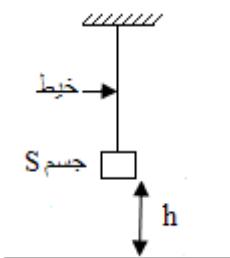


رشغل وطاقة الوضع الثقالية
Travail et énergie potentielle de pesanteur

I - طاقة الوضع الثقالية

1 - مفهوم طاقة الوضع الثقالية

أ - مثال:



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

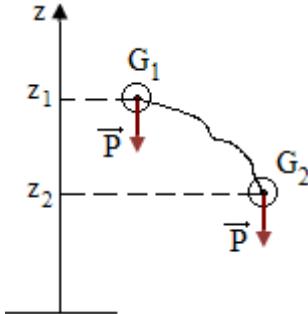
ب - تعريف:

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 لدين: ✓ 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.

$$E_{pp} = mgz + C$$

J → J Kg N/Kg m

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

$$E_{PP1} = mgz_1 + C \Leftrightarrow mgz_1 = E_{PP1} - C$$

$$E_{PP2} = mgz_2 + C \Leftrightarrow mgz_2 = E_{PP2} - C \quad \text{إذن:}$$

3 - الحالة المرجعية:

نسمى الحالة المرجعية لطاقة الوضع الثقالية الحالة التي نختارها اعتباطا حيث نسند لطاقة الوضع الثقالية لجسم صلب في مجال الثقالة القيمة

$$E_{PP} = 0$$

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

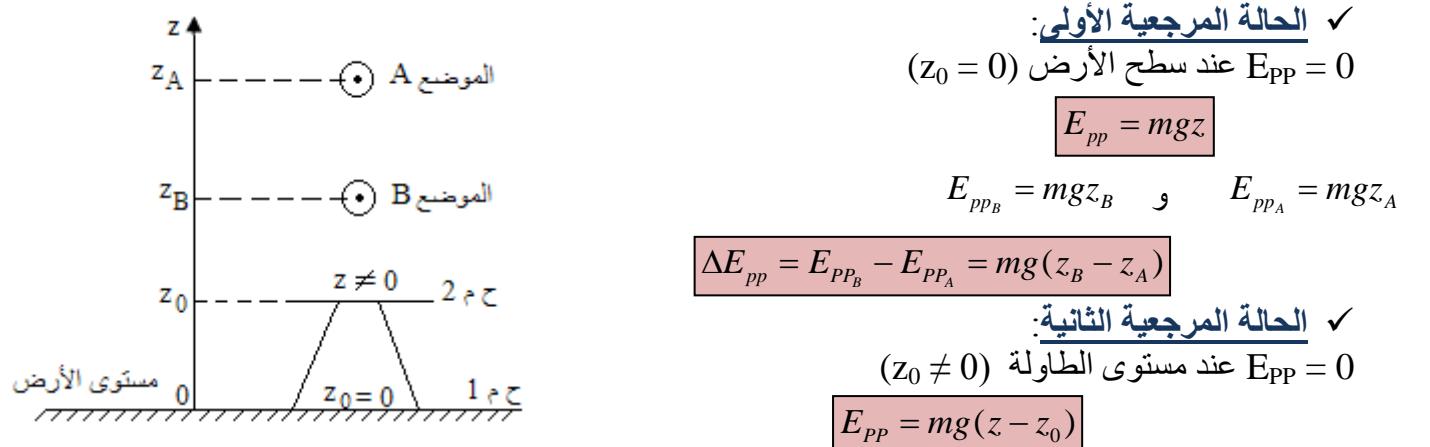
يمكن لطاقة الوضع الثقالية لجسم صلب في مجال الثقالة أن تكون موجبة أو سالبة حسب موضع الجسم بالنسبة للحالة المرجعية.

► إذا وجد الجسم فوق الحالة المرجعية فإن $E_{PP} > 0$;

► إذا وجد الجسم تحت الحالة المرجعية فإن $E_{PP} < 0$.

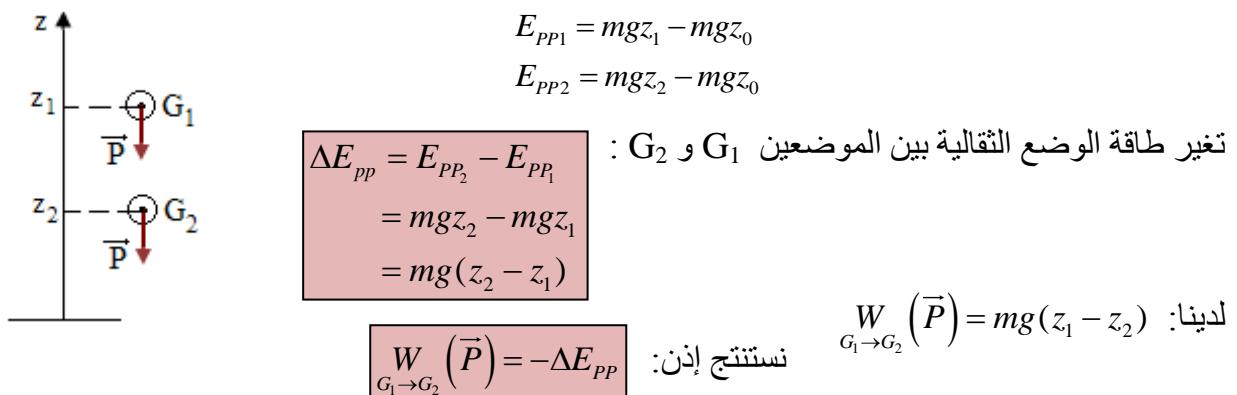
II - تغير طاقة الوضع الثقالية

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



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

III - علاقـة تغيـر طـاقـة الـوضـع الثـقاـلـية لـجـسـم فـي مـجـال الثـقاـلـة بـشـغـل وزـنـ الجـسـم



عـنـ اـنـتـقـالـ الجـسـم فـي مـجـالـ الثـقاـلـة تـتـغـيـرـ طـاقـةـ الـوضـعـ الثـقاـلـيةـ لـهـذـاـ الجـسـم بـقـدـرـ شـغـلـ وزـنـهـ.

طاقة الميكانيكية لجسم صلب

Energie mécanique d'un solide

I - مفهوم الطاقة الميكانيكية

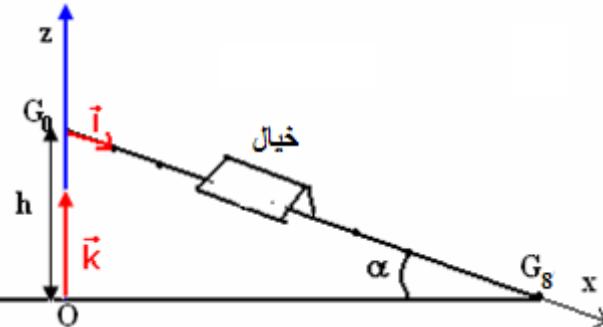
1 - حالة انزلاق جسم صلب فوق مستوى مائل بدون احتكاك

أ - نشاط تجاري:

العدة التجريبية:

نضد هوائي، خيال، ورق التسجيل، مولد الشرارات.

المناولة:

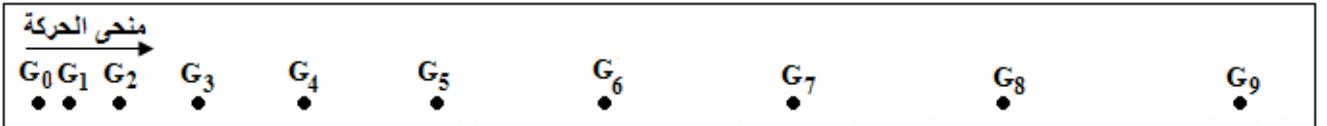


* نميل النضد الهوائي بزاوية $\alpha = 6^\circ$ بالنسبة للمستوى الأفقي

* نطلق الخيال ذا الكتلة m ، من أعلى نقطة من النضد الهوائي بدون سرعة بدئية، ونسجل مواضع نقطة منه في مدد زمنية متساوية

ومتناوبة قيمتها $60\text{ms} = \tau$.

* تبرز الوثيقة أسفله، بالسلم الحقيقي، مثلاً لجزء من التسجيل المحصل عليه:



ب - استثمار:

1 - اجرد القوى المطبقة على الخيال أثناء حركته، أي منها تشتعل؟

2 - احسب سرعة الخيال v_i في الموضع G_i بحيث $i = 9, 8, \dots, 0$ ، 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 ($i = 9, 8, \dots, 0$) ، قيم E_{pp} وقيم المجموع $E_c + E_{pp}$. نعطي $m = 250\text{g}$ ، $g = 9,8 \text{ N/Kg}$

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

1 - جرد القوى:

✓ \vec{P} : وزن الخيال؛

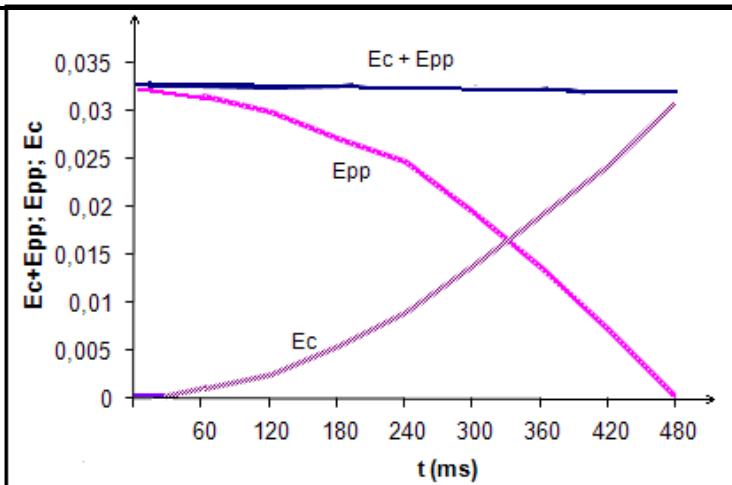
✓ \vec{R} : تأثير النضد الهوائي.

القوة التي تشتعل 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)	موقع 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: $E_c + E_{pp} = f(t)$ ، $E_{pp} = f(t)$ ، $E_c = f(t)$



خلاصة:

يلعب المقدار $E_c + E_{pp}$ دوراً مهماً في الميكانيك، نسمى 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،

$$E_m = E_c + E_{pp}$$

وحدة الطاقة الميكانيكية في SI هي الجول: J

3 - انحفاظ الطاقة الميكانيكية

$$E_m = E_c + E_{pp} = C^t$$

من خلال نتائج الجدول السابق، يتبيّن أن $E_m = E_c + E_{pp} = C^t$. نطبق مبرهنة الطاقة الحركية على الجسم أثناء انزلاقه فوق مستوى مائل بدون احتكاك بين موضعين A و B :

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

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

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

$$(1) \quad E_{c_B} - E_{c_A} = \sum_{A \rightarrow B} W(\vec{P})$$

$$(2) \quad \sum_{A \rightarrow B} W(\vec{P}) = -\Delta E_{pp}$$

حسب تغيير طاقة الوضع الثقالية:

$$E_{c_B} - E_{c_A} = -\Delta E_{pp}$$

$$E_{c_B} - E_{c_A} = -(E_{pp_B} - E_{pp_A})$$

$$= E_{pp_A} - E_{pp_B}$$

$$E_{c_B} + E_{pp_B} = E_{c_A} + E_{pp_A}$$

$$\therefore E_{m_A} = E_{m_B}$$

من (1) و (2) يتبيّن أن:

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

ملحوظة:

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

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

II - عدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية

1 - تغيير الطاقة الميكانيكية

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

$$\Delta E_c = \sum_{G_1 \rightarrow G_2} W(\vec{P}) + \sum_{G_1 \rightarrow G_2} W(\vec{R})$$

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

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

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

$$E_{m_2} \langle E_{m_1} \rangle 0 \quad \text{ومنه} \quad \Delta E_m \langle 0 \rangle \quad \text{وبالتالي} \quad W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{R}) \langle 0 \rangle$$

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

لدينا: $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{R}_T$

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

$$= \vec{R}_N + \vec{f}$$

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

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

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 وينتقل عن هذا التناقص، ارتفاع درجة حرارة سطحي التماس إذ يتحول جزء من الطاقة الميكانيكية إلى طاقة حرارية

$$W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{f}) = -Q$$

ومنه:

$$\Delta E_m = -Q$$