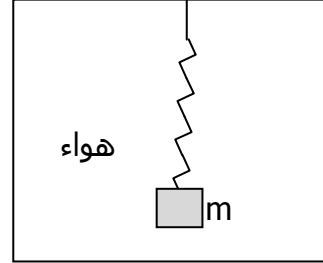


1. الأشكال المختلفة للطاقة ، مفهوم الطاقة الداخلية :

1.1. المثال الأول :

نعتبر كتلة معلقة بنابض ، المجموعة موضوعة في إناء مغلق مملوء بالهواء ولا تبادل الطاقة مع الوسط الخارجي.



ندرس المجموعة (النابض+الكتلة+الهواء).

نحدث حركة بدئية للكتلة m طاقة حركية E_{c0} ، طاقة وضعها E_{pp0} طاقتها الميكانيكية $E_m = E_c + E_{pp}$. لكن وبسبب وجود الهواء ، تظهر قوة احتكاك بينه وبين الكتلة حيث تصبح هذه حركتها مخمدة ، لتتوقف في النهاية عند موضع توازنها. الطاقة الميكانيكية للمجموعة تناقصت مع الزمن بسبب قوة الاحتكاك ، نقول إن هذه القوة غير محافظة. هذه الطاقة الضائعة ، هل اختفت كليا ؟ أم تحولت إلى شكل آخر من أشكال الطاقة ؟ عند نهاية التجربة ، نقيس درجة حرارة الهواء داخل الإناء ، فنلاحظ أنها ارتفعت. الطاقة الميكانيكية التي فقدتها الكتلة ، اكتسبها الغاز على شكل حرارة ، نقول إن الغاز اكتسب طاقة داخلية. المبدأ الأول للترموديناميك هو مبدأ لانحفاظ الطاقة : الطاقة الضائعة لا تختفي ، بل تتحول إلى أشكال أخرى للطاقة. في هذه الحالة ، تصطم الكتلة m أثناء حركتها بالدقائق المكونة للغاز فتعطيها طاقة حركية مجهرية وتسمى كذلك طاقة الارتجاج الحراري.

حصيلة الطاقات المشاركة في هذا المثال :

- الطاقة الحركية للكتلة (العيانية : macroscopique) : $E_{c_{macro}}$.
- طاقة الوضع للقوى الخارجية (طاقة الوضع الثقالية للكتلة) : $E_{p_{macro}}$.
- مجموع الطاقات الحركية المجهرية (microscopique) لدقائق الغاز : $E_{c_{micro}}$.
- طاقة الوضع للتجاذب بين دقائق الغاز (إذا اعتبرنا الغاز غير كامل) : $E_{p_{micro}}$.

تعبير الطاقة الميكانيكية : $E_m = E_{c_{macro}} + E_{p_{macro}}$.

تعبير الطاقة الداخلية : $U = E_{c_{micro}} + E_{p_{micro}}$.

ملاحظة : الطاقة الحركية العيانية للكتلة تعني طاقة حركة مجموع الكتلة. الطاقة الحركية المجهرية تعني طاقة الحركة الغير المنظمة لدقائق المادة.

1.2. المثال الثاني :

نعتبر كتلة m من غاز تدفق داخل أنبوب ، نهدف إلى إقامة حصيلة للطاقة لهذا الغاز. نعتبر G مركز قصور الغاز. عيانيا ، يتدفق الغاز بالسرعة \vec{v}_G . لكن إذا اعتبرنا دقيقة واحدة من الغاز ، سنجد أن حركتها ليست منتظمة بالسرعة \vec{v}_G ، بل هي غير منتظمة ، سرعة تدفق الغاز \vec{v}_G تمثل معدل سرعات كل دقائق الغاز. أشكال الطاقة في هذا المثال :

$$1.2.1. \text{ الطاقة الحركية لتدفق الغاز : } E_{c_{macro}} = \frac{1}{2} m v_G^2 .$$

$$1.2.2. \text{ طاقة الوضع الخارجية (الثقالية) : } E_{p_{macro}} .$$

$$1.2.3. \text{ مجموع الطاقات الحركية المجهرية (microscopique) لدقائق الغاز : } E_{c_{micro}} .$$

$$1.2.4. \text{ طاقة الوضع للتجاذب بين دقائق الغاز (إذا اعتبرنا الغاز غير كامل) : } E_{p_{micro}} .$$

$$\text{ الطاقة الميكانيكية للغاز (أو العيانية) : } E_m = E_{c_{macro}} + E_{p_{macro}} .$$

$$U = E_{c_{micro}} + E_{p_{micro}} \text{ : (أو المجهرية) .}$$

نسمى الطاقة الكلية للمجموعة مجموع الطاقة الداخلية والطاقة الميكانيكية $E = E_m + U$.

1.3. التبادلات الطاقية :

يمكن للمجموعات أن تتبادل الطاقة على عدة أشكال ، نجلها في تبادل عن طريق الشغل و الحرارة .

1.3.1. التبادل الطاقى بالشغل :

حسب مبرهنة الطاقة الحركية ، ينتج الشغل الميكانيكي عن تغير للطاقة الحركية : $W = \sum \delta W = \sum \vec{F} \cdot \vec{\delta l}$

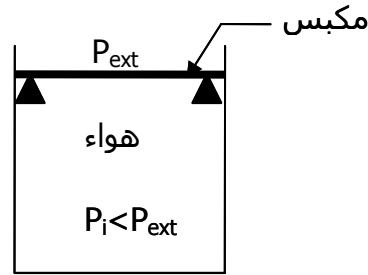
1.3.2. التبادل الطاقى بالحرارة :

مبدئيا ، تنتقل الطاقة الحرارية من الجسم الساخن على الجسم البارد. هذا الانتقال عند تماس غازين درجة حرارتهما مختلفتان يؤدي إلى تغيرهما حتى تصبحا متساويتين ، ونقول إنهما بلغا التوازن الحراري.

2. شغل قوى الضغط :

2.1. الضغط الخارجي والضغط في مائع (سائل أو غاز) :

2.1.1. المثال الأول : نعتبر الهواء غازا كاملا .

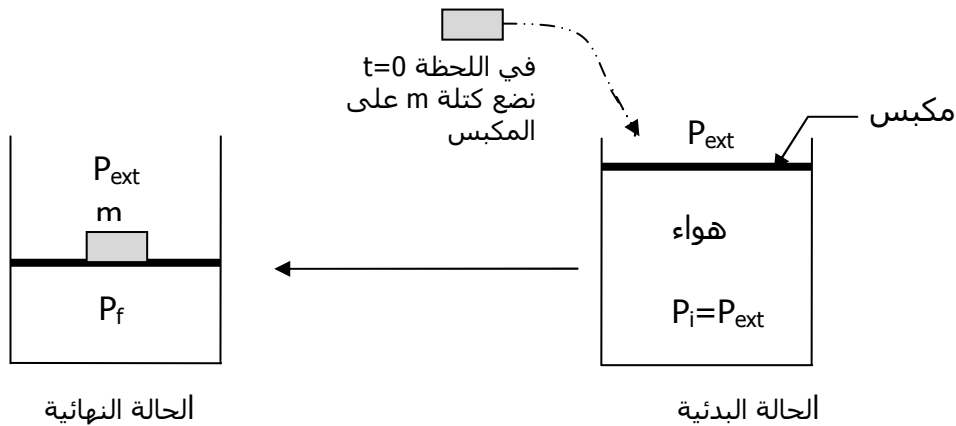


عند اللحظة $t=0$ ، نزيل الحاملين .

نعتبر مجموعة مكونة من هواء في إناء مغلق، الجزء العلوي للإناء مغلق بمكبس مساحته S قابل للحركة رأسيا. في البداية يكون الضغط داخل الإناء P_i أقل من الضغط الخارجي P_{ext} . المكبس مثبت بواسطة حاملين. في اللحظة $t=0$ نزيل الحاملين ، فيدفع الضغط الخارجي المكبس نحو الأسفل ويتوقف عندما يساوي الضغط الداخلي للغاز قيمة الضغط الخارجي : $P_f = P_{ext}$.

بين حالتى التوازن ، الضغط الخارجي للهواء يبقى باستمرار مساويا لـ P_{ext} ، بينما يتغير ضغط الهواء داخل الإناء بين P_i و P_f . نستنتج أن الضغط الداخلي للغاز ليس بالضرورة مساويا للضغط الخارجي.

2.1.2. المثال الثاني :



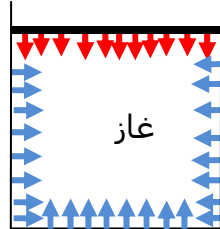
المكبس حر في حركته ، الضغط في البداية هو $P_i = P_{ext}$. عند اللحظة $t=0$ ، نضع كتلة m على المكبس ، فينتقل نحو الأسفل حتى يتساوى الضغط الخارجي مع الضغط الداخلي للغاز : $P_f = P_{ext} + \frac{mg}{S}$. أثناء التحول ، يبقى الضغط الخارجي ثابتا $P_{ext} = P_f$ ، بينما يتغير ضغط الغاز داخل الإناء بين القيمة P_{ext} في البداية إلى

القيمة P_f في النهاية. بين البداية والنهاية ، يبقى ضغط الغاز مجهولا ومخالفا للضغط الخارجي.

من هاتين التجريبتين ، نستنتج ضرورة التمييز بين الضغط الداخلي للغاز والضغط الخارجي المطبق من طرف الوسط الذي يحيط بالغاز.

2.2. الشغل الجزئي لقوى الضغط :

نعتبر حالة المثال الثاني السابق، نهدف إلى حساب شغل قوى الضغط الخارجي.



↓ قوى ضغط خارجية على المكبس
← قوى ضغط خارجية على سطح الإناء

المجموعة المدروسة : الغاز داخل الإناء.
قوى الضغط الخارجية تطبق على كل أسطح الإناء، المكبس وحده ينتقل ، إذن قوى الضغط المطبقة على المكبس وحدها تشتغل.

بين اللحظتين t و $t+\delta t$ أي خلال المدة δt من التجربة ، تعبير الشغل الجزئي لقوى الضغط الخارجية هو :

$$\delta W = \vec{F}_{ext} \cdot \delta \vec{l} = (-P_{ext} S \vec{u}) \cdot \delta \vec{l} = -P_{ext} S \delta x$$

نستنتج تعبير الشغل الجزئي لقوى الضغط الخارجية : $\delta W = -P_{ext} \delta V$.

تجدر الإشارة هنا إلى أن الضغط الخارجي هو الذي يطبق قوى خارجية على المجموعة، يجب إذن اعتبار الضغط الخارجي P_{ext} عند حساب شغل قوى الضغط وليس الضغط الداخلي للغاز الذي يمكن أن يكون مختلفا عن P_{ext} .
 δV تمثل تغير حجم الغاز أثناء الانتقال الجزئي للمكبس.

2.3. شغل قوى الضغط أثناء انتقال غير جزئي :

أثناء انتقال جزئي ، يكون شغل قوى الضغط $\delta W = -P_{ext} \delta V$. أثناء انتقال غير جزئي ، الشغل الكلي هو مجموع

$$الأشغال الجزئية : W = \sum \delta W = -\sum P_{ext} \delta V$$

2.4. حالة تحول حيث يبقى الضغط الداخلي مساويا للضغط الخارجي :

في المثال 2 ، الضغط الداخلي للغاز يبقى ، في كل لحظة ، مختلفا عن الضغط الخارجي. ويمكن باتخاذ احتياطات معينة الحصول على تحول حيث يبقى الضغطان متساويين في كل لحظة.

نعيد تجربة المثال 2 ، ولكن عوض إضافة الكتلة m مرة واحدة على المكبس ، نضيف تدريجيا وعلى التوالي الكتل الصغيرة جدا δm ، ونتتظر بين كل إضافة والإضافة الموالية توازن المجموعة بحيث يتساوي الضغط الداخلي مع

الضغط الخارجي. وتتوقف عن الإضافة عندما يكون مجموع الكتل δm مساويا للكتلة m . في كل لحظة يمكن كتابة

$$P_{ext}=P \text{ حيث } P \text{ الضغط الداخلي للغاز .}$$

$$\text{بالنسبة لكل تحول جزئي : } \delta W = -P \cdot \delta V$$

$$\text{بالنسبة للتحول الكلي : } W = -\sum P \cdot \delta V$$

2.5. أمثلة لحساب شغل قوى الضغط : $V=Cte$

2.5.1. حالة التحول بحجم ثابت :

$$W = -P \delta V = 0 \text{ لأن } \delta V = 0$$

2.5.2. حالة التحول بضغط خارجي ثابت $P_{ext}=Cte$:

في المثال الأول : $P_{ext}=P_f$.

$$\text{في المثال الثاني : } P_f = P_{ext} + \frac{mg}{S} = P_{ext}$$

تتميز حالة الغاز البدئية بالمتغيرات : P_i ، V_i و T_i . والحالة النهائية بالمتغيرات : $P_f=P_{ext}$ ، V_f و T_f .

تعبير الشغل ، مع اعتبار أن الضغط P_{ext} ثابت : $W = -\sum P_{ext} \delta V = -P_{ext} \sum \delta V = -P_f (V_f - V_i)$

3. المبدأ الأول للترموديناميك :

هو مبدأ ينص على انحفاظ الطاقة ، حيث إنها لا يمكن أن تختفي أو أن تخلق ، بل يمكن فقط أن تتبادل بين أوساط مختلفة وعلى أشكال مختلفة.

3.1. نص المبدأ :

تغير الطاقة الكلية (الطاقة الميكانيكية والطاقة الداخلية) لمجموعة تساوي مجموع الطاقة الحرارية المتبادلة Q

$$\Delta(E_m+U)=W+Q$$

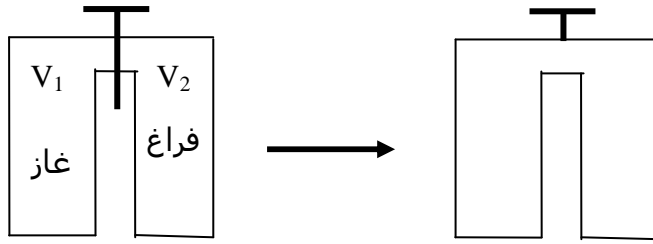
وهذه العلاقة تعني أن تبادل الطاقة لوسط مع الوسط الخارجي لا يمكن أن تكون إلا بتبادل الحرارة أو شغل قوة.

إذا كانت المجموعة ساكنة عيانيا ، وطاقة الوضع العيانية منعدمة : $E_m=C^{te}$ ، تصح العلاقة السابقة كالتالي :

$$\Delta U=W+Q$$

في حالة مجموعة مغلقة ومعزولة ميكانيكيا : $W=0$ و $Q=0$ إذن $\Delta U=0$

3.2. مثال تحول غاز :



نعتبر الإناء الميبي والمكون من جزئين بينهما صنوبر. الإناء معزول حراريا عن الوسط الخارجي.

في البداية ، الصنوبر مغلق ، جزء حجمه V_1 يحتوي على غاز ضغطه P_1 وجزء فارغ حجمه V_2 .

نفتح الصنوبر فيتشتر الغاز في الحجم الكلي (V_1+V_2) للإناء .

حساب تغير الطاقة الداخلية أثناء هذا التحول :

المجموعة المدروسة : الغاز .

الضغط الخارجي المطبق على الغاز منعدم : $W=0$.

المجموعة معزولة حراريا : $Q=0$.

نستنتج : $\Delta U=W+Q=0$