

الشغل وطاقة الوضع الثقالية Travail et énergie potentielle de pesanteur

I - طاقة الوضع الثقالية

1 - مفهوم طاقة الوضع الثقالية

أ - مثال:

عندما يحترق الخيط يسقط الجسم تحت تأثير وزنه نقول إن الجسم يخزن طاقة تتعلق بموضعه في مجال الثقالة تسمى طاقة الوضع الثقالية.

ب - تعريف:

طاقة الوضع الثقالية لجسم في مجال الثقالة هي الطاقة التي يمتلكها الجسم نتيجة موضعه بالنسبة للأرض.

2 - صيغة طاقة الوضع الثقالية

نعتبر جسما صلبا في سقوط حر في مجال الثقالة، شغل وزن الجسم: $W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{P}) = mg(z_1 - z_2)$

$$= mgz_1 - mgz_2$$

نلاحظ أن شغل وزن الجسم يظهر كفرق لحددين:

✓ mgz_1 الذي يمثل طاقة الوضع الثقالية بالنسبة للجسم (S) عند الأنسوب z_1 ؛

✓ mgz_2 الذي يمثل طاقة الوضع الثقالية بالنسبة للجسم (S) عند الأنسوب z_2 .

نرمز لطاقة الوضع الثقالية بـ E_{pp} .

بصفة عامة نعرف طاقة الوضع الثقالية بالعلاقة :

حيث: C ثابتة اعتباطية تتعلق بالحالة المرجعية؛

z أنسوب مركز قصور الجسم.

$$J \rightarrow E_{pp} = mgz + C \leftarrow J$$

Kg N/Kg m

$$W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{P}) = mgz_1 - mgz_2 \text{ لدينا}$$

$$E_{pp1} = mgz_1 + C \Leftrightarrow mgz_1 = E_{pp1} - C$$

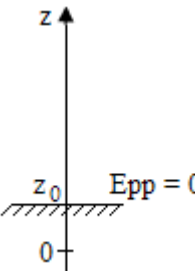
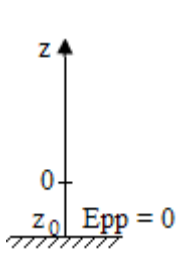
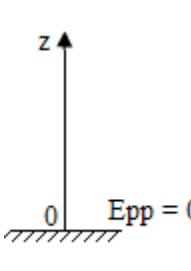
$$E_{pp2} = mgz_2 + C \Leftrightarrow mgz_2 = E_{pp2} - C$$

$$W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{P}) = E_{pp1} - E_{pp2} \text{ إذن:}$$

3 - الحالة المرجعية:

نسمي الحالة المرجعية لطاقة الوضع الثقالية الحالة التي نختارها اعتبارا حيث نُسند لطاقة الوضع الثقالية لجسم صلب في مجال الثقالة القيمة

$$E_{pp} = 0$$

الحالة المرجعية III	الحالة المرجعية II	الحالة المرجعية I
 $E_{pp} = mgz + C$ عند ح م : $E_{pp} = 0$ $z = z_0$ $0 = mgz_0 + C$ أي: $C = -mgz_0$ $E_{pp} = mg(z - z_0)$	 $E_{pp} = mgz + C$ عند ح م : $E_{pp} = 0$ $z = -z_0$ $0 = -mgz_0 + C$ أي: $C = mgz_0$ $E_{pp} = mg(z + z_0)$	 $E_{pp} = mgz + C$ عند ح م : $E_{pp} = 0$ $z = 0$ $0 = mg \times 0 + C$ أي: $C = 0$ $E_{pp} = mgz$

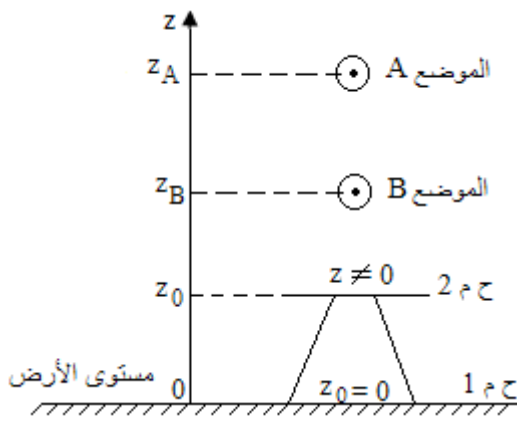
يمكن لطاقة الوضع الثقالية لجسم صلب في مجال الثقالة أن تكون موجبة أو سالبة حسب موضع الجسم بالنسبة للحالة المرجعية.

➤ إذا وُجد الجسم فوق الحالة المرجعية فإن $E_{pp} > 0$ ؛

➤ إذا وُجد الجسم تحت الحالة المرجعية فإن $E_{pp} < 0$.

II - تغير طاقة الوضع الثقالية

نعتبر سقوطا حراً لجسم صلب، ونقوم بتحديد تغير طاقة الوضع الثقالية بين موضعين A و B بالنسبة لحالتين مرجعيتين مختلفتين.



✓ الحالة المرجعية الأولى:

$E_{pp} = 0$ عند سطح الأرض ($z_0 = 0$)

$$E_{pp} = mgz$$

$$E_{pp_B} = mgz_B \quad \text{و} \quad E_{pp_A} = mgz_A$$

$$\Delta E_{pp} = E_{pp_B} - E_{pp_A} = mg(z_B - z_A)$$

✓ الحالة المرجعية الثانية:

$E_{pp} = 0$ عند مستوى الطاولة ($z_0 \neq 0$)

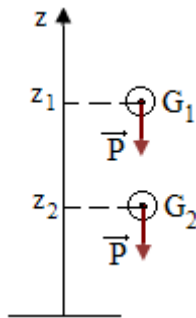
$$E_{pp} = mg(z - z_0)$$

$$E_{pp_B} = mg(z_B - z_0) \quad \text{و} \quad E_{pp_A} = mg(z_A - z_0)$$

$$\Delta E_{pp} = E_{pp_B} - E_{pp_A} = mg(z_B - z_A)$$

نلاحظ إذن أن تغير طاقة الوضع الثقالية لا يتعلق بالحالة المرجعية بل يتعلق فقط بالحالة البدئية والحالة النهائية.

III - علاقة تغير طاقة الوضع الثقالية لجسم في مجال الثقالة بشغل وزن الجسم



$$E_{pp1} = mgz_1 - mgz_0$$

$$E_{pp2} = mgz_2 - mgz_0$$

$$\Delta E_{pp} = E_{pp2} - E_{pp1} = mgz_2 - mgz_1 = mg(z_2 - z_1)$$

تغير طاقة الوضع الثقالية بين الموضعين G_1 و G_2 :

$$W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{P}) = mg(z_1 - z_2) \quad \text{لدينا:}$$

$$W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{P}) = -\Delta E_{pp} \quad \text{نستنتج إذن:}$$

عند انتقال الجسم في مجال الثقالة تتغير طاقة الوضع الثقالية لهذا الجسم بقدر شغل وزنه.

الطاقة الميكانيكية لجسم صلب
Energie mécanique d'un solide

I - مفهوم الطاقة الميكانيكية

1 - حالة انزلاق جسم صلب فوق مستوى مائل بدون احتكاك

أ - نشاط تجريبي:

العدة التجريبية:

نضد هوائي، خيال، ورق التسجيل، مولد الشرارات.

المناقلة:

* نميل النضد الهوائي بزاوية $\alpha = 6^\circ$ بالنسبة للمستوى الأفقي

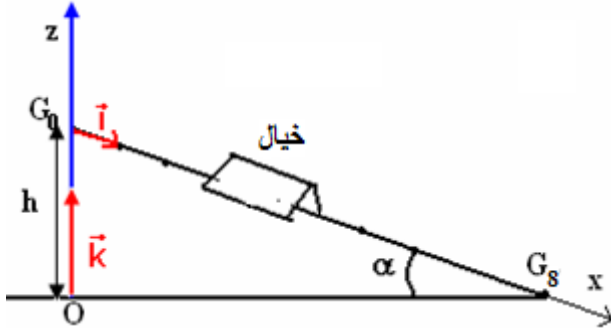
* نطلق الخيال ذا الكتلة m ، من أعلى نقطة من النضد الهوائي بدون

سرعة بدئية، ونسجل مواضع نقطة منه في مدد زمنية متساوية

ومتتالية قيمتها $\tau = 60\text{ms}$.

* تبرز الوثيقة أسفله، بالسلم الحقيقي، مثالا لجزء من التسجيل

المحصل عليه:



منحى الحركة

G_0 G_1 G_2 G_3 G_4 G_5 G_6 G_7 G_8 G_9

ب - استثمار:

1 - اوجد القوى المطبقة على الخيال أثناء حركته، أي منها تشتغل؟

2 - احسب سرعة الخيال V_i في الموضع G_i بحيث $0 < i < 9$ ، واستنتج قيم الطاقة الحركية للخيال الموافقة.

3 - نعتبر طاقة الوضع الثقالية E_{pp} للخيال منعدمة في المستوى الأفقي الذي يمر بالنقطة G_8 ، حيث أنسوب

هذه النقطة هو $z = 0$ ، احسب قيم E_{pp} بالنسبة للمواضع G_i .

4 - دون في جدول، بالنسبة لمختلف المواضع G_i ($0 < i < 9$)، قيم E_c ، قيم E_{pp} وقيم المجموع $E_c + E_{pp}$. نعطي:

$m = 250\text{g}$ ، $g = 9,8\text{ N/Kg}$

5 - مثل المنحنيات: $E_c = f(t)$ ، $E_{pp} = f(t)$ ، $E_c + E_{pp} = f(t)$. ماذا تستخلص؟

1 - جرد القوى:

✓ $\vec{P}$: وزن الخيال؛

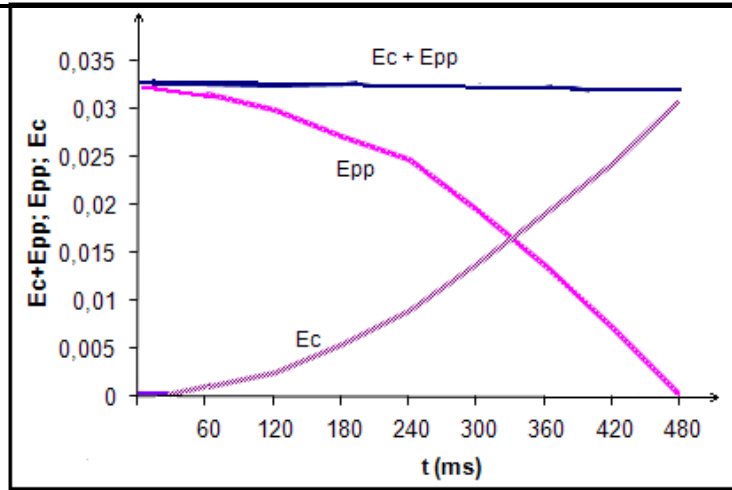
✓ $\vec{R}$: تأثير النضد الهوائي.

القوة التي تشتغل هي القوة $\vec{P}$ ، أما شغل القوة $\vec{R}$ فمنعدم لغياب الاحتكاك.

باقي الأجوبة فستدون في الجدول التالي:

$E_c + E_{pp}$	$E_{pp} = mgZ(J)$	$E_c = \frac{1}{2}mV^2(J)$	V (m/s)	Z (m)	موضع النقطة المتحركة G_i	t (s)
					G_1	
					G_2	
					G_3	
					G_4	
					G_5	
					G_6	
					G_7	
					G_8	

5 - تمثيل المنحنيات: $E_c = f(t)$ ، $E_{pp} = f(t)$ ، $E_c + E_{pp} = f(t)$



خلاصة:

يلعب المقدار $E_c + E_{pp}$ دورا مهما في الميكانيك، نسمي هذا المقدار الطاقة الميكانيكية ونعبر عنه بالرمز: E_m .

2 - تعريف:

تساوي الطاقة الميكانيكية لجسم صلب عند كل لحظة وفي معلم معين مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع الثقالية،

أي: $E_m = E_c + E_{pp}$.

وحدة الطاقة الميكانيكية في SI هي الجول: J

3 - انحفاظ الطاقة الميكانيكية

من خلال نتائج الجدول السابق، يتبين أن $E_m = E_c + E_{pp} = C^{te}$.

❖ نطبق مبرهنة الطاقة الحركية على الجسم أثناء انزلاقه فوق مستوى مائل بدون احتكاك بين موضعين A و B :

$$\Delta E_c = \sum_{A \rightarrow B} W(\vec{F})$$

$$= W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) + W_{A \rightarrow B}(\vec{R})$$

عند انعدام الاحتكاك: $W_{A \rightarrow B}(\vec{R}) = 0$

$$(1) \quad E_{cB} - E_{cA} = W_{A \rightarrow B}(\vec{P})$$

$$(2) \quad W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = -\Delta E_{pp} \quad \text{❖ حسب تغير طاقة الوضع الثقالية:}$$

$$E_{cB} - E_{cA} = -\Delta E_{pp} \quad \text{من (1) و (2) يتبين أن:}$$

$$E_{cB} - E_{cA} = -(E_{ppB} - E_{ppA})$$

$$= E_{ppA} - E_{ppB}$$

$$E_{cB} + E_{ppB} = E_{cA} + E_{ppA}$$

$$\text{إذن: } E_{m_A} = E_{m_B}$$

نقول في غياب الاحتكاك، قوة التماس قوى مُحافِظية لكونها لا تغير الطاقة الميكانيكية.

ملحوظة:

نفس النتيجة نحصل عليها عند حالة السقوط الحر لجسم صلب خاضع لتأثير وزنه فقط، حيث الوزن قوة مُحافِظية:

$$\Delta E_c = -\Delta E_{pp}$$

II - عدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية

1 - تغير الطاقة الميكانيكية

ينزلق جسم صلب (S) فوق مستوى مائل بزاوية α بالنسبة للمستوى الأفقي، التماس بين الجسم (S) والسطح المائل يتم باحتكاك.

بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية بين اللحظتين t_1 و t_2 نجد: $\Delta E_c = W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{P}) + W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{R})$

لدينا: $W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{P}) = -\Delta E_{pp}$

وبالتالي: $\Delta E_C = -\Delta E_{pp} + W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{R})$

ومنه: $\Delta E_C + \Delta E_{pp} = W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{R})$ أي: $\Delta E_m = W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{R})$

وبالتالي $W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{R}) < 0$ $\Delta E_m < 0$ ومنه $E_{m_2} < E_{m_1}$ (تتناقص الطاقة الميكانيكية).

الطاقة الميكانيكية للجسم لا تنحفظ، نقول إن قوى الاحتكاك قوى غير محافظة.

لدينا: $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{R}_T$
 $W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{R}) = W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{R}_N) + W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{f}) \iff$
 $= \vec{R}_N + \vec{f}$

ومنه: $W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{R}_N) = 0$
 $W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{R}) = W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{f})$

وبالتالي فإن: $\Delta E_m = W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{f})$

$W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{f})$ هو شغل القوة المكافئة لقوى الاحتكاك أثناء الانتقال.

يساوي تغير الطاقة الميكانيكية لجسم صلب في انزلاق باحتكاك على مستوى مائل شغل قوى الاحتكاك.

2 - تعليل:

خلال حركة الجسم (S) فوق المستوى المائل باحتكاك، تتناقص الطاقة الميكانيكية وينتج عن هذا التناقص، ارتفاع درجة حرارة سطحي التماس إذ يتحول جزء من الطاقة الميكانيكية إلى طاقة حرارية Q : $W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{f}) = -Q$

ومنه: $\Delta E_m = -Q$