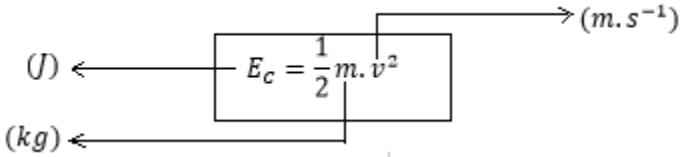
# الشغل والطاقة الحركية
# *Le travail et l'énergie cinétique*

## *I* –الطاقة الحركية :

### 1-الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة إزاحة :

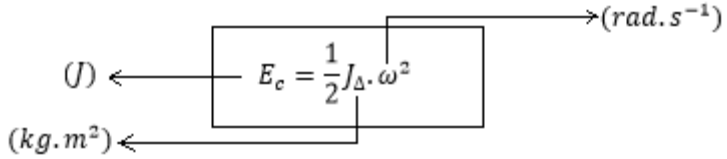
نسمي الطاقة الحركية الحركية لجسم صلب في حركة إزاحة ، كتلته $m$ وسرعته $v$ بالنسبة لجسم مرجعي ، المقدار :




وحدة الطاقة الحركية في النظام العالمي للوحدات هي الجول $(J)$ .

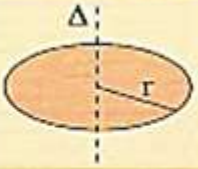
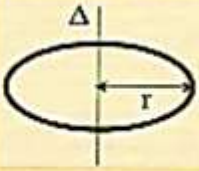
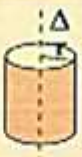
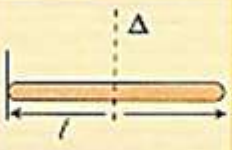
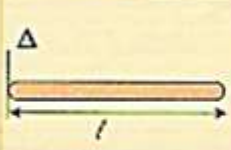
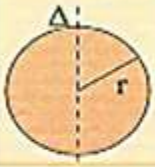
### 2--الطاقة الحركية لجسم صلب في دوران حول محور ثابت :

تساوي الطاقة الحركية الحركية لجسم صلب في دوران حول محور ثابت $(\Delta)$ ، بسرعة زاوية $\omega$ ، المقدار :




حيث $J_\Delta$ عزم قصور الجسم بالنسبة للمحور $(\Delta)$ وهو مقدار يتعلق بكيفية توزيع كتلة الجسم حول المحور $(\Delta)$ . وحدته في النظام العالمي للوحدات $(kg.m^2)$ .

صيغ عزم القصور لبعض الأجسام المتجانسة :

| الجسم | قرص | حلقة | أسطوانة | ساق | ساق | كرة |
|---|---|---|---|---|---|---|
| |  |  |  |  |  |  |
| عزم القصور $J_\Delta$ | $J_\Delta = \frac{1}{2}m.r^2$ | $J_\Delta = m.r^2$ | $J_\Delta = \frac{1}{2}m.r^2$ | $J_\Delta = \frac{1}{12}m\ell^2$ | $J_\Delta = \frac{1}{3}m\ell^2$ | $J_\Delta = \frac{2}{5}m.r^2$ |

Moutamadris.ma

## II-مبرهنة الطاقة الحركية :

### 1-حالة جسم صلب في حركة فوق مستوى مائل :

نطلق حاملا ذاتيا كتلته $m = 0,7\ kg$ ، بدون سرعة بدئية ، من أعلى منضدة هوائية مائلة بزاوية $\alpha = 10°$ بالنسبة للمستوى الأفقي .فينزلق بدون احتكاك .

نسجل مواضع مركز قصوره $G$ من خلال مدد زمنية متتالية ومتساوية $\tau = 60\ ms$ .

نحصل على التسجيل التالي :

| $G_0G_1$ | $G_1G_2$ | $G_2G_3$ | $G_3G_4$ | $G_4G_5$ | $G_5G_6$ | $G_6G_7$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $0,3\ cm$ | $0,9\ cm$ | $1,5\ cm$ | $2,1\ cm$ | $2,7\ cm$ | $3,3\ cm$ | $3,9\ cm$ |

- دراسة التسجيل :

1-أحسب السرعة اللحظية للحامل الذاتي $V_3$ عند الموضع $G_3$ .

2- أحسب السرعة اللحظية للحامل الذاتي $V_5$ عند الموضع $G_5$ .

3-أحسب الطاقة الحركية للحامل الذاتي في الموضعين $G_3$ و $G_5$ .

4-أجرد القوى المطبقة على الحامل الذاتي أثناء انزلاقه .

5-أكتب تعبير شغل كل قوة عندما ينتقل مركز قصور الحامل الذاتي بين الموضعين $G_3$ و $G_5$ . استنتج $\sum W_{G_3\to G_5}(\vec{F})$ مجموع أشغال هذه القوى بين الموضعين $G_3$ و $G_5$ .

6-قارن $\sum W_{G_3\to G_5}(\vec{F})$ و $\Delta E_C = E_{C5} - E_{C3}$ تغير الطاقة الحركية للحامل الذاتي بين الموضعين $G_3$ و $G_5$ .

ماذا تستنتج ؟

نعطي : $g = 9,8\ N.kg^{-1}$

Moutamadris.ma

## التصحيح :

حساب السرعة اللحظية باستعمال علاقة التأطير التقريبية : $v_i = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{t_{i+1}-t_{i-1}}$ مع : $t_{i+1} - t_{i-1} = 2\tau$

1-عند الموضع $v_3$ : $v_3 = \frac{G_2G_4}{2\tau} = \frac{3{,}6.10^{-2}}{2\times 60.10^{-3}} = 0{,}3\ m.s^{-1}$

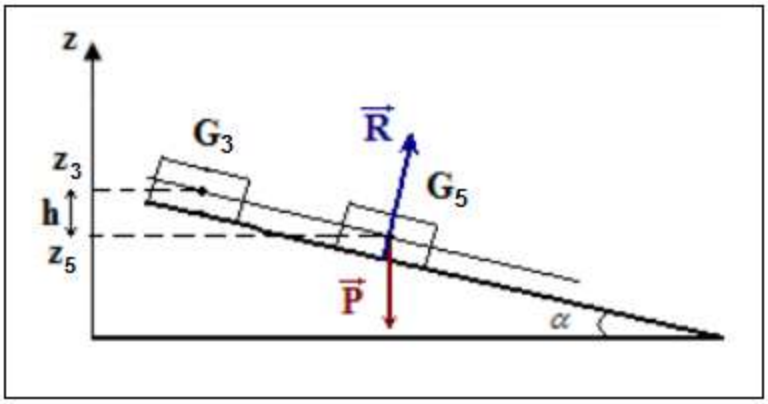
2- عند الموضع $v_5$ : $v_5 = \frac{G_4G_6}{2\tau} = \frac{6{,}0.10^{-2}}{2\times 60.10^{-3}} = 0{,}5\ m.s^{-1}$

3-حساب الطاقة الحركية $E_{C3}$ و $E_{C5}$ :

-في الموضع $G_3$ : $E_{C3} = \frac{1}{2}m.{v_3}^2 = \frac{1}{2}\times 0{,}7 \times 0{,}3^2 = 3{,}15.0^{-2}\ J$

-في الموضع $G_5$ : $E_{C5} = \frac{1}{2}m.{v_5}^2 = \frac{1}{2}\times 0{,}7 \times 0{,}5^2 = 8{,}75.0^{-2}\ J$

4-جرد القوى المطبقة على الحامل الذاتي أثناء انزلاقه على المنضدة :




- $\vec{R}$ : تأثير المنضدة الهوائية
- $\vec{P}$ : وزن الحامل الذاتي

5-تعبير شغل كل قوة :

$W_{G_3\to G_5}\ (\vec{R}) = \vec{R}.\overrightarrow{G_3G_5} = 0$

لأن $\overrightarrow{G_3G_5} \perp \vec{R}$

$W_{G_3\to G_5}\ (\vec{P}) = m.g(z_3 - z_5)$

نضع : $h = z_3 - z_5$ مع : $sin\alpha = \frac{h}{G_3.G_5}$

إذن : $W_{G_3\to G_5}\ (\vec{P}) = m.g.G_3G_5.sin\alpha$

ت.ع : $W_{G_3\to G_5}\ (\vec{P}) = 0{,}7 \times 9{,}8 \times 4{,}8.10^{-2}\sin(10°) = 5{,}71.10^{-2}\ J$

ومنه مجموع أشغال القوى هو :

$$\sum W_{G_3\to G_5}(\vec{F}) = W_{G_3\to G_5}\ (\vec{R}) + W_{G_3\to G_5}\ (\vec{P}) = 5{,}71.10^{-2}\ J$$

Moutamadris.ma

6-تغير الطاقة الحركية :

$$\Delta E_C = E_{C5} - E_{C3} = 8{,}75.0^{-2} - 3{,}15.0^{-2} = 5{,}60.10^{-2}\ J$$

نستنتج أن :

$$\Delta E_C \approx \sum W_{G_3 \to G_5}(\vec{F})$$

## 2-نص مبرهنة الطاقة الحركية :

في معلم غاليلي ، يساوي تغير الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة إزاحة أو في دوران حول محور ثابت بين لحظتين ، المجموع الجبري لأشغال كل القوى المطبقة على هذا الجسم بين هاتين اللحظتين.

$$\Delta E_C = E_{C2} - E_{C1} = \sum_i W_{1\to 2}(\vec{F_i})$$

في حالة الإزاحة :

$$\Delta E_C = \frac{1}{2}m.V_2^2 - \frac{1}{2}m.V_1^2 = \sum_i W_{1\to 2}(\vec{F_i})$$

في حالة الدوان :

$$\Delta E_C = \frac{1}{2}J_\Delta.\omega_2^2 - \frac{1}{2}J_\Delta.\omega_1^2 = \sum_i W_{1\to 2}(\vec{F_i})$$

# الشغل وطاقة الوضع الثقالية
# الطاقة الميكانيكية

## I-طاقة الوضع الثقالية :

### 1-مفهوم طاقة الوضع الثقالية :

طاقة الوضع الثقالية لجسم ما ، في مجال الثقالة ، هي طاقة يتوفر عليها الجسم نتيجة موضعه بالنسبة للأرض . وهي ناتجة عن التأثير البيني بينه وبين الأرض .

### 2-تعبير طاقة الوضع الثقالية :

طاقة الوضع الثقالية $E_{pp}$ لجسم صلب تتعلق بكتلة الجسم $m$ و ب $g$ شدة الثقالة و ب $z$ أنسوب مركز قصوره في معلم $R(O,\vec{k})$ (موجه نحو الأعلى ).

حيث :

$$E_{PP} = m.g.z + cte$$

وحدة $E_{pp}$ في النظام العالمي للوحدات هي الجول $(J)$ .

حيث $cte$ تحدد من خلال الحالة المرجعية .

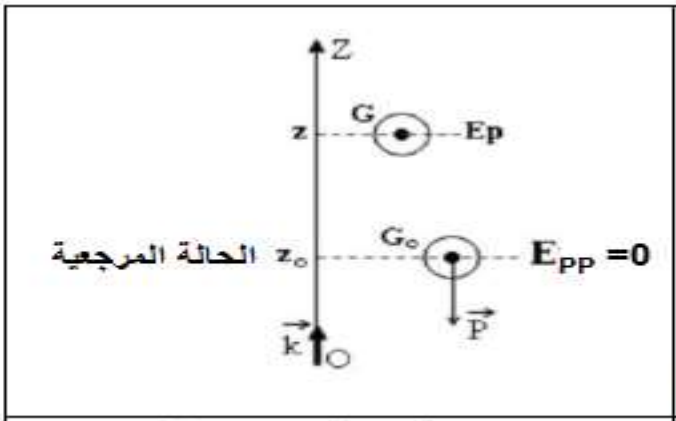
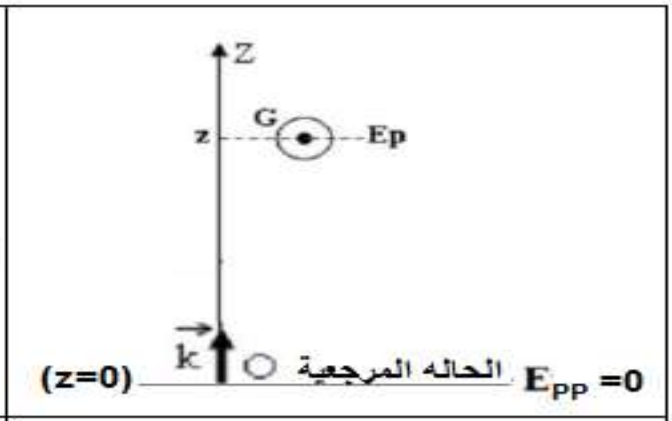
الحالة المرجعية هي الحالة التي نختارها حيث نسند لطاقة الوضع القيمة $E_{PP} = 0$ .

- تعبير طاقة الوضع الثقالية باعتبار الحالة المرجعية عند الأنسوب $z_0$ .

$$E_{PP} = m.g.z + cte$$
$$0 = m.g.z_0 + cte$$
$$cte = -m.g.z_0$$
$$E_{PP} = m.g.z - m.g.z_0$$
$$E_{PP} = m.g(z - z_0)$$

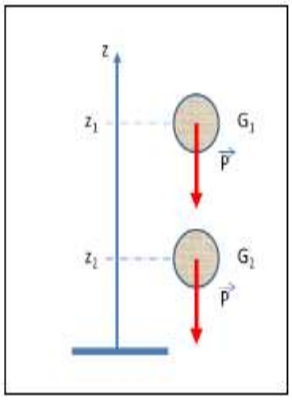
- تعبير طاقة الوضع الثقالية باعتبار الحالة المرجعية عند أصل محور الأناسيب $z = 0$ .

عند $z = 0$ يكون $E_{PP} = 0$ ومنه $cte = 0$ أي : $E_{PP} = m.g.z$

| | |
|---|---|
|  |  |
| $E_{PP} = m.g(z - z_0)$ | $E_{PP} = m.g.z$ |

## 3-تغير طاقة الوضع الثقالية :

عندما يتنتقل مركز قصور الجسم من الموضع $G_1$ الى الموضع $G_2$ أنسوبهما على التوالي $z_1$ و $z_2$ ، فإن طاقة الوضع للجسم تتغير بالقيمة :




$$\Delta E_{PP} = E_{PP2} - E_{PP1}$$

$$\Delta E_{PP} = m.g(z_2 - z_1)$$

شغل وزن الجسم خلال الإنتقال من $G_1$ الى $G_2$ هو :

$$W(\vec{P})_{G_1 \to G_2} = m.g(z_1 - z_2)$$

$$\Delta E_{PP} = -W(\vec{P})$$

استنتاج : يساوي تغير طاقة الوضع الثقالية لجسم مقابل شغل وزنه .

ملحوظة :

في حالة صعود الجسم : $z_2 > z_1$ يكون $\Delta E_{PP} > 0$ الجسم يكتسب طاقة وضع ثقالية .

في حالة صعود الجسم : $z_2 < z_1$ يكون $\Delta E_{PP} < 0$ الجسم يفقد طاقة وضع ثقالية .

# II-الطاقة الميكانيكية

## 1-تعريف :

تساوي الطاقة الميكانيكية لجسم صلب ، عند كل لحظة ، في معلم معين ، مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع الثقالية لهذا الجسم :

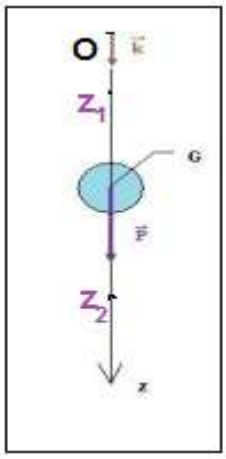
$$E_m = E_C + E_{PP}$$

وحدتها في النظام العالمي للوحدات الجول $(J)$ .

## 2-انحفاظ الطاقة الميكانيكية :

### 2-1-السقوط الحر :

ينتقل جسم صلب كتلته $m$ وهو خاضع لوزنه فقط ، بين موضعين $G_1$ أنسوبه $z_1$ و $G_2$ أنسوبه $z_2$




تغير الطاقة الميكانيكية :

$$\Delta E_m = E_{m_2} - E_{m_1}$$

$$\Delta E_m = E_{C_2} + E_{PP_2} - (E_{C_1} + E_{PP_1})$$

$$\Delta E_m = E_{C_2} - E_{C_1} + E_{PP_2} - E_{PP_1}$$

$$\Delta E_m = \Delta E_C + \Delta E_{PP}$$

حسب مبرهنة الطاقة الحركية :

$$\Delta E_C = W(\vec{P})_{G_1 \to G_2}$$

نعلم أن :

$$\Delta E_{PP} = -W(\vec{P})_{G_1 \to G_2}$$

وبالتالي نكتب :

$$\Delta E_C = -\Delta E_{PP}$$

أي:

$$\Delta E_m = 0$$

استنتاج : يكافئ تغير الطاقة الحركية للجسم تغير طاقة وضعه الثقالية .

خلاصة :

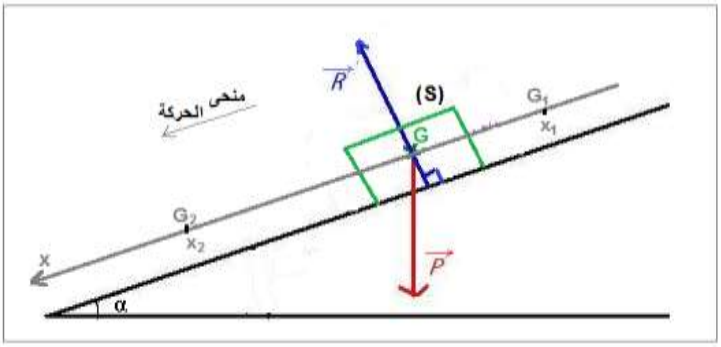
أثناء سقوط حر لجسم صلب ، تتحول طاقة وضعه الثقالية الى طاقة حركية والعكس صحيح ، في حين تبقى طاقته الميكانيكية ثابتة : $E_m = E_C + E_{PP} = \text{cte}$

### 2-2-انزلاق جسم صلب بدون احتكاك فوق مستوى مائل :

ينتقل مركز قصور جسم صلب كتلته $m$ فوق مستوى مائل ، من الموضع $G_1$ أفصوله $x_1$ إلى الموضع $G_2$أفصوله $x_2$ .

Moutamadris.ma

تغير الطاقة الميكانيكية :




$$\Delta E_m = E_{m_2} - E_{m_1}$$

$$\Delta E_m = E_{C_2} + E_{PP_2} - (E_{C_1} + E_{PP_1})$$

$$\Delta E_m = E_{C_2} - E_{C_1} + E_{PP_2} - E_{PP_1}$$

$$\Delta E_m = \Delta E_C + \Delta E_{PP}$$

حسب مبرهنة الطاقة الحركية :

$$\Delta E_C = W(\vec{P})_{G_1 \to G_2} + W(\vec{R})_{G_1 \to G_2}$$

نعلم أن :

$$\Delta E_{PP} = -W(\vec{P})_{G_1 \to G_2}$$

وبالتالي نكتب :

$$\Delta E_m = W(\vec{R})_{G_1 \to G_2}$$

باعتبار التماس يتم بدون احتكاك فإن : $W(\vec{R})_{G_1 \to G_2} = 0$

ومنه :

$$\Delta E_m = 0$$

استنتاج : يكافئ تغير الطاقة الحركية تغير طاقة وضعه الثقالية .

خلاصة :

أثناء انزلاق جسم صلب بدون احتكاك فوق مستوى مائل ، تتحول طاقة وضعه الثقالية الى طاقة حركية والعكس صحيح ، في حين تبقى طاقته الميكانيكية ثابتة : $E_m = E_C + E_{PP} = \text{cte}$

## 3-عدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية :

في حالة انزلاق جسم صلب باحتكاك فوق مستوى مائل ، تغير الطاقة الميكانيكية يساوي شغل قوى الإحتكاك :

$$\Delta E_m = W(\vec{R})_{G_1 \to G_2} \neq 0$$

باعتبار قوى الإحتكاك مكافئة لقوة شدتها $\vec{f}$ ثابتة نكتب :

$$\Delta E_m = W(\vec{f})_{G_1 \to G_2} = -f.G_1G_2 < 0$$

ومنه : $\Delta E_m = E_{m_2} - E_{m_1} < 0$ $\quad E_{m_2} < E_{m_1}$

استنتاج :

تنقص الطاقة الميكانيكية للجسم أثناء الحركة بفعل قوى الإحتكاك $\Delta E_m < 0$ .

يرجع عدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية لجسم صلب خاضع لقوى الإحتكاك الى تحول جزء من الطاقة الميكانيكية الى طاقة حرارية $Q$ حيث :

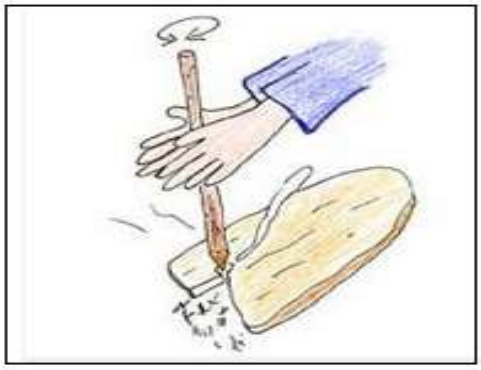
$$Q = -W(\vec{f})_{G_1 \to G_2}$$

خلاصة :

يساوي تغير الطاقة الميكانيكية للجسم مقابل الطاقة الحرارية : $\Delta E_m = -Q$

# الشغل والطاقة الداخلية
# *travail et energie interne*

## *I*-مفاعيل الشغل المكتسب من طرف مجموعة :



### 1-ارتفاع درجة الحرارة :

استخدم الإنسان في عصور ماقبل التاريخ أساليب بدائية لتسهيل حياته منها إشعال النار عن طريق الاحتكاك بين قطعتين خشبيتين .

تظهر الطاقة المكتسبة بالشغل في هذه الحالة على شكل ارتفاع درجة الحرارة (اشتعال النار) .

خلاصة :

عند منح مجموعة طاقة بالشغل يمكنه أن يرفع درجة الحرارة لهذه المجموعة .

### 2-تغير الحالة الفيزيائية :

أثناء انزلاق المتزحلق فوق الجليد تظهر قطرات من الماء بين الزلاجة والجليد وبالتالي حدث تحول في الحالة الفيزيائية للماء بفعل اشتغال قوى الاحتكاك .

خلاصة :

إن منح طاقة بالشغل لمجموعة ما قد يغير حالتها الفيزيائية ، فتتغير الطاقة الحركية المجهرية للدقائق المكونة للمادة .

### 3-التشوه المرن :

في رياضة الرماية بالقوس ، يطبق الرياضي قوة على الوتر فيطال وعند تحريره يسعى الوتر الى الرجوع الى حالتة البدئية قاذفا السهم .

قذف السهم يدل على أن شغل القوى التي طبقها الرياضي اكسب الوتر المشوه طاقة .

خلاصة :

عند منح طاقة بالشغل الى مجموعة مرنة ، تتشوه هذه الأخيرة ، فتكتسب طاقة تبقى مخزونة فيها طالما بقيت مشوهة .

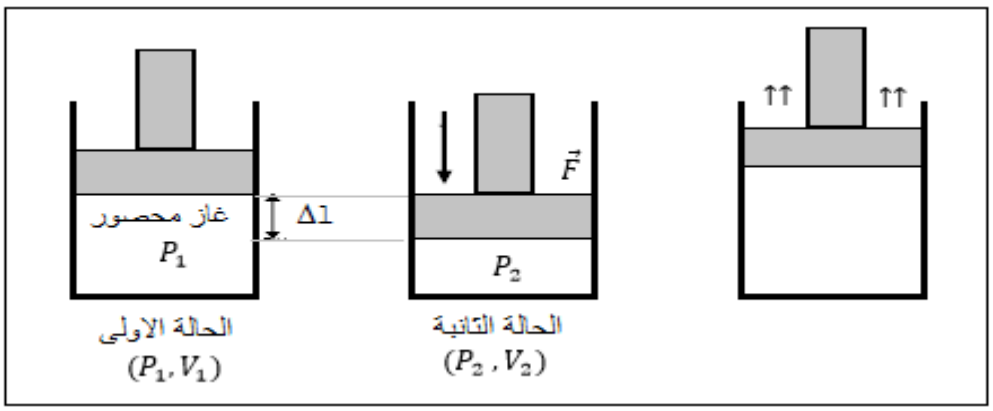
## 4-ضغط الغاز :

### 4-1-انضغاط غاز :

نعتبر كمية من غاز محجوز داخل أسطوانة كظيمة ومسدودة بمكبس كظيم محكم السد ، نطبق على هذا الأخير قوة $\vec{F}$ عند تحرير المكبس يتمدد الغاز لينتقل المكبس الى وضعه البدئي ، مما يدل على أن كمية الغاز كانت تتوفر على طاقة حين تواجدها في الحالة الثانية ، وأن القوى الضاغطة أنجزت شغلا .

خلاصة :

يمكن للطاقة المكتسبة بالشغل من طرف مجموعة أن تحدث ارتفاع ضغط المجموعة عندما يتعلق الأمر بغاز .




### 4-2-شغل القوة الضاغطة :

الشغل الذي تنجزه القوة $\vec{F}$ يكتب : $W(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{\Delta l} = F.\Delta l$

لدينا $P_2$ ضغط الغاز في الحالة الثانية إذن : $F = P_2.S$

وبالتالي :

$$W(\vec{F}) = F.S.\Delta l = P_2.\Delta V \Longrightarrow W(\vec{F}) = P_2(V_1 - V_2)$$

## 5-خلاصة :

يمكن للطاقة المكتسبة بالشغل من طرف مجموعة أن ترفع طاقتها الحركية أو طاقة وضعها الثقالية ، كما يمكنها ، حسب طبيعة المجموعة ، أن تحدث تحولات مختلفة :

- تغير درجة الحرارة.
- تغير الحالة الفيزيائية للجسم.
- التشوه المرن بالنسبة لمجموعة مرنة (نابض وتر قوس ....).

- ارتفاع الضغط

في كل هذه الحالات ، الطاقة المنقولة تختزن في المجموعة وتسمى الطاقة الداخلية .

## II-الطاقة الداخلية :

### 1-تعريف :

نسمي الطاقة الداخلية لمجموعة معزولة ميكانيكيا والتي نرمز لها ب $U$ مجموع طاقتها الحركية المجهرية وطاقة الوضع للتأثير البيني المجهرية :

$$U = \xi_C + \xi_p$$

وحدة الطاقة في $(S.I)$ هي الجول $J$ .

### 2-الطاقة الحركية المجهرية :

توجد مختلف الدقائق المكونة للمادة (أيونات ، جزيئات ، ذرات...) في ارتجاج مستمر وغير مرتب ، ومنه تكون لجميع الدقائق طاقة حركية ، تسمى الطاقة الحركية المجهرية $\xi_C$ وهي مجموع الطاقات الحركية لهذه الدقائق .

### 3-طاقة الوضع المجهرية :

#### 3-1-طاقة الوضع المجهرية :

هي نتيجة المواقع النسبية للدقائق فيما بينها والتي توجد بيني وخاصة خلال التحولات الحالة الفيزيائية أو إثر التفاعلات الكيميائية .

#### 3-2-طاقة الربط :

تتعلق هذه الطاقة بالتأثيرات البينية التي تضمن استقرار البنيان الجزيئي والتي نعتبرها طاقة الربط .

## III-تغير طاقة الداخلية :

### 1-تبادل الطاقة مع المحيط الخارجي :

#### 1-1-انتقال الطاقة بالحرارة :

ينتج تسخين الماء في وعاء تزايد في ارتجاج جزيئاته ، فتتزايد الطاقة الحركية المجهرية وبالتالي تتزايد الطاقة الداخلية $U$ للماء . في هذه الحالة يساوي تغير الطاقة الداخلية $\Delta U$ كمية الطاقة التي تم تبادلها وتسمى كمية الحراة ، يرمز لها ب $Q$ ويعبر عنها بالجول ، حيث $\Delta U = Q$ .

### 2-1-انتقال الطاقة بالشغل :

عندما تخضع مجموعة الى قوى خارجية عيانية تنجز شغلا $W$ ، فإن المجموعة تتبادل الطاقة مع المحيط الخارجي ، في هذه الحالة يساوي تغير الطاقة الداخلية $\Delta U$ كمية الطاقة التي تم تبادلها ونسميها شغلا ،حيث $\Delta U = W$ .

## 2-انتقال الشغلوالحرارة : المبدأ الأول للترموديناميك ***thermodynamique*** :

### 2-1-نص المبدأ :

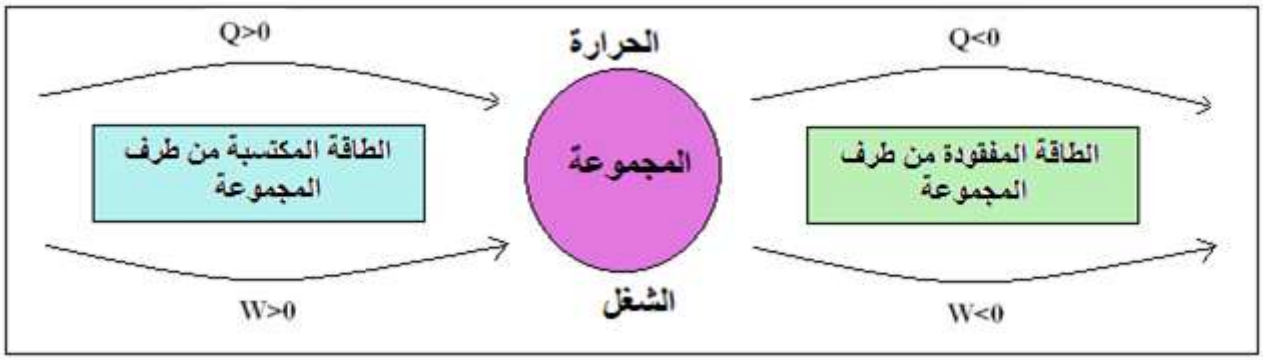
تغير الطاقة الداخلية لمجموعة أثناء تحول ما ، يساوي مجموع الطاقات المتبادلة مع المحيط الخارجي :

$$\Delta U = Q + W$$

### 2-2-الإشارات الإصطلاحية :

يعتبر الشغل موجبا $(W > 0)$ إذا اكتسبت المجموعة طاقة من المحيط الخارجي بالشغل ، ويعتبر الشغل سالبا $(W < 0)$ إذا منحت المجموعة طاقة من المحيط الخارجي بالشغل .

كما تعتبر كمية الحرارة موجبة $(Q > 0)$ إذا اكتسبت المجموعة طاقة بالحرارة من المحيط الخارجي ، وتكون سالبة $(Q < 0)$ في الحالة المعاكسة .




### 3-3-التحول الحلقي :

نقول إن مجموعة تنجز تحولا حلقيا أو مغلقا إذا كانت حالتها النهائية مماثلة للحالة البدئية : $\Delta U = U_f - U_i = 0$

وبالتالي : $W + Q = 0$ ومنه : $W = -Q$ .

هناك تكافؤ بين الشغل والحرارة المتبادلتين من طرف المجموعة ( إذا اكتسبت الطاقة على شكل شغل فإنها تمنحها على شكل حرارة والعكس صحيح ) ويحدث هذا التحول الحلقي في مختلف الأجهزة العملية كمحرك السيارة والثلاجة ...

Moutamadris.ma

# الطاقة الحرارية -الإنتقال الحراري
# Energie thermique--transfert thermique

## I-الإنتقال الحراري

### 1-تعريف :

الإنتقال الحراي هو انتقال الطاقة بالحرارة من جسم ساخن (أو مجموعة ساخنة) الى جسم بارد (أو مجموعة باردة ) تسمى الطاقة الحرارية التي نعبر عنها بالحرف $Q$ وحدتها الجول $(J)$.

### 2-طرق الإنتقال الحراري :

- الإنتقال بالتوصيل : transfert par conduction

نسخن أحد طرفي عارضة فلزية فنلاحظ أن الطرف الآخر يسخن بسرعة ، نقول إن العارضة الفلزية توصل الحرارة . نتحدث عن انتقال حراري بالتوصيل .

- الإنتقال بالحمل : transfert par convection

نضيف قطعا من نشارة الخشب الى كمية من الماء في حوجلة ، ثم نسخن الماء .عندما يبدأ الماء يسخن نلاحظ هبوط نشارة الخشب (الماء البارد) وصعودها (الماء الساخن)، أي أن الماء البارد ينزل ليحل محله الماء الساخن . وهكذا يحدث تيار مائي ، فيسمى هذا الإنتقال بالحمل الحراري .

- الإنتقال بالإشعاع : Transfert par rayonnement

ترسل الشمس أشعة ضوئية لتصل الى الأرض . كما أن كل جسم ساخن يبعث أشعة تسمح بانتقال الحرارة منه الى جسم آخر ، نتحدث عن انتقال الحرارة بالإشعاع .

## II-الحرارة الكتلية la masse massique

### 1-كمية الحرارة : الطاقة الحرارية

كمية الحرارة هي الكيفية التي تنتقل بها الطاقة والي تهم البنية المجهرية للجسم .

عندما تتغير درجة حرارة جسم ذي كتلة $m$ من $\theta_i$ الى $\theta_f$ يتبادل هذا الجسم كمية من الحرارة $Q$ بحيث :

$$Q = m.c.(\theta_f - \theta_i)$$
$$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$$
$$(J) \quad (kg) \quad (°C \text{ أو } K)$$

$c$ : ثابتة تتعلق بطبيعة الجسم وتسمى الحرارة الكتلية للجسم وحدتها $(J.kg^{-1}.K^{-1})$ أو $(J.kg^{-1}.°C^{-1})$

## 2-الحرارة الكتلية و السعة الحرارية :

### تعريف 1:

تساوي الحرارة الكتلية $c$ لجسم كمية الحرارة التي يجب توفيرها لوحدة كتلة هذا الجسم وذلك لرفع درجة حرارته بالقيمة $1°C$ ، دون تغيير حالته الفيزيائية .

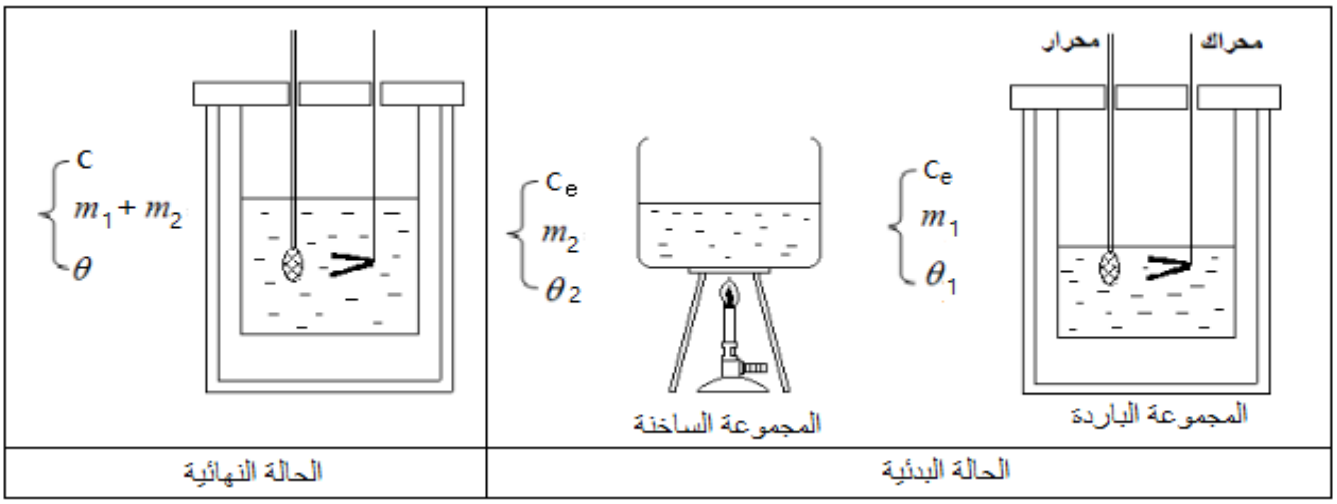
### تعريف 2 :

نسمي الجداء $\mu_c = m.c$ السعة الحرارية للجسم ويمثل كمية الحرارة التي يجب توفيرها للجسم وذلك لرفع درجة حرارته بالقيمة $1°C$ ، دون تغيير حالته الفيزيائية .

## 3-تطبيقات :

### 3-1-تعيين السعة الحرارية لمسعر :

نضيف الى مسعر يحتوي كتلة $m_1$ من الماء عند درجة الحرارة $\theta_1$ ، كتلة $m_2$ من ماء ساخن درجة حرارته $\theta_2$ . نحرك الخليط . بعد مدة وجيزة تستقر درجة الحرارة عند القيمة $\theta$ نقول أننا حصلنا على توازن حراري داخل المسعر .




- اكتسبت المجموعة $(S_1)$ المكونة من المسعر والكتلة $m_1$ من الماء ، كمية الحرارة $Q_1$ :

$$Q_1 = m_1.c_e(\theta - \theta_1) + \mu_C(\theta - \theta_1)$$

$c_e$ : الحرارة الكتلية للماء ، $\mu_C$ : السعة الحرارية للمسعر .

- فقدت المجموعة $(S_2)$ المكونة من الكتلة $m_2$ من الماء كمية من الحرارة $Q_2$ :

$$Q_2 = m_2.c_e(\theta - \theta_2)$$

- باعتبار المسعر حافظة كظيمة ، فإننا نعبر عن التوازن الحراري بالعلاقة : $Q_1 + Q_2 = 0$

$$m_1.c_e(\theta - \theta_1) + \mu_C(\theta - \theta_1) + m_2.c_e(\theta - \theta_2) = 0$$

$$(m_1.c_e + \mu_C)(\theta - \theta_1) = m_2.c_e(\theta_2 - \theta)$$

Moutamadris.ma

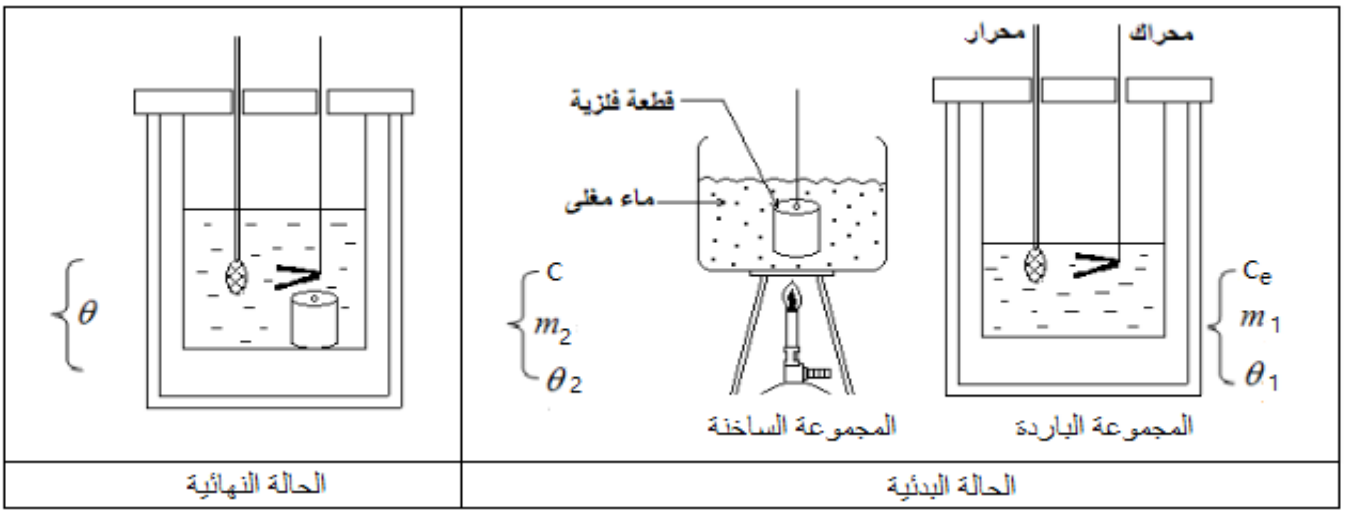
$$\mu_C = \frac{m_2.c_e(\theta_2 - \theta)}{\theta - \theta_1} - m_1.c_e$$

## 3-2-تعيين الحرارة الكتلية لفلز :

بواسطة ميزان نحدد الكتلة $m_1$ للماء البارد ، ندخل الكتلة $m_1$ في مسعر ، عند التوازن الحراي تستقر درجة حرارة المجموعة عند $\theta_1$ .

ندخل جسم فلزي كتلته $m_2$ في ماء مغلي درجة حرارته $\theta_2$ .

نخرج الجسم الفلزي من الماء المغلي ويدخل في حينه في المسعر الذي يتم غلقه . يحرك الماء قليلا . وعند اسقرار درجة الحرارة الخليط ، نسجل درجة الحرارة النهائية $\theta$ .




❖ تكتسب المجموعة الباردة المكونة من المسعر والماء كميةالحرارة $Q_1$ :

$$Q_1 = (m_1.c_e + \mu_c)(\theta - \theta_1)$$

❖ تفقد المجموعة الساخنة المكونة من الجسم الفلزي كمية الحرارة $Q_2$ :

$$Q_2 = m_2.c(\theta - \theta_2)$$

❖ المسعر حافظة كظيمة نكتب : $Q_1 + Q_2 = 0$

$$(m_1.c_e + \mu_c)(\theta - \theta_1) + m_2.c(\theta - \theta_2) = 0$$

$$m_2.c(\theta - \theta_2) = (m_1.c_e + \mu_c)(\theta_1 - \theta)$$

$$c = \frac{(m_1.c_e + \mu_c)(\theta - \theta_1)}{m_2(\theta - \theta_2)}$$

Moutamadris.ma

## III- الحرارة الكامنة لتغير الحالة الفيزيائية للجسم الخالص :

### 1-الإنصهار والتجمد :

✓ الإنصهار هي ظاهرة تحول جسم خالص من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة عند درجة حرارة ثابتة $\theta_f$ تسمى درجة حرارة الإنصهار .

الحرارة الكامنة $L_f$ لانصهار جسم صلب خالص ، هي كمية الحرارة التي يجب توفيرها لوحدة كتلة هذا الجسم ، عند درجة حرارة الإنصهار $\theta_f$ و تحت نفس الضغط ، لتحويله كليا الى الحالة السائلة :

$$(J) \leftarrow \boxed{Q = m.L_f} \rightarrow (J.kg^{-1})$$
$$\downarrow$$
$$(kg)$$

✓ التجمد هو الظاهرة العكسية للانصهار ، بحيث $Q' = m.L_s$

$L_s$ : الحرارة الكامنة للتجمد وهي مرتبطة بالحرارة الكامنة للإنصهار بالعلاقة : $L_s = -L_f$

### 2-التبخير والتكاثف :

✓ التبخر هو ظاهرة تحول جسم خالص من الحالة السائلة الى الحالة الغازية عند درجة حرارة ثابته $\theta_V$

لتكن $Q$ كمية الحرارة التي يجب توفيرها لسائل لتحويله كليا الى بخار عند درجة حرارة معينة ، بحيث يكون ضغط البخار المشبع ثابتا : $Q = m.L_V$ حيث $L_V$ : الحرارة الكامنة للتبخير .

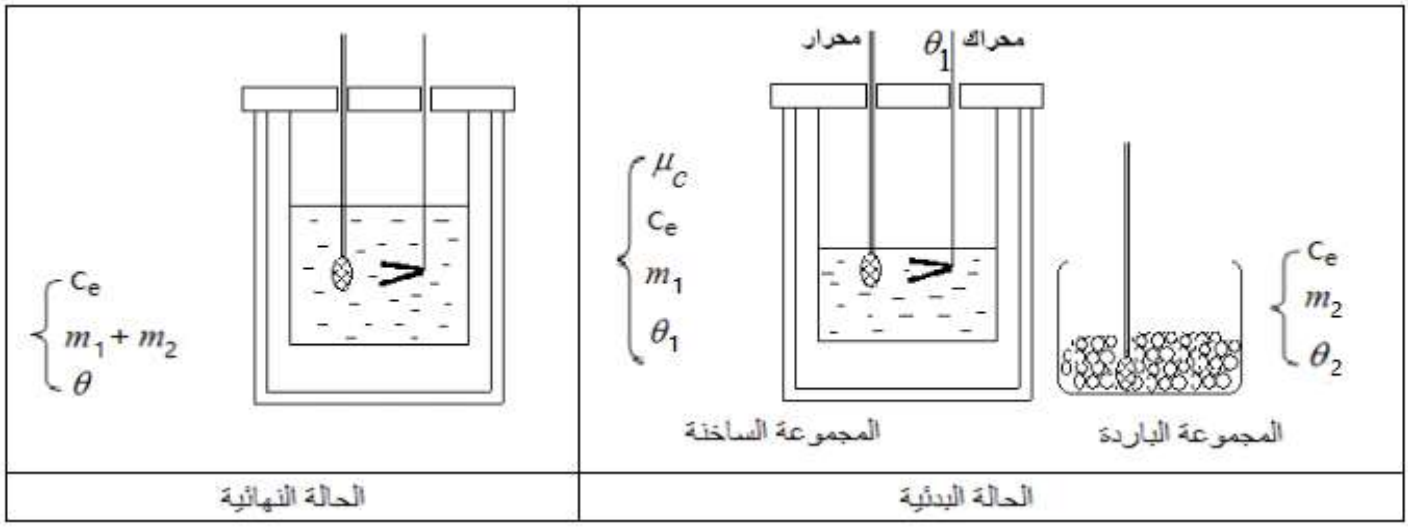
✓ التكاثف هو الظاهرة العكسية للتبخير ، بحيث : $Q' = m.L_\ell$ أي : $L_\ell = -L_V$

### 3-تطبيق : تعيين الحرارة الكامنة لانصهار الجليد :

نترك مكعبات جليد تنصهر جزئيا في إناء ، ثم ندخلها بعد تجفيفها بورق الترشيح في مسعر يحتوي على ماء كتلته $m_1$ و درجة حرارته $\theta_1$ . نحدد كتلة الجليد $m_2$ بقياس كتلة المسعر قبل وبعد إدخال الجليد .

نحرك الخليط وعند التوازن الحراري تستقر درجة الحرارة في المسعر عند القيمة $\theta$ .

Moutamadris.ma




❖ فقدت المجموعة الساخنة والمكونة من المسعر والكتلة $m_1$ من الماء ، كمية الحرارة $Q_1$ :

$$Q_1 = (m_1.c_e + \mu_c)(\theta - \theta_1)$$

❖ اكتسبت المجموعة الباردة المكونة من الجليد الذي تحول الى ماء كتلته $m_2$ ، كمية الحرارة $Q_2$ :

$$Q_2 = m_2.c_e(\theta - \theta_0) + m_2.L_f$$

❖ بما أن المسعر حافظة كظيمة ، فإن المعادلة المسعرية تكتب : $Q_1 + Q_2 = 0$

$$(m_1.c_e + \mu_c)(\theta - \theta_1) + m_2.c(\theta - \theta_0) + m_2.L_f = 0$$

$$L_f = \frac{(m_1.c_e + \mu_c)(\theta_1 - \theta) + m_2.c(\theta_0 - \theta)}{m_2}$$

Moutamadris.ma