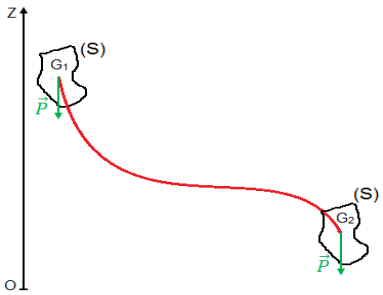
الشغل وطاقة الوضع الثقالية-الطاقة الميكانيكية
Travail et énergie potentielle de pesanteur-énergie mécanique

I. طاقة الوضع الثقالية

1. مفهوم طاقة الوضع الثقالية

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

2. تعبير طاقة الوضع الثقالية



نعتبر انتقال جسم صلب في مجال الثقالة.

شغل وزن الجسم أثناء انتقال مركز قصوره من G_1 إلى G_2

$$W_{G_1 \to G_2}(\vec{P}) = mg(z_1 - z_2) = mgz_1 - mgz_2$$

نلاحظ أن شغل وزن الجسم يظهر على شكل حدين, وحدة كل حد هي (J), إذن كل حد عبارة عن طاقة.

mgz_1: طاقة تتعلق بالأنسوب z_1 (الموضع G_1) تسمى طاقة الوضع الثقالية للجسم (S) عند الأنسوب z_1 ونرمز لها ب: $E_{PP}(z_1)$.

mgz_2: طاقة تتعلق بالأنسوب z_2 (الموضع G_2) تسمى طاقة الوضع الثقالية للجسم (S) عند الأنسوب z_2 ونرمز لها ب: $E_{PP}(z_2)$.

بصفة عامة نعطي تعبير طاقة الوضع الثقالية عند الأنسوب z بالعلاقة: $E_{PP}(z) = mgz + C$

مع: C: ثابتة اعتباطية لها علاقة بالحالة المرجعية.

3. الحالة المرجعية – تحديد الثابتة C

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

❖ تحديد الثابتة C

عند $z = 0$ $E_{PP}(0) = C$

إذن: C طاقة الوضع الثقالية عندما يحتل الجسم موضع أصل الأناسيب.

عند $z = z_0$ $E_{PP}(z_0) = mgz_0 + C = 0$

إذن: $C = -mgz_0$

وهكذا يصبح تعبير طاقة الوضع الثقالية $E_{PP}(z) = mg(z-z_0)$

4. تغير طاقة الوضع الثقالية

لتكن ΔE_{PP} تغير طاقة الوضع الثقالية عندما ينتقل جسم من الموضع G_1 إلى الموضع G_2.

إذن:
$$\Delta E_{PP} = E_{PP}(z_2) - E_{PP}(z_1) = mgz_2 + C - mgz_1 - C$$
$$\Delta E_{PP} = mg(z_2 - z_1) = -mg(z_1 - z_2)$$
$$\Delta E_{PP} = -W_{G_1 \to G_2}(\vec{P})$$

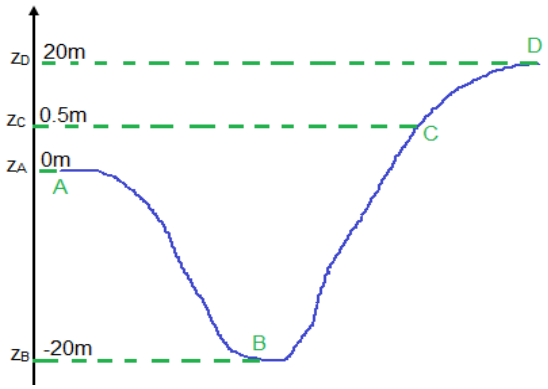
ملحوظة:

- ✓ طاقة الوضع تبقى ثابتة خلال انتقال أفقي z = cte.
- ✓ تتناسب طاقة الوضع مع الارتفاع.
- ✓ طاقة الوضع الثقالية مقدار جبري عكس الطاقة الحركية.
- ✓ تغير طاقة الوضع الثقالية لا يتعلق بالحالة المرجعية, بل فقط بالحالة البدئية والحالة النهائية.

تمرين تطبيقي:

يمثل الشكل جانبه سكة تنتقل عليها عربة ألعاب كتلتها m = 65Kg.

نأخذ المستوى الأفقي المار من النقطة C مرجعا لطاقة الوضع الثقالية.



1. أحسب E_{PP} للعربة بالمواضع A و B و D.
2. أحسب تغير E_{PP} للعربة خلال انتقالها:

من A إلى B ; من A إلى D ; من C إلى B ; من C إلى D.

II. الطاقة الميكانيكية

1. تعريف

تساوي الطاقة الميكانيكية لجسم صلب عند كل لحظة, وفي معلم معين, مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع الثقالية لهذا الجسم. $E_m = E_C + E_{PP}$

2. انحفاظ الطاقة الميكانيكية

أ. حالة السقوط الحر

نعتبر جسما صلبا في سقوط حر.

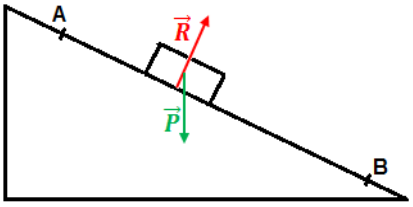
بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية لدينا: $\Delta E_C = W_{A\to B}(\vec{P})$

بما أن: $\Delta E_{PP} = -W_{A\to B}(\vec{P})$ $\Longleftarrow$ $\Delta E_m = \Delta E_C + \Delta E_{PP} = 0$

وبالتالي E_m تبقى ثابتة.

فنقول أن لدينا انحفاظا للطاقة الميكانيكية والوزن قوة محافظة.

ب. حالة انزلاق جسم صلب بدون احتكاك فوق مستوى مائل



بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية بين الموضعين A و B

لدينا: $\Delta E_C = W_{A\to B}(\vec{P}) + W_{A\to B}(\vec{R})$

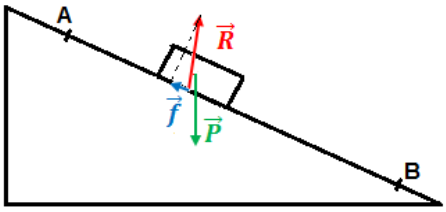
الاحتكاكات مهملة إذن: $W_{A\to B}(\vec{R}) = 0$

ونعلم أن: $\Delta E_{PP} = -W_{A\to B}(\vec{P})$

$\Delta E_m = 0$ $\Longleftarrow$ $\Delta E_C = -\Delta E_{PP}$ $\Longleftarrow$

إذن الطاقة الميكانيكية تنحفظ.

3. عدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية



نعتبر جسما صلبا ينزلق باحتكاك فوق مستوى مائل.

بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية لدينا:

$$\Delta E_C = W_{A\to B}(\vec{P}) + W_{A\to B}(\vec{R})$$

نعلم أن: $W_{A\to B}(\vec{R}) = W_{A\to B}(\overrightarrow{R_N}) + W_{A\to B}(\vec{f})$

مع: $W_{A\to B}(\overrightarrow{R_N}) = 0$ و $\Delta E_{PP} = -W_{A\to B}(\vec{P})$

$$\Delta E_m = W_{A\to B}(\vec{f}) < 0 \quad \Longleftarrow$$

إذن الطاقة الميكانيكية للجسم لا تنحفظ بل تتناقص, ويوافق هذا التناقص شغل قوى الاحتكاك.

نقول إن قوى الاحتكاك غير محافظية.

4. تعليل

يعزى عدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية لجسم صلب خاضع لقوى الاحتكاك إلى تحول جزء من هذه الطاقة إلى طاقة حرارية بحيث: $\Delta E_m = W_{A\to B}(\vec{f}) = -Q$