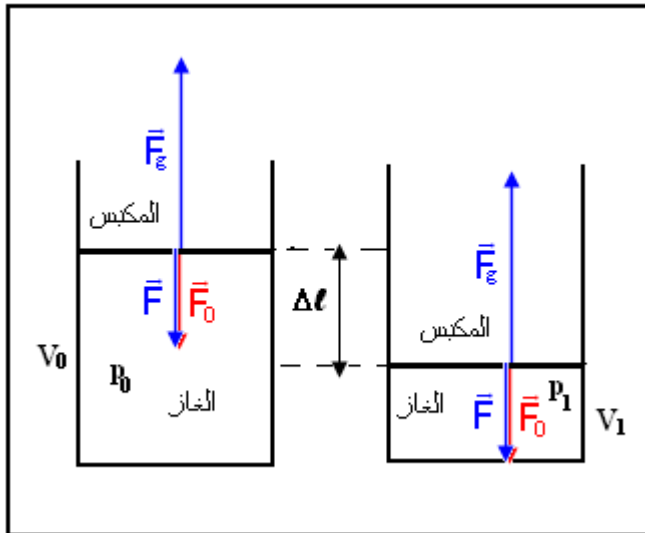
$$= p_1 (S \ell_1 - S \ell_2) = p_1 (V_1 - V_2) = -p_1 (V_2 - V_1)$$

3 - تغير الطاقة الداخلية

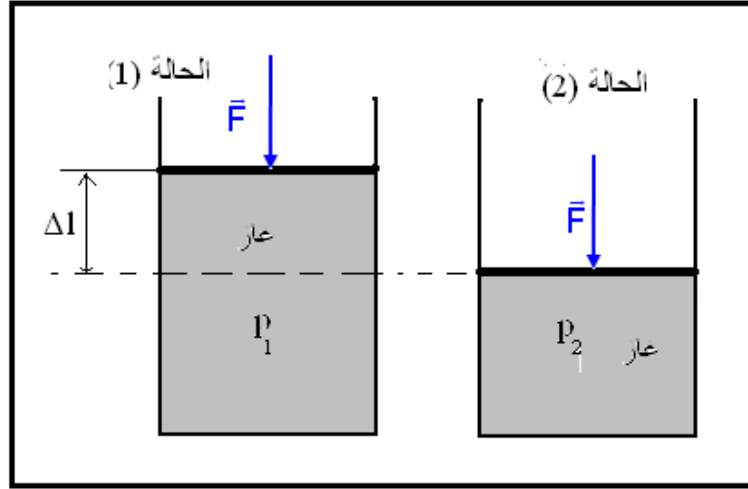
حسب المبدأ الأول للترموديناميك $\Delta U = W + Q$

بما أن المجموعة كظيمة فإن $Q = 0$ وبالتالي $\Delta U = W$

وحسب السؤال 2 لدينا $W = -p_1 \Delta V$ أي أن $\Delta U = -p_1 \Delta V$



نعتبر كمية غاز محصور داخل أسطوانة كظيمة (لا تسمح بتبادل الحرارة مع المحيط الخارجي) ومسدودة بمكبس كظيم مقطعه S .



توجد كمية الغاز في الحالة (1) حيث ضغطها هو p_0 . نطبق على المكبس ببطء قوة ثابتة \vec{F} فيأخذ هذا الأخير موضعا جديدا للتوازن بعد الانتقال Δl ، حيث يصبح ضغط الغاز هو p_2 .

عند تحرير المكبس يتمدد الغاز لينتقل المكبس إلى وضعه البدئي.

1 - أحسب تغير الطاقة الحركية للغاز عند انتقاله من الحالة (1) إلى الحالة (2).

2 - أحسب شغل القوة الضاغطة \vec{F} خلال الانتقال Δl

$$W(\vec{F}) = F \cdot \Delta l$$

1 - حساب تغير الطاقة الحركية للغاز عند انتقاله من الحالة (1) إلى الحالة (2).

بما أن السرعة ثابتة فإن تغير الطاقة الحركية للغاز $\Delta E_c = E_{c2} - E_{c1} = 0$

2 - حساب شغل القوى المطبقة من طرف المحيط الخارجي على المكبس خلال الانتقال Δl لدينا

$$W(\vec{F}_{ext}) = F_{ext} \cdot \Delta l$$

بما أن المكبس في حالة توازن تحت تأثير $\vec{F}; \vec{F}_0; \vec{F}'$ القوة التي يطبقها المجرب على المكبس و \vec{F}' القوة التي

يطبقها الغاز على المكبس شدتها $F' = p_2 \cdot S$ و \vec{F}_0 القوة التي يطبقها الهواء على المكبس، بحيث أن شدتها هي:

$F_0 = p_0 \cdot S$ بحيث أن ضغط الغاز في الحالة النهائية و S مساحة المكبس.

حسب مبدأ القصور لدينا $\vec{0} = \vec{F} + \vec{F}' + \vec{F}_0$ وبالتالي فإن $W(\vec{F}') = -W(\vec{F} + \vec{F}_0)$

نعتبر أن \vec{F} و \vec{F}_0 كقوى خارجية بالنسبة للغاز

نطبق مبرهنة الطاقة الحركية خلال انتقال المكبس من الحالة (1) إلى الحالة (2)

$$\sum W(\vec{F}) = W(\vec{F}') + W(\vec{F}) + W(\vec{F}_0) = \Delta E_c = 0$$

$$W(\vec{F}') = -W(\vec{F}_{ext}), W(\vec{F}_{ext}) = W(\vec{F} + \vec{F}_0)$$

$$W(\vec{F}_{ext}) = -W(\vec{F}')$$

$$W(\vec{F}') = -F' \cdot \Delta l, F' = p_2 S$$

$$W(\vec{F}') = -p_2 \cdot \Delta l S = -p_2 \cdot \Delta V$$

نعلم أن $W(\vec{F}_{ext}) = p_2 (V_1 - V_2) = -p_2 (V_2 - V_1)$ وبالتالي $S \cdot \Delta l = S l_1 - S l_2 = V_1 - V_2 = -\Delta V$

فسر سبب تمدد الغاز لينتقل من الحالة النهائية إلى الحالة البدئية؟

نقول أن الغاز احتزن طاقة تخالف طاقة الوضع الثقالية والطاقة الحركية وأن شغل القوى الخارجية المطبقة على المكبس أكسبت الغاز المضغوط طاقة ساهمت في تزايد الطاقة المخزونة فيه

IV القياسات المسعربة

1 - كيف يمكن تحديد تغير الطاقة الداخلية ؟

1.1 تعبير كمية الحرارة .

يمكن أن نعبّر عن كمية الحرارة المكتسبة من طرف جسم ما كتلته m لرفع درجة حرارته من θ_i إلى θ_f بالعلاقة التالية :

$$Q = mC(\theta_f - \theta_i)$$

Q : كمية الحرارة المكتسبة من طرف الجسم .

C : ثابتة التناسب ، تتعلق بطبيعة الجسم وتسمى الحرارة الكتلية للجسم . $Q = mC(\theta_f - \theta_i)$.

ملحوظة 1:

* $\theta_f > \theta_i$ تكون $Q > 0$ وبالتالي يكتسب الجسم الحرارة من المحيط الخارجي .

* $\theta_f < \theta_i$ تكون $Q < 0$ وبالتالي يمنح الجسم الحرارة إلى المحيط الخارجي .

* في حالة $\theta_f - \theta_i = 1^\circ\text{C}$ و $m = 1\text{kg}$ نجد $Q = C$

2 - تعريف بالحرارة الكتلية لجسم ما :

تساوي الحرارة الكتلية لجسم ما ، كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة كتلة هذا الجسم (1kg) بمقدار 1°C ، دون تغيير حالته الفيزيائية .

الوحدات : Q نعبّر عنها بالجول

θ_f و θ_i نعبّر عنها بالسيلسيوس $^\circ\text{C}$ أو بالكلفين K .

m بالكيلوغرام kg

C نعبّر عنها بـ $(\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$ أو بـ $(\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{C}^{-1})$

ملحوظة 2 : بالنسبة للغازات يجب أن نميز بين حرتين كتلتين : C_p عند حجم ثابت و C_v عند ضغط ثابت .

1 - 3 الحصيلة الطاقية

بالنسبة لجسم صلب أو سائل يمكن اعتبار طاقته الداخلية حسب المبدأ الأول للترموديناميك : $\Delta U = W + Q = Q$

لكون أن $W = 0$ وبالتالي $\Delta U = Q = mC(\theta_f - \theta_i)$

1 - 4 السعة الحرارية لجسم ما .

نسمي الكمية $\mu = mC$ السعة الحرارية للجسم .

وحدة السعة الحرارية لجسم ما هي : $(\text{J} \cdot \text{C}^{-1})$ أو $(\text{J} \cdot \text{K}^{-1})$

وبالتالي يصبح تعبير كنية الحرارة على الشكل التالي :

$$Q = \mu(\theta_f - \theta_i)$$

تعريف بالسعة الحرارية $la\ capacit\acute{e}thermique$

تساوي السعة الحرارية لجسم كتلته m ، كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الكتلة m لهذا الجسم بـ 1°C ، دون تغيير حالته الفيزيائية .

في حالة مجموعة S تتكون من عدة أجسام كتلتها m_1, m_2, \dots, m_n وحرارتها الكتلية C_1, C_2, \dots, C_n تكون كمية

الحرارة المتبادلة مع الوسط الخارجي عندما تتغير درجة الحرارة للمجموعة بالمقدار $\Delta\theta$ هي :

$$\begin{aligned} Q &= \sum_{i=1}^n Q_i \\ &= \sum_{i=1}^n m_i C_i \Delta\theta \\ &= \Delta\theta \sum_{i=1}^n m_i C_i \end{aligned}$$

حيث تمثل $\sum_{i=1}^n m_i C_i$ مجموع السعات الحرارية للأجسام المكونة للمجموعة . $\mu_s = \sum_{i=1}^n m_i C_i$

1 - 5 التوازن الحراري :

نأخذ كتلتين من الماء m_1 و m_2 في الحالة البدئية درجة حرارة كل منهما θ_1 و θ_2 نفترض أن $\theta_1 > \theta_2$ نقوم بخلط

هذين الجسمين . يحدث انتقال حراري بينهما ، إذا افترضنا أن هذا الانتقال يتم دون تسربات حرارية ، فإن الجسم

الساخن θ_1 يفقد الحرارة في حين يكتسب الجسم البارد نفس الحرارة التي فقدها الجسم الساخن . حيث في

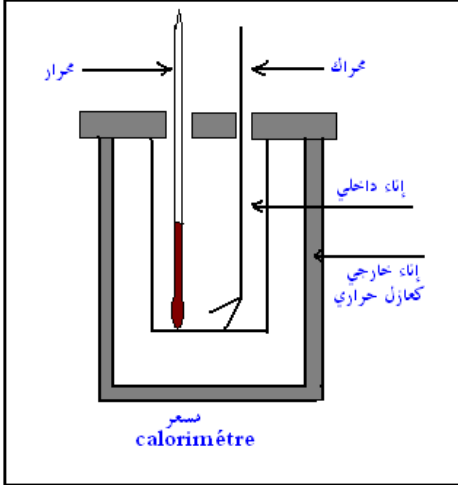
الحالة النهائية تتساوى درجة حرارتهما θ . في هذه الحالة نقول أن الجسمين في توازن حراري .

وتكون الحصيلة الطاقية على الشكل التالي :

بالنسبة للجسم الساخن والذي فقد الحرارة يكون تغير الطاقة الداخلية للجسم هو : $\Delta U_1 = Q_1 = m_1 C_e (\theta - \theta_1)$

بالنسبة للجسم البارد والذي اكتسب الحرارة من الجسم الساخن يكون تغير الطاقة الداخلية لهذا الجسم هو :

$$\Delta U_2 = Q_2 = m_2 C_e (\theta - \theta_2)$$



تغير الطاقة الداخلية بالنسبة للمجموعة في الحالة النهائية

حسب المبدأ الأول للثيرموديناميك هي : $\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = Q + W$

بما أن المجموعة لا تتبادل الحرارة مع المحيط الخارجي وكذلك

الشغل منعدم فإن $\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = 0 \Rightarrow \Delta U_1 = -\Delta U_2$

أو كذلك $Q_1 + Q_2 = 0$

في الواقع وأثناء الانتقال الحراري تكون هناك تسربات حرارية وللتقليل منها نستعمل جهاز خصص لهذا الغرض وهو المسعر .

المسعر جهاز يستعمل للقياسات المسعيرية .

6 - قياسات مسعيرية

6 - 1 الانتقال الحراري بدون تغير الحالة الفيزيائية للجسم .

أ - تعيين السعة الحرارية لمسعر

التمرين التجريبي 1

ندخل كمية من الماء كتلتها $m_1 = 200g$ في المسعر ونعين درجة حرارتها θ_1 . نضيف بسرعة كمية من الماء

الساخن كتلتها $m_2 = 100g$ عند درجة الحرارة θ_2 . نحرك المزيج لمدة معينة ونعاين درجة الحرارة لهذا المزيج θ .

نسجل المعطيات في الجدول التالي :

$m_1 = 300g$	$m_2 = 400g$	$\theta_1 = 20^\circ C$	$\theta_2 = 61^\circ C$	$\theta = 42^\circ C$
--------------	--------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------

1 - ما شكل انتقال الطاقة التي تبرزه هذه التجربة ؟ حدد منحى هذا الانتقال .

شكل انتقال هذه الطاقة هو انتقال حراري . منحى الانتقال الحراري من الجسم الساخن إلى الجسم البارد .

2 - أعط تعبير الطاقة الداخلية للمجموعة المكونة من المسعر والماء البارد .

$$\Delta U_1 = Q_1 = m_1 C_e (\theta - \theta_1) + \mu_c (\theta - \theta_1)$$

بحيث Q_1 الحرارة المكتسبة من طرف الماء البارد و الطاقة المكتسبة من طرف المسعر .

2 - أعط تعبير تغير الطاقة الداخلية للمجموعة المكونة من الماء الساخن .

$$\Delta U_2 = Q_2 = m_2 C_e (\theta - \theta_2)$$

3 - أعط تعبير تغير الطاقة الداخلية للمجموعة {المسعر ، الماء البارد ، الماء الساخن} .

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = Q_1 + Q_2$$

بما أن المسعر حافظة كظيمة ليس هناك أي تبادل طاقي مع المحيط الخارجي لا بالشغل ولا بالحرارة $\Delta U = 0$

أي أن المعادلة المسعيرية عند التوازن الحراري تكتب على الشكل التالي :

$$\Delta U = 0 \Leftrightarrow Q_1 + Q_2 = 0$$

$$m_1 C_e (\theta - \theta_1) + \mu_c (\theta - \theta_1) + m_2 C_e (\theta - \theta_2) = 0$$

$$\mu_c = \frac{m_2 C_e (\theta_2 - \theta)}{(\theta - \theta_1)} - m_1 C_e$$

ب - تعيين الحرارة الكتلية لفلز .

تمرين التجريبي 2

نغمر قطعة من الحديد كتلتها m_1 في كأس يحتوي على الماء على أساس أن لا يكون هناك تماس بين القطعة

وجوانب الكأس . تم نسخن محتوى الكأس .

نأخذ المسعر ونضع فيه كمية من الماء البارد m_2 وننتظر حتى يتحقق التوازن الحراري داخل المسعر ونسجل درجة

حرارة المجموعة {ماء بارد ، مسعر ولوازمه} θ_2 . ندخل قطعة الحديد بسرعة في المسعر مباشرة بعد معاينة

درجة حرارته θ_2 في الماء الساخن نحرك حتى نحصل على التوازن الحراري تم نعاين درجة الحرارة النهائية θ .

نسجل المعطيات في الجدول التالي :

$m_1 = 122g$	$m_2 = 300g$	$\theta_1 = 76^\circ C$	$\theta_2 = 19,9^\circ C$	$\theta = 22,1^\circ C$
--------------	--------------	-------------------------	---------------------------	-------------------------

1 - أعط تعبير الطاقة الداخلية للمجموعة المكونة من المسعر والماء البارد .

$$\Delta U_2 = Q_2 = m_2 C_e (\theta - \theta_2) + \mu_c (\theta - \theta_2)$$

2 - أعط تعبير تغير الطاقة الداخلية لقطعة الحديد .

$$\Delta U_1 = Q_1 = m_1 C_{Fe} (\theta - \theta_1)$$

3 - أعط تعبير تغير الطاقة الداخلية للمجموعة {المسعر ، الماء البارد ، قطعة الحديد}.

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = Q + W = 0$$

4 - أعط تعبير الحرارة الكتلية C لقطعة الحديد واحسب قيمتها .

بما أن المسعر معزولا حراريا فإن $Q = 0$ وكذلك ليس هناك تبادل الشغل بين المسعر والمحيط الخارجي $W = 0$. إذن :

$$\Delta U = Q_1 + Q_2 = 0$$

$$m_2 C_e (\theta - \theta_2) + \mu_c (\theta - \theta_2) + m_1 C_{Fe} (\theta - \theta_1) = 0$$

$$C_{Fe} = \frac{(m_2 C_e + \mu_c)(\theta - \theta_2)}{m_1 (\theta_1 - \theta)}$$

2 - الانتقال الحراري مع تغير الحالة الفيزيائية .

أ - الانصهار والتجمد

تعريف بالانصهار : هو تحول جسم من حالة فيزيائية صلبة إلى حالة فيزيائية سائلة ، تبقى خلاله درجة الحرارة للجسم ثابتة تسمى بدرجة حرارة الانصهار θ_F .

عند درجة حرارة الانصهار θ_F يكتسب الجسم الخالص حرارة تتناسب اطرادا مع كتلته : $Q = m.L_F$

نسمي L_F بالحرارة الكامنة للانصهار . وحدتها في النظام

العالمي للوحدات هي $J.kg^{-1}$ وتتعلق أساسا بطبيعة الجسم

المدرس

تعريف بالتجمد : هو تحول فيزيائي عكس الانصهار أي

تحول جسم من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة تبقى

خلاله درجة الحرارة للجسم ثابتة تسمى بدرجة حرارة

التجمد θ_S وفي هذه الحالة يمنح الجسم الخالص

حرارة $Q' = -m.L_S$ إلى الوسط الخارجي بحيث أن

$$.L_S = -L_F$$

L_S الحرارة الكامنة لتجمد الجسم الخالص .

نعرف الحرارة الكامنة لجسم صلب خالص ، بالحرارة

اللازمة لكيلوغرام واحد من هذا الجسم ، عند درجة حرارة الانصهار وتحت ضغط معين ، لتحويله إلى الحالة السائلة عند نفس درجة الحرارة وتحت نفس الضغط .

ب - التبخر والتكاثف (الإسالة)

التبخر هم تحول فيزيائي لجسم من الحالة الفيزيائية السائلة إلى الحالة الغازية تبقى خلاله درجة حرارة الجسم

الخالص ثابتة θ_V تسمى بدرجة حرارة التبخر. ويمكن أن يحدث هذا التحول بطرق عديدة منها مثلا تبخير سائل عند

تركه في الهواء الطلق أو تسخينه حتى الغليان .

خلال التبخر جسم سائل خالص كتلته m ، يكتسب هذا الأخير حرارة Q عند درجة حرارة معينة θ ، حيث يكون

ضغط البخار المشبع ثابتا وتتناسب الحرارة اطرادا مع الكتلة : $Q = m.L_V$.

تسمى L_V بالحرارة الكامنة للتبخير وهي تتعلق بطبيعة السائل وبدرجة الحرارة θ .

تعريف بالحرارة الكامنة للتبخير :

نسمي الحرارة الكامنة لتبخير جسم سائل خالص ، عند درجة حرارة ثابتة ، كمية الحرارة التي يجب توفيرها

لكيلوغرام واحد من هذا الجسم قصد تحويله كليا إلى بخار ، مع إبقاء ضغط البخار فوق السائل ثابتا ومساويا لضغط

البخار المشبع عند درجة الحرارة θ .

الإسالة أو التكاثف هو تحول فيزيائي لجسم خالص من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة ، عند درجة حرارة ثابتة

θ_L تسمى بدرجة حرارة الإسالة لجسم خالص .

تكون كمية الحرارة الممنوحة إلى الوسط الخارجي من طرف الجسم الخالص خلال الإسالة عند درجة حرارة ثابتة

هي : $Q' = -m.L_L$

بحيث أن m كتلة الجسم الغازي الخالص و L_L هي الحرارة الكامنة لإسالة الجسم الخالص عند درجة حرارة θ_L

$$L_L = -L_V$$

