3 الشغل و الطاقة الحركية

1 تعريف الطاقة الحركية

- حالة جسم صلب في إزاحة

الطاقة الحركية لجسم صلب في إزاحة تساوي نصف جداء كتلته و مربع سرعته:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

- حالة جسم صلب في دوران

الطاقة الحركية لجسم صلب في دوران تساوي نصف جداء عزم قصوره و مربع سرعته الزاوية:

$$E_c = \frac{1}{2}J_\Delta\omega^2$$

يعرف عزم القصور لجسم صلب بالنسبة لمحور الدوران Δ بالعلاقة العامة: $J_\Delta = \Sigma m_i r_i^2$

مثال: تعبير عزم القصور لأسطوانة بالنسبة لمحورها هو:

$J_\Delta = \frac{1}{2}mR^2$ ، m كتلتها و R شعاعها

وحدة الطاقة الحركية هي الجول (J).

2 مبرهنة الطاقة الحركية (م.ط.ح)

في معلم غاليلي، تغير الطاقة الحركية لجسم صلب ، في إزاحة أو دوران، بين لحظتين،يساوي المجموع الجبري لأشغال كل القوى الخارجية المطبقة عليه بين هاتين اللحظتين:

$$\Delta E_c = E_{c2} - E_{c1} = \Sigma W(\vec{F}_{ext})$$

3 الطريقة المنهجية لتطبيق م.ط.ح

- ✓ يحدد أولا الجسم المدروس أو المجموعة المدروسة،
- ✓ تجرد القوى المطبقة عليه (ها)،
- ✓ تحدد الحالتان البدئية و النهائية،
- ✓ تطبق المبرهنة في معلم غاليلي (معلم أرضي غالبا) مع الانتباه لنوع الحركة (إزاحة أم دوران):
  - في حالة الإزاحة:

$$\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \Sigma W(\vec{F}_{ext})$$

  - في حالة الدوران:

$$\frac{1}{2}J_\Delta\omega_2^2 - \frac{1}{2}J_\Delta\omega_1^2 = \Sigma W(\vec{F}_{ext})$$

- ✓ يستنتج من هذه العلاقة المقدار المجهول المطلوب: سرعة، مسافة، شدة قوة، عزم...

Moutamadris.ma

4 الشغل و طاقة الوضع الثقالية
الطاقة الميكانيكية

1 تعريف طاقة الوضع الثقالية

في مجال الثقالة الأرضي، يتوفر جسم على طاقة بسبب التأثير البيني بينه و بين الأرض. و تسمى طاقة الوضع الثقالية.

تعبيرها هو:

$$E_p = mgz + Cte \quad (J)$$

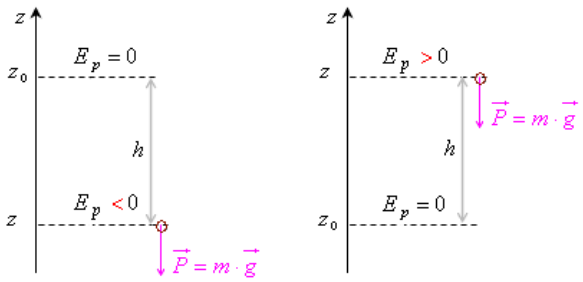
حيث z أنسوب مركز قصور الجسم على محور رأسي موجه نحو الأعلى و Cte ثابتة تتعلق قيمتها باختيار الحالة المرجعية حيث تعتبر طاقة الوضع الثقالية منعدمة.

◄ ملحوظة:

إذا كان z_0 أنسوب المستوى الأفقي الذي اختير كحالة مرجعية لطاقة الوضع الثقالية، فإن عند $z = z_0$: $E_p = 0$

$$\leftarrow \quad Cte = -mgz_0$$

و يمكن أن نكتب: $E_p = mg(z - z_0) = \pm mgh$



طاقة الوضع مقدار جبري

2 تغير طاقة الوضع الثقالية

تغير طاقة الوضع الثقالية لجسم بين موضعين مستقل عن اختيار الحالة المرجعية لطاقة الوضع الثقالية، و لا يتعلق إلا بالموضعين البدئي و النهائي:

$$\Delta E_p = E_{p2} - E_{p1} = mg(z_2 - z_1)$$

3 شغل الوزن و طاقة الوضع الثقالية

تغير طاقة الوضع الثقالية لجسم بين موضعين يساوي مقابل شغل وزنه بين هاذين الموضعين :

$$\Delta E_p = -W_{1\to 2}(\vec{P})$$

4 تعريف الطاقة الميكانيكية

لجسم يتحرك في مجال الثقالة طاقة حركية و طاقة وضع ثقالية. مجموعهما يحدد طاقته الميكانيكية:

$$E_m = E_c + E_p \quad (J)$$

- في حالة الإزاحة:

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + mgz + Cte$$

- في حالة الدوران:

$$E_m = \frac{1}{2}J_\Delta \omega^2 + mgz + Cte$$

5 تغير الطاقة الميكانيكية

تغير الطاقة الميكانيكية لجسم بين موضعين يساوي المجموع الجبري لأشغال القوى المطبقة عليه باستثناء وزنه:

$$\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_p = W$$

– في الحالة $W = 0$: $\Delta E_m = 0 \rightarrow E_m = Cte$

تنحفظ الطاقة الميكانيكية في هذه الحالة.

– في الحالة $W < 0$ (حالة قوى مقاومة): $\Delta E_m < 0$

تتناقص الطاقة الميكانيكية لتتحول تدريجيا إلى حرارة Q:

$$\Delta E_m = -Q$$

Moutamadris.ma

5 الشغل و الطاقة الداخلية

1 مفعول الشغل

- يمكن أن يؤدي اكتساب مجموعة طاقة عن طريق الشغل إلى:
  - ✓ ارتفاع في درجة حرارة المجموعة،
  - ✓ تغير في حالته الفيزيائية،
  - ✓ تشوه مرن في حالة مجموعة مرنة،
  - ✓ انضغاط في حالة غاز.
- انتقال الطاقة عن طريق الشغل يغير الطاقة الداخلية للمجموعة.

2 تعريف الطاقة الداخلية

الطاقة الداخلية لمجموعة تساوي مجموع الطاقة الحركية المجهرية للدقائق المكونة للمجموعة (ذرات، جزيئات...) الناتجة عن الارتجاج الحراري، و طاقة وضع مجهرية ناتجة عن التأثيرات البينية للدقائق. و تعبيرها هو:

$$U = E_{c\ mic} + E_{p\ mic}$$

3 تغير الطاقة الداخلية

- **المبدأ الأول للترموديناميك**

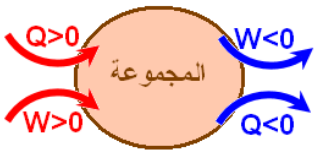
خلال تحول ما، تغير الطاقة الداخلية لمجموعة يساوي المجموع الجبري للشغل و الطاقة الحرارية المتبادلين مع المحيط الخارجي:

$$\Delta U = W + Q$$

- **الإشارات الاصطلاحية**

W و Q مقداران جبريان:

- نعتبرهما موجبين في حالة الاكتساب،
- و سالبين في حالة الفقدان.



- **حالة تحول حلقي**

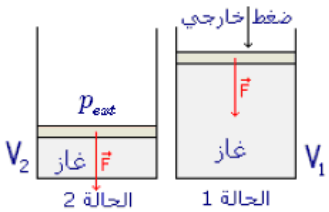
تحول مجموعة حلقي إذا كانت حالتها النهائية مماثلة لحالتها البدئية. تغير الطاقة الداخلية لمجموعة في تحول حلقي منعدم:

$$\Delta U = 0$$

- **مثال في حالة غاز**

غاز محصور بداخل أسطوانة ذات مكبس. يمكن تغيير الطاقة الداخلية للغاز بطريقتين:

– تغير الحجم بدون تبادل حراري:



بالضغط على الغاز بتحريك المكبس

$$\Delta U = W$$

حيث W شغل القوة الضاغطة، و تعبيره:

$$W = -p_{ext} \cdot (V_2 - V_1)$$

- في حالة انضغاط $W > 0$: الغاز يكتسب شغلا .
- في حالة تمدد $W < 0$: الغاز ينجز شغلا .

Moutamadris.ma

– تبادل حراري بدون تغير في الحجم:

بتسخين الغاز بدون تحريك المكبس

$$\Delta U = Q$$

حيث Q الطاقة الحرارية المتبادلة.

Moutamadris.ma

6 الطاقة الحرارية و الانتقال الحراري

1 تعريف الانتقال الحراري

- الانتقال الحراري هو انتقال الطاقة بين جسمين درجتا حرارتهما مختلفتان. تنتقل الحرارة من الجسم الأكثر سخونة إلى الجسم الأكثر برودة .
- يؤدي الانتقال الحراري إلى تغير في درجة الحرارة لجسم، كما يمكنه أن يحدث تغيرا في الحالة الفيزيائية عند درجة حرارة ثابتة.

2 أنماط الانتقال الحراري

التوصيل الحراري	يتم الانتقال الحراري عبر جسم موصل للحرارة، بدون انتقال المادة.
الحمل الحراري	يتم الانتقال الحراري في وسط مائع، بانتقال المادة.
الإشعاع الحراري	يتم الانتقال الحراري، في وسط مادي أو في الفراغ ، عبر إشعاعات (مرئية أو غير مرئية) يبعثها جسم ساخن ليمتصها جسم بارد.

3 الانتقال الحراري بدون تغير في الحالة الفيزيائية

- **تعبير كمية الحرارة**

كمية الحرارة هي الطاقة الحرارية التي يكتسبها أو يفقدها جسم، و هي تتناسب اطرادا مع كتلته و مع تغير درجة حرارته:

$$Q = c.m.(\theta_2 - \theta_1)$$

معامل التناسب c يتعلق بطبيعة المادة المكونة للجسم و يسمى **الحرارة الكتلية** .

- **الحرارة الكتلية**

$$c = \frac{Q}{m.\Delta\theta}$$

الحرارة الكتلية لجسم تساوي عدديا كمية الحرارة اللازمة لتغيير درجة الحرارة بدرجة واحدة لكتلة تساوي $1\,kg$ من هذا الجسم. وحدتها هي $J.kg^{-1}.K^{-1}$ أو $J.kg^{-1}.°C^{-1}$

◄ **ملحوظة هامة**

في الحالة الخاصة لغاز، يميز بين الحرارة الكتلية تحت ضغط ثابت و رمزها c_p و الحرارة الكتلية عند حجم ثابت و رمزها c_V .

- **السعة الحرارية**

$$\mu = m.c$$

السعة الحرارية لجسم تساوي عدديا كمية الحرارة اللازمة لتغيير درجة الحرارة بدرجة واحدة لكتلة m من هذا الجسم. وحدتها هي $J.K^{-1}$ أو $J.°C^{-1}$

السعة الحرارية لمجموعة مكونة من عدة أجسام تساوي مجموع سعاتها:

$$\mu = \sum_{i=1}^{n} \mu_i$$

Moutamadris.ma

4 الانتقال الحراري مع تغير في الحالة الفيزيائية

حرارة تغير الحالة لجسم

عند تغير الحالة الفيزيائية لجسم خالص تبقى درجة حرارته ثابتة، و كمية الحرارة المتبادلة بين هذا الجسم و المحيط الخارجي خلال هذا التغير تتناسب اطرادا مع كتلته:

$$Q = L.m$$

معامل التناسب L يتعلق بطبيعة المادة المكونة للجسم و بنوع التحول و يسمى **الحرارة الكامنة لتغير الحالة**.

وحدته هي $J.kg^{-1}$.

– في حالتي الانصهار و التبخر، الجسم **يكتسب** طاقة حرارية:

$$Q > 0$$

– في حالتي التجمد و الإسالة، الجسم **يفقد** طاقة حرارية:

$$Q < 0$$

الحرارة الكامنة لتغير الحالة

$$L = \frac{Q}{m}$$

الحرارة الكامنة لتغير الحالة (انصهار/ تجمد/تبخر/ إسالة...) تساوي عدديا الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة من طرف كتلة تساوي $1\,kg$ من هذا الجسم عند درجة حرارة و تحت ضغط ثابتين خلال حصول هذا التغير.

في حالة **الانصهار** $L = L_f$	في حالة **التجمد** $L = L_s$
$L_s = -L_f$	

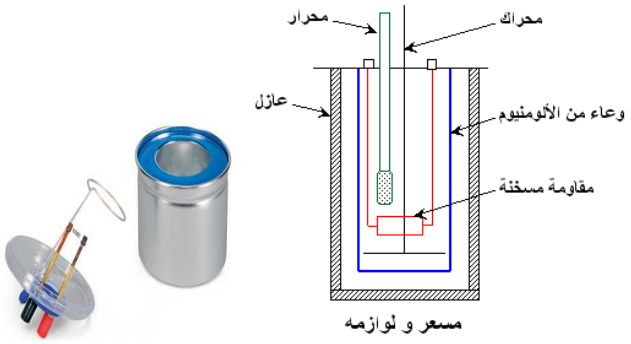
في حالة **التبخر** $L = L_v$	في حالة **الإسالة** $L = L_l$
$L_l = -L_v$	

5 قياسات مسعرية

المسعر

المسعر وعاء كظيم، أي يمنع التبادل الحراري مع المحيط الخارجي.

يستعمل المسعر في القياسات المسعرية التي تهدف إلى قياس كمية حرارة، قياس حرارة كتلية، قياس سعة حرارية ، قياس حرارة كامنة...



الحصيلة الحرارية – المعادلة المسعرية

نعتبر مجموعة كظيمة مكونة من جسمين A و B درجتا حرارتهما θ_A و θ_B بحيث $\theta_A > \theta_B$ مثلا.

تنتقل الحرارة تلقائيا من الجسم الساخن A إلى الجسم البارد B حتى يتحقق **التوازن الحراري** بينهما حيث تستقر درجة الحرارة على قيمة مشتركة بينهما θ بحيث:

$$\theta_B < \theta < \theta_A$$

كمية الحرارة Q_A التي يفقدها الجسم الساخن A و كمية الحرارة Q_B التي يكتسبها الجسم البارد B تحققان **المعادلة المسعرية** التالية:

$$Q_A + Q_B = 0$$

و تعمم هذه المعادلة على مجموعة كظيمة تتكون من عدة أجسام:

$$\sum_{i=1}^{n} Q_i = 0$$

Moutamadris.ma