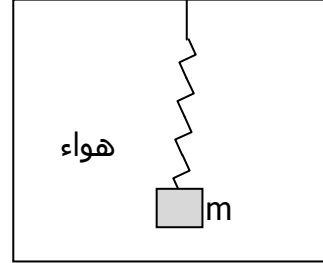


## 1. الأشكال المختلفة للطاقة ، مفهوم الطاقة الداخلية :

## 1.1. المثال الأول :

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



www.physique-chimie-lycee.com

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 :

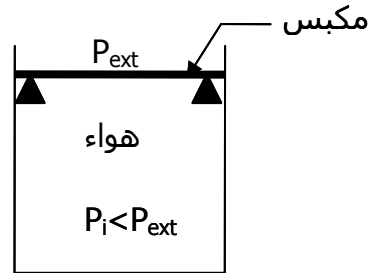
مبدئيا ، تنتقل الطاقة الحرارية من الجسم الساخن على الجسم البارد. هذا الانتقال عند تماس غازين درجة حرارتهما مختلفتان يؤدي إلى تغيرهما حتى تصبحا متساويتين ، ونقول إنهما بلغا التوازن الحراري.

## 2. شغل قوى الضغط :

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

2.1.1. المثال الأول : نعتبر الهواء غازا كاملا .

Mohammed Sobhi



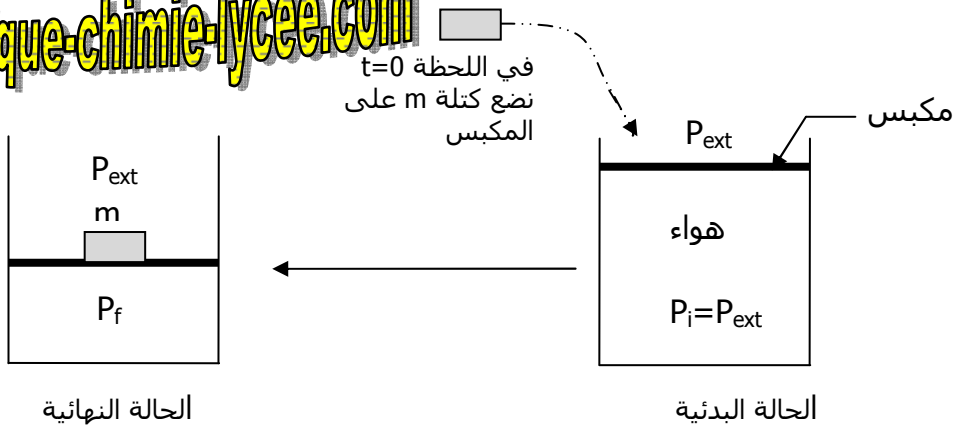
عند اللحظة  $t=0$  ، نزيل الحاملين .

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 حالي 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 :

www.physique-chimie-lycee.com



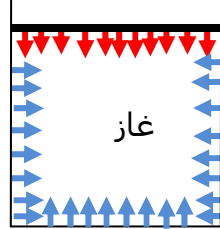
المكبس حر في حركته ، الضغط في البداية هو  $P_i = P_{ext}$ . عند اللحظة  $t=0$  ، نضع كتلة  $m$  على المكبس ، فينتقل نحو الأسفل حتى يتساوى الضغط الخارجي مع الضغط الداخلي للغاز :  $P_f = P_{ext} + \frac{mg}{S}$ . أثناء التحول ، يبقى الضغط الخارجي ثابتا  $P_{ext} = P_f$  ، بينما يتغير ضغط الغاز داخل الإناء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

$\delta V$  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  $\delta m$  ، وننتظر بين كل إضافة والإضافة الموالية توازن المجموعة بحيث يتساوي الضغط الداخلي مع

الضغط الخارجي. وتتوقف عن الإضافة عندما يكون مجموع الكتل  $\delta m$  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  $P_f$  ،  $V_f$  و  $T_f$  .

Mohammed Sobhi

www.physique-chimie-lycee.com

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.

[www.physique-chimie-lycee.com](http://www.physique-chimie-lycee.com)

#### 3.1. نص المبدأ :

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

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

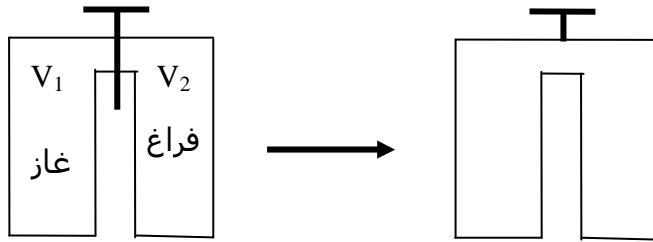
وهذه العلاقة تعني أن تبادل الطاقة لوسط مع الوسط الخارجي لا يمكن أن يكون إلا بتبادل الحرارة أو شغل قوة.

إذا كانت المجموعة ساكنة عيانيا ، وطاقة الوضع العيانية منعدمة :  $E_m=C^{te}$  ، تصبح 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 صنبور. الإناء معزول حراريا عن الوسط الخارجي.

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

نفتح الصنبور فينتشر 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 :  $\Delta U=W+Q=0$

Mohammed Sohbi