الشغل وطاقة الوضع الثقالية ـ الطاقة الميكانيكية

Travail et energie potentielle - l'energie mecanique

ذ . علال محداد

الثانوية التأهيلية مجموعة مدارس الحكمة

السنة الدراسية : 2014 - 2015

المحتويات

Contents

1 طاقة الوضع الثقالية

2 الطاقة الميكانيكية

المحتويات

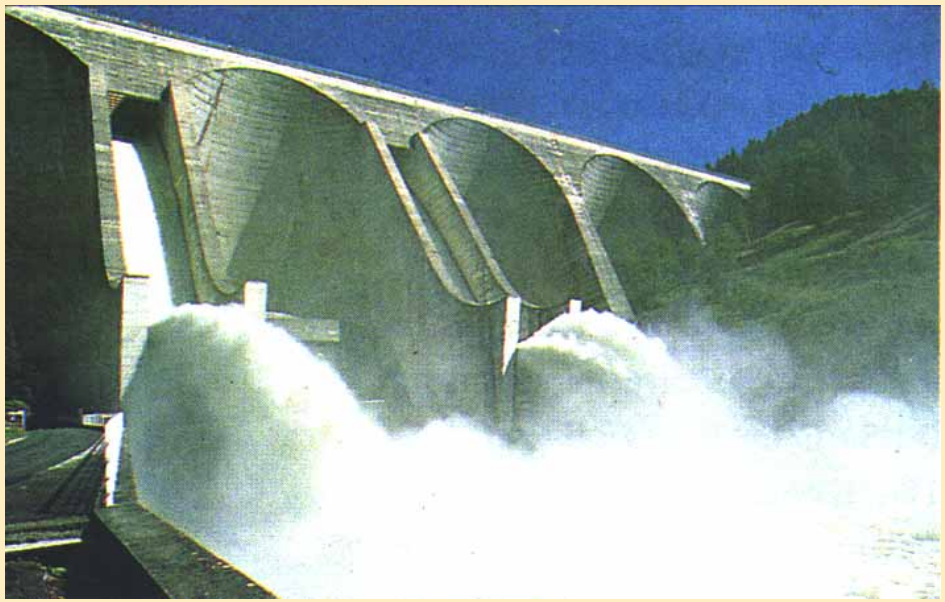
Contents

1 طاقة الوضع الثقالية

2 الطاقة الميكانيكية

تقديم

مثال من الواقع المعاش



يختزن ماء السد طاقة هائلة ، يتم استغلالها لإنتاج الكهرباء ، تسمى طاقة الوضع الثقالية .

فما هي طاقة الوضع الثقالية ؟ وكيف يتم التعبير عنها ؟ وكيف يتم توظيفها ؟

طاقة الوضع الثقالية

1 ـ إبراز وجود طاقة الوضع الثقالية

مثال : عندما تحمل رافعة حمولة بواسطة حبل نحو الأعلى وفق مسار مستقيمي رأسي . فإن القوة $\vec{T}$ توتر الجبل تُكسب الحمولة في مجال الثقالة ، طاقة تختزنها الحمولة خلال صعودها نحو الأعلى .
عند فتح قنوات السد تكتسب كمية الماء المتدفق في مجال الثقالة ، طاقة على شكل طاقة حركية نتيجة طاقة مخزونة في كمية الماء نتيجة وجوده على ارتفاع من سطح الأرض .
تسمى هذه الطاقة المخزونة : **بطاقة الوضع الثقالية** ونرمز لها ب Epp.

طاقة الوضع الثقالية

2 ـ تعريف بطاقة الوضع الثقالية

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

طاقة الوضع الثقالية

2 ـ تعبير طاقة الوضع الثقالية والحالة المرجعية

نعبير عن طاقة الوضع الثقالية لجسم صلب في مجال الثقالة بالعلاقة التالية :

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

m : كتلة الجسم الصلب . نعبر عنها ب kg و g : شدة الثقالة نعبر عنها ب N/kg

z: أنسوب مركز قصور الجسم الصلب بحيث أن Oz موجه نحو الأعلى ، نعبر عنها بالمتر m .

E_{pp} طاقة الوضع الثقالية ونعبر عنها بالجول J

Cte : تتعلق بالحالة المرجعية حيث تسند لطاقة الوضع الثقالية القيمة $E_{pp} = 0$ وفي هذه الحالة تكون $z = z_{ref}$ وهي حالة يتم اختيارها اعتباطيا .

يصبح تعبير طاقة الوضع الثقالية كالتالي :

$$\boxed{E_{pp} = mg\left(z - z_{ref}\right)}$$

طاقة الوضع الثقالية

مثال اختيار الحالة المرجعية

نختار كحالة مرجعية $Epp = 0$ عند $z = 0$ أي أنه في هذه الحالة $z_{ref} = 0$ وبالتالي فطاقة الوضع الثقالية هي :

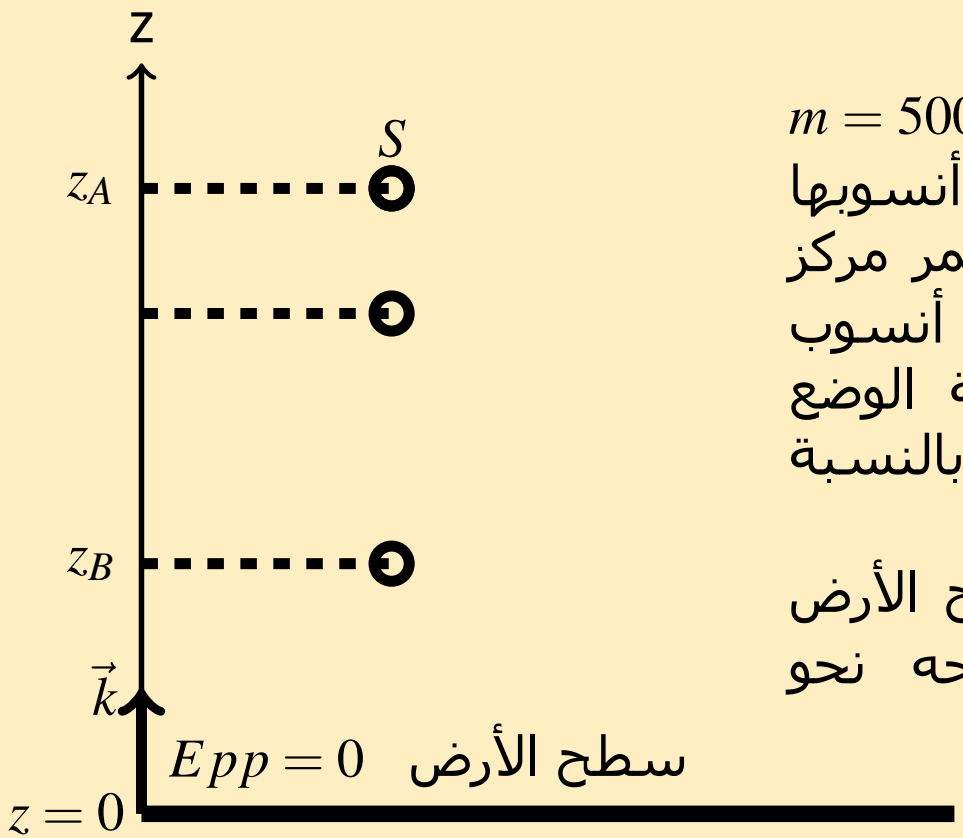
$$\boxed{Epp = mgz}$$

ملحوظة :

- طاقة الوضع الثقالية تبقى ثابتة خلال انتقال أفقي مستقيمي .
- تتناسب طاقة الوضع الثقالية اطرادا مع الارتفاع .
- طاقة الوضع مقدار جبري عكس الطاقة الحركية .

طاقة الوضع الثقالية

تمرين تطبيقي



نعتبر جسما صلبا S كتلته $m = 500g$ في سقوط حر من نقطة A أنسوبها $z_A = 10m$. عند لحظة t يمر مركز قصوره من النقطة B ذات أنسوب $z_B = 5m$. حدد تغير طاقة الوضع الثقالية بين الموضعين A وB بالنسبة للحالة المرجعية :

ـ نأخذ $Epp = 0$ عند سطح الأرض $z = 0$ أصل المعلم الموجه نحو الأعلى .

طاقة الوضع الثقالية

تغير طاقة الوضع الثقالية

الجواب :

أ ـ باعتبار الحالة المرجعية $z = 0$ لدينا $Epp = 0$ و حسب التعريف فإن $Epp = mg(z - z_{ref})$ و حسب الحالة المرجعية $z_{ref} = 0$ أي أن تعبير طاقة الوضع الثقالية هو :

$$\boxed{Epp = mgz}$$

تغير طاقة الوضع الثقالية بين الموضعين A و B هو :

$$\Delta Epp = Epp(B) - Epp(A)$$

$$\Delta Epp = mgz_B - mgz_A$$

$$\boxed{\Delta Epp = mg(z_B - z_A}$$

طاقة الوضع الثقالية

الخلاصة

خلاصة :
تغير طاقة الوضع لا يتعلق بالحالة المرجعية التي يتم اختيارها ، فهو يتعلق إلا بالحالة البدئية والحالة النهائية .

طاقة الوضع الثقالية

3 ـ علاقة طاقة الوضع الثقالية بشغل وزن الجسم .

- نحسب شغل وزن الجسم الصلب عند انتقاله من A إلى B :

$$W_{A\to B}(\vec{P}) = mg(z_A - z_B)$$

وتوصلنا في الدراسة السابقة أن

$$\Delta Epp = mg(z_B - z_A)$$

وبالتالي أن :

$$W_{A\to B}(\vec{P}) = -\Delta Epp$$

- في حالة سقوط الجسم من A إلى B فإن هذا الأخير يفقد طاقة الوضع الثقالية $z_A > z_B$ و $\Delta Epp < 0$.
في حالة صعود الجسم من A إلى B ، فإن الجسم يكتسب طاقة الوضع الثقالية $z_A < z_B$ و $\Delta Epp > 0$.

طاقة الوضع الثقالية

3 ـ علاقة طاقة الوضع الثقالية بشغل وزن الجسم .

- نحسب شغل وزن الجسم الصلب عند انتقاله من A إلى B :

$$W_{A\to B}(\vec{P}) = mg(z_A - z_B)$$

وتوصلنا في الدراسة السابقة أن

$$\Delta Epp = mg(z_B - z_A)$$

وبالتالي أن :

$$W_{A\to B}(\vec{P}) = -\Delta Epp$$

- في حالة سقوط الجسم من A إلى B فإن هذا الأخير يفقد طاقة الوضع الثقالية $z_A > z_B$ و $\Delta Epp < 0$.
في حالة صعود الجسم من A إلى B ، فإن الجسم يكتسب طاقة الوضع الثقالية $z_A < z_B$ و $\Delta Epp > 0$.

طاقة الوضع الثقالية

3 ـ علاقة طاقة الوضع الثقالية بشغل وزن الجسم .

- نحسب شغل وزن الجسم الصلب عند انتقاله من A إلى B :

$$W_{A\to B}(\vec{P}) = mg(z_A - z_B)$$

وتوصلنا في الدراسة السابقة أن

$$\Delta Epp = mg(z_B - z_A)$$

وبالتالي أن :

$$W_{A\to B}(\vec{P}) = -\Delta Epp$$

- في حالة سقوط الجسم من A إلى B فإن هذا الأخير يفقد طاقة الوضع الثقالية $z_A > z_B$ و $\Delta Epp < 0$.
في حالة صعود الجسم من A إلى B ، فإن الجسم يكتسب طاقة الوضع الثقالية $z_A < z_B$ و $\Delta Epp > 0$.

طاقة الوضع الثقالية

الخلاصة

عند انتقال الجسم الصلب في مجال الثقالة صعودا أو نزولا ، تتغير طاقة وضعه بقدر شغل وزنه .

$$\Delta Epp = -W(\overrightarrow{P})$$

تقديم

مثال من الواقع المعاش

أثناء القفز تتحول الطاقة الحركية للمتزحلق خلال الصعود ، إلى طاقة الوضع الثقالية وخلال النزول يكون العكس أي تتحول طاقة الوضع الثقالية إلى طاقة حركية .

كيف نتحقق من أن هذين التحولين كليان أم لا ؟ وما علاقة الطاقة الميكانيكية بدلك ؟

الطاقة الميكانيكية

1 ـ تعريف الطاقة الميكانيكية

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

$$Em = Ec + Epp$$

- بالنسبة لجسم صلب S كتلته m في حركة إزاحة منحنية فإن طاقته الميكانيكية هي :

$$Em = \frac{1}{2}mv^2 + mg(z - z_{ref})$$

في حالة جسم عزم قصوره بالنسبة لمحور الدوران Δ في حركة دوران حول هذا المحور تكون الطاقة الميكانيكية هي :

$$Em = \frac{1}{2}J_\Delta \omega^2 + mg(z - z_{ref})$$

الطاقة الميكانيكية

1 ـ تعريف الطاقة الميكانيكية

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

$$\boxed{Em = Ec + Epp}$$

- بالنسبة لجسم صلب S كتلته m في حركة إزاحة منحنية فإن طاقته الميكانيكية هي :

$$\boxed{Em = \frac{1}{2}mv^2 + mg(z - z_{ref})}$$

في حالة جسم عزم قصوره بالنسبة لمحور الدوران Δ في حركة دوران حول هذا المحور تكون الطاقة الميكانيكية هي :

$$\boxed{Em = \frac{1}{2}J_\Delta \omega^2 + mg(z - z_{ref})}$$

الطاقة الميكانيكية

1 ـ تعريف الطاقة الميكانيكية

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

$$\boxed{Em = Ec + Epp}$$

- بالنسبة لجسم صلب S كتلته m في حركة إزاحة منحنية فإن طاقته الميكانيكية هي :

$$\boxed{Em = \frac{1}{2}mv^2 + mg(z - z_{ref})}$$

في حالة جسم عزم قصوره بالنسبة لمحور الدوران Δ في حركة دوران حول هذا المحور تكون الطاقة الميكانيكية هي :

$$\boxed{Em = \frac{1}{2}J_\Delta \omega^2 + mg(z - z_{ref})}$$

الطاقة الميكانيكية

1 ـ تعريف الطاقة الميكانيكية

وحدتها في النظام العالمي للوحدات : الجول J .
بما أن الطاقة الميكانيكية تتعلق بطاقة الوضع الثقالية فهي كذلك لا تعرف إلا بثابتة تتعلق بالحالة المرجعية التي يتم اختيارها

الطاقة الميكانيكية

1 ـ انحفاظ الطاقة الميكانيكية.

أ ـ في حالة السقوط الحر

قذيفة كتلتها m نعتبرها كنقطة مادية ، في سقوط حر رأسي من نقطة M_1 أنسوبها z_1 وسرعتها $\vec{v_1}$ نختار كحالة مرجعية لطاقة الوضع الثقالية سطح الأرض حيث $z=0$ والمحور Oz موجه نحو الأعلى ، طاقتها الميكانية في هذا الموضع :

$$Em_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 + mgz_1$$

في النقطة M_2 ذي الأنسوب z_2 والسرعة $\vec{v_2}$ الطاقة الميكانية هي :

$$Em_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgz_2$$

الطاقة الميكانيكية

1 ـ انحفاظ الطاقة الميكانيكية.

تغير الطاقة الميكانيكية بين هاتين الحالتين هي :

$$\Delta Em = Em_2 - Em_1 = \left(\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2\right) + (mgz_2 - mgz_1)$$

$$\Delta Em = \Delta Ec + \Delta Epp$$

الطاقة الميكانيكية

1 ـ انحفاظ الطاقة الميكانيكية.

ممكن أن نبرهن كذلك عن انحفاظ الطاقة الميكانيكية باعتماد مبرهنة الطاقة الجركية :
نطبق مبرهنة الطاقة الحركية عند انتقال القذيفة من M_1 إلى M_2 :

$$\Delta Ec = W_{M_1 \to M_2}(\vec{P})$$

لأن القوة التي تنجز شغلا هي وزن القذيفة

$$\Delta Ec = mg(z_1 - z_2) = -\Delta Epp$$

نستنتج أن

$$\Delta Em = \Delta Ec + \Delta Epp = 0 \Leftrightarrow \boxed{Em_1 = Em_2}$$

الطاقة الميكانيكية

1 ـ انحفاظ الطاقة الميكانيكية.

خلاصة :

خلال السقوط الحر الرأسي ، تنحفظ الطاقة الميكانيكية

$$\Delta E_m = 0 \Longrightarrow E_{m_1} = E_{m_2} = ... = E_{m_i} = Cte$$

الطاقة الميكانيكية

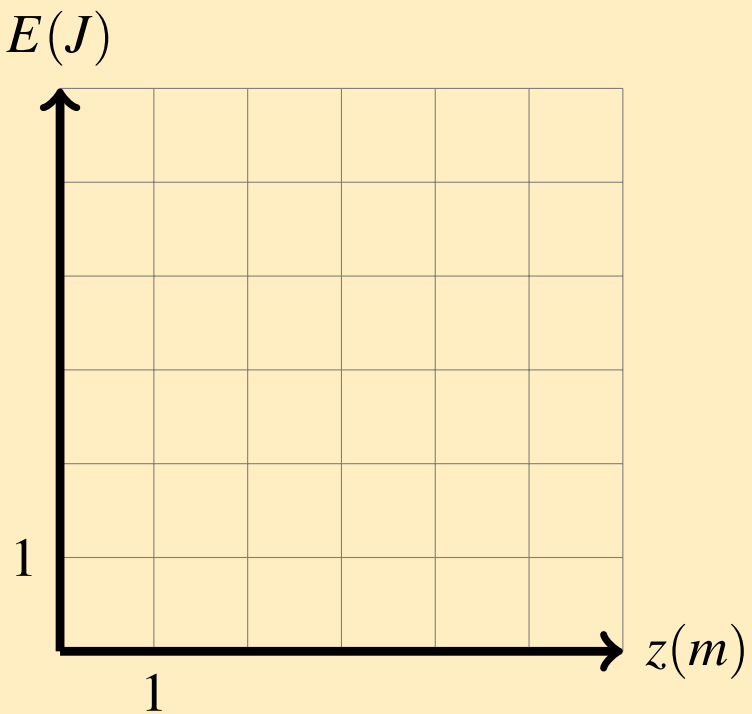
2 ـ مخطط الطاقة .

مخطط الطاقة هو مخطط يعتمد على جميع أشكال الطاقة بحيث يتم فيه تمثيل جميع أشكال الطاقة (Ec, Epp, Em) على نفس النظمة $(0z, OE)$ ، E شكل من أشكال الطاقة

الطاقة الميكانيكية

2 ـ مخطط الطاقة .

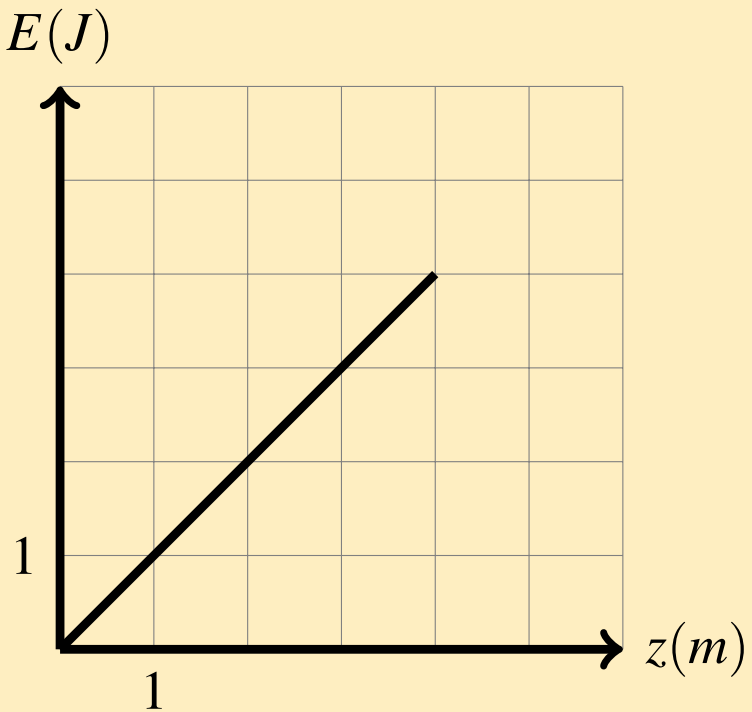
للحصول على مخطط الطاقة ، نمثل في نظمة محورين (Oz, OE) المنحنيات الممثلة لكل من $E_{pp} = mgz$ و $E_m = E_{m_0} = mgz_{max}$ و $E_C = E_{m_0} - E_{pp}$



الطاقة الميكانيكية

2 ـ مخطط الطاقة .

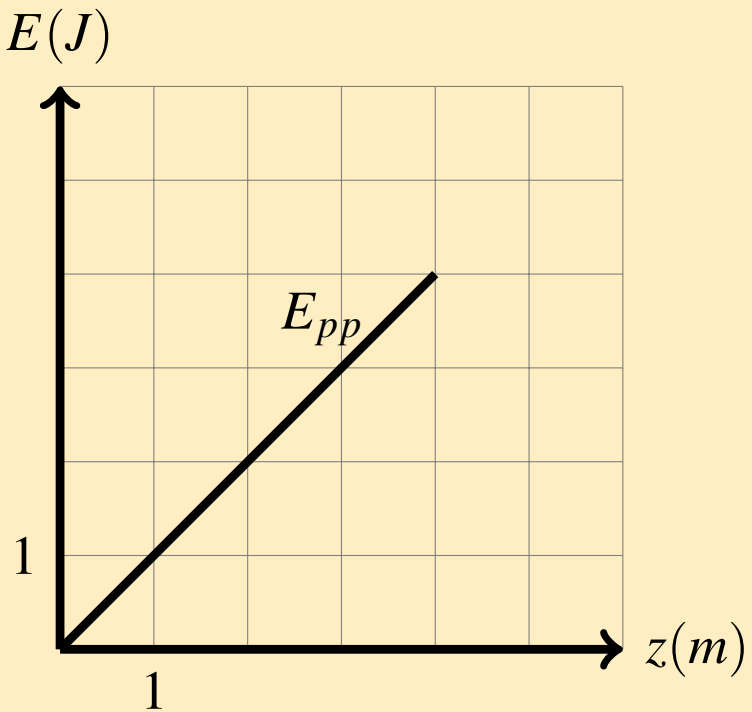
للحصول على مخطط الطاقة ، نمثل في نظمة محورين (Oz, OE) المنحنيات الممثلة لكل من $E_{pp} = mgz$ و $E_m = E_{m_0} = mgz_{max}$ و $E_C = E_{m_0} - E_{pp}$



الطاقة الميكانيكية

2 ـ مخطط الطاقة .

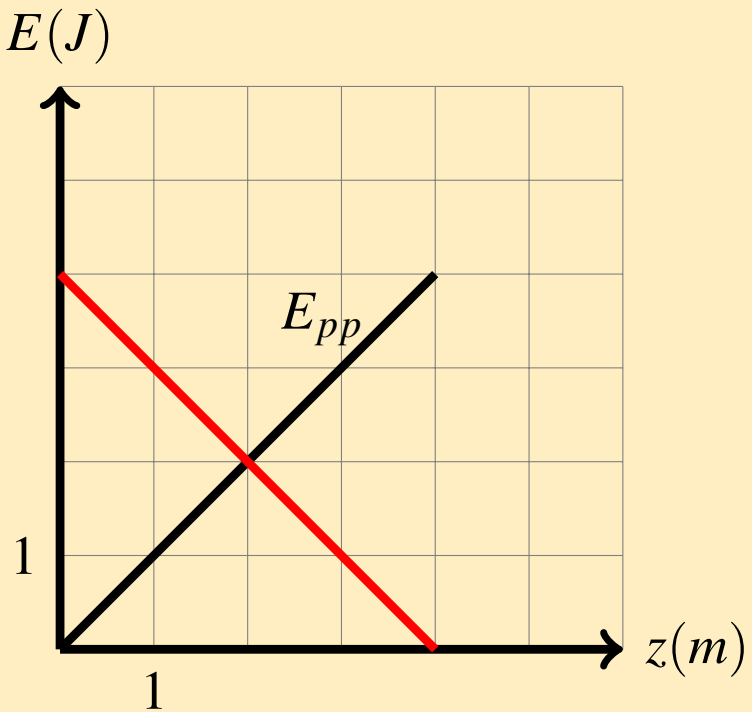
للحصول على مخطط الطاقة ، نمثل في نظمة محورين (Oz, OE) المنحنيات الممثلة لكل من $E_{pp} = mgz$ و $E_m = E_{m_0} = mgz_{max}$ و $E_C = E_{m_0} - E_{pp}$



الطاقة الميكانيكية

2 ـ مخطط الطاقة .

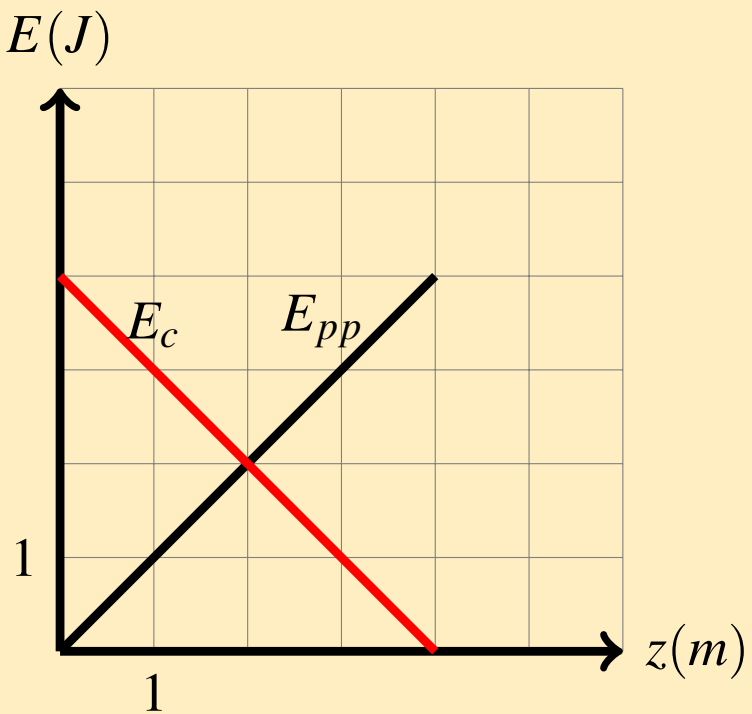
للحصول على مخطط الطاقة ، نمثل في نظمة محورين (Oz, OE) المنحنيات الممثلة لكل من $E_{pp} = mgz$ و $E_m = E_{m_0} = mgz_{max}$ و $E_C = E_{m_0} - E_{pp}$



الطاقة الميكانيكية

2 ـ مخطط الطاقة .

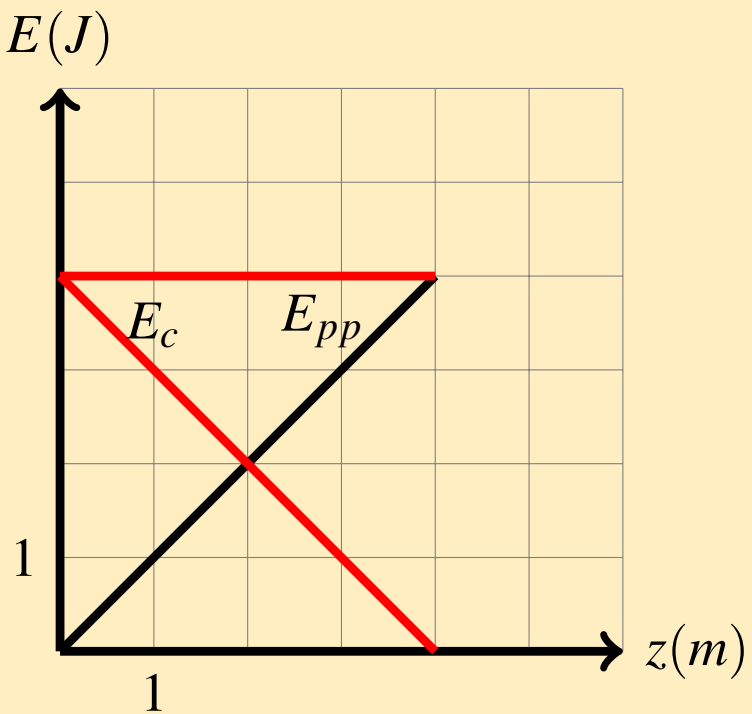
للحصول على مخطط الطاقة ، نمثل في نظمة محورين (Oz, OE) المنحنيات الممثلة لكل من $E_{pp} = mgz$ و $E_m = E_{m_0} = mgz_{max}$ و $E_C = E_{m_0} - E_{pp}$



الطاقة الميكانيكية

2 ـ مخطط الطاقة .

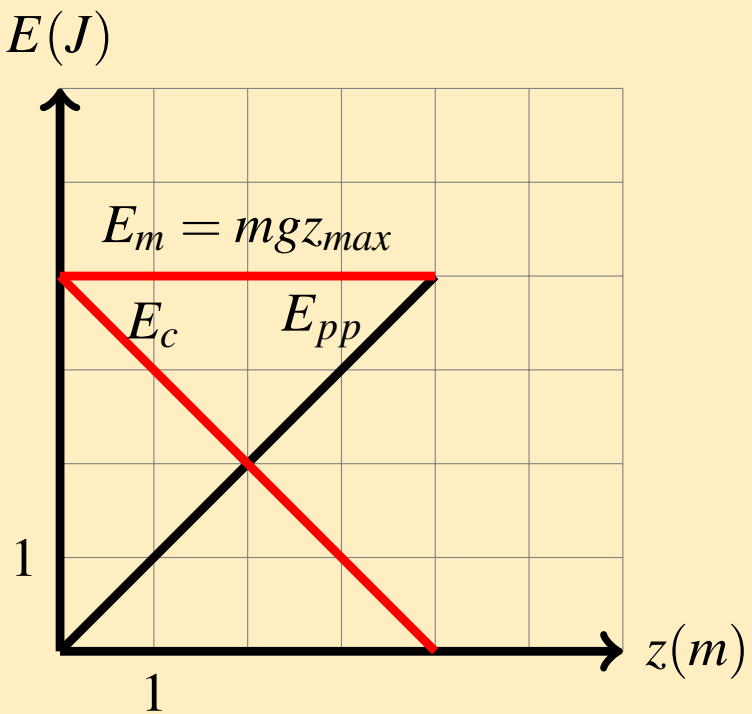
للحصول على مخطط الطاقة ، نمثل في نظمة محورين (Oz, OE) المنحنيات الممثلة لكل من $E_{pp} = mgz$ و $E_m = E_{m_0} = mgz_{max}$ و $E_C = E_{m_0} - E_{pp}$



الطاقة الميكانيكية

2 ـ مخطط الطاقة .

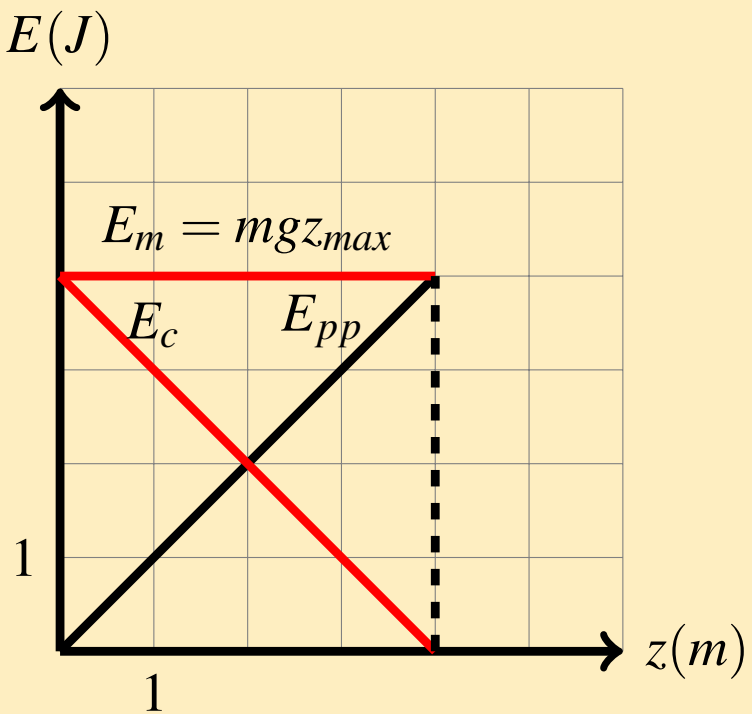
للحصول على مخطط الطاقة ، نمثل في نظمة محورين (Oz, OE) المنحنيات الممثلة لكل من $E_{pp} = mgz$ و $E_m = E_{m_0} = mgz_{max}$ و $E_C = E_{m_0} - E_{pp}$



الطاقة الميكانيكية

2 ـ مخطط الطاقة .

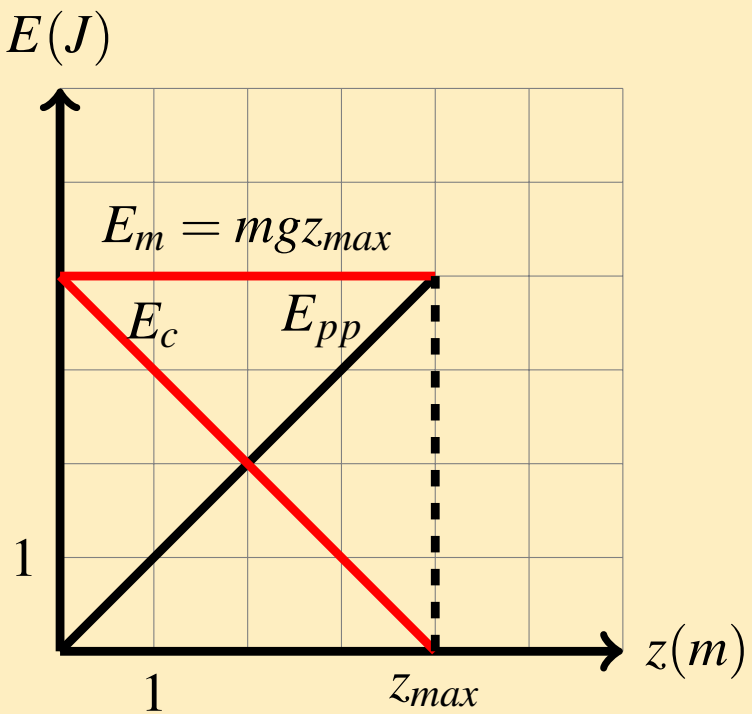
للحصول على مخطط الطاقة ، نمثل في نظمة محورين (Oz, OE) المنحنيات الممثلة لكل من $E_{pp} = mgz$ و $E_m = E_{m_0} = mgz_{max}$ و $E_C = E_{m_0} - E_{pp}$



الطاقة الميكانيكية

2 ـ مخطط الطاقة .

للحصول على مخطط الطاقة ، نمثل في نظمة محورين (Oz, OE) المنحنيات الممثلة لكل من $E_{pp} = mgz$ و $E_m = E_{m_0} = mgz_{max}$ و $E_C = E_{m_0} - E_{pp}$



الطاقة الميكانيكية

1 ـ عدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية.

نعتبر المجموعة الميكانيكية المكونة من طفل ومزلقة في حركة على مستوى مائل بزاوية $\theta = 45°$ ، كتلة المجموعة $M = 40kg$, تتم حركة المجموعة على المستوى المائل بالاحتكاك

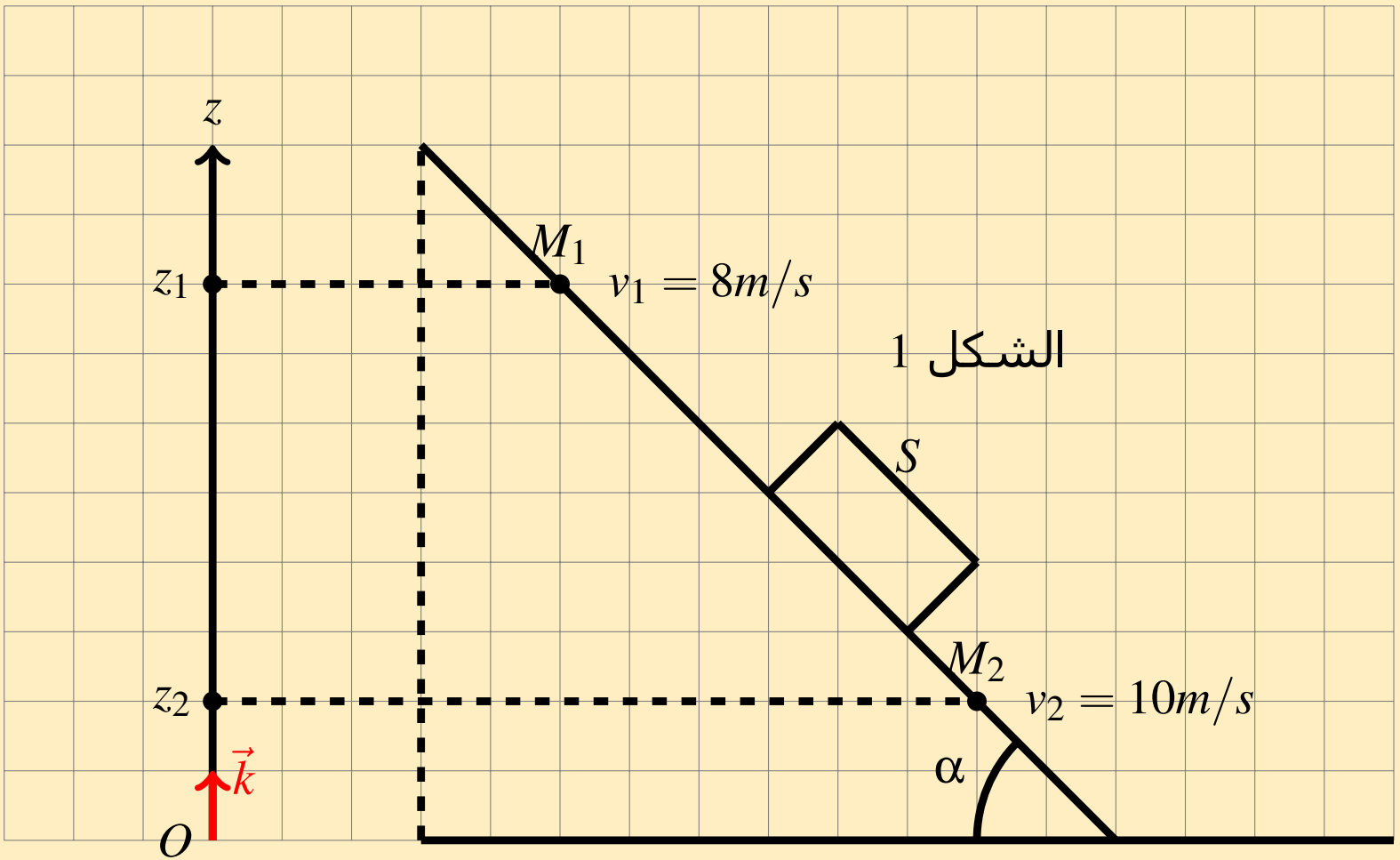
نأخذ $E_{pp} = 0$ عند $z = 0$ أصل المحور Oz المتطابق مع المستوى الأفقي .

تنطلق المجموعة من نقطة M_1 أنسوبها على المحور Oz الموجه نحو الأعلى z_1 ، بسرعة $\vec{v_1}$ ، وتمر من نقطة M_2 أنسوبها على المحور Oz بسرعة $\vec{v_2}$.

المسافة المقطوعة من طرف المجموعة عند انتقالها من M_1 إلى M_2 ، هي $M_1M_2 = 3\sqrt{2}m$ ونعطي $g = 10N/kg$

الطاقة الميكانيكية

1 ـ عدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية.



الشكل 1

الطاقة الميكانيكية

1 ـ عدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية.

نطبق مبرهنة الطاقة الحركية بين الموضعين M_1 و M_2

$$\Delta Ec = \Sigma W$$

$$\Delta Ec = W_{M_1 \to M_2}(\vec{P}) + W_{M_1 \to M_2}(\vec{R})$$

علما أن $W_{M_1 \to M_2}(\vec{P} = Mg(z_1 - z_2) = -\Delta Epp$ أي أن :

$$\Delta Ec = -\Delta Epp + W_{M_1 \to M_2}(\vec{R})$$

$$\Delta Ec + \Delta Epp = W_{M_1 \to M_2}(\vec{R})$$

$$\boxed{\Delta Em = W_{M_1 \to M_2}(\vec{R}) = -480J}$$

الطاقة الميكانيكية

1 ـ عدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية.

خلاصة :

خلاصة : يلاحظ من خلال الدراسة التجريبية أن $\boxed{\Delta Em \neq 0}$ أي أن هناك عدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية .

الطاقة الميكانيكية

1 ـ عدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية.

بما أن الاحتكاكات موجودة ، فإن $W_{M_1 \to M_2}(\vec{R}) = W_{M_1 \to M_2}(\vec{f})$ أي أن

$$\boxed{\Delta Em = W_{M_1 \to M_2}(\vec{f}) < 0}$$

يلاحظ أن الطاقة الميكانيكية لا تنحفظ . وبما أن $\Delta Em < 0$ فإنها تتناقص ، ويوافق هذا التناقص شغل قوى الاحتكاك .

نقول أن قوى الاحتكاك قوى غير محافظية .

الطاقة الميكانيكية

التعليل

كيف نعلل هذه النتيجة :

اصطلاح : مجموعة ميكانيكية تتبادل الطاقة مع الوسط الخارجي . كل ما تكتسبه المجموعة (من طاقة Q أو شغل W) من الوسط الخارجي فهو موجب . وكل ما تمنحه للوسط الخارجي فهو سالب . المجموعة ، الجسم الصلب S ، خلال انزلاقه على المستوى المائل تتناقص طاقته الميكانيكية أي أنه يمنح طاقة للوسط الخارجي على شكل طاقة حرارية Q والتي تؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة بين سطحي التماس والهواء المجاور . وباعتماد الاصطلاح المذكور أعلاه نكتب :

$$W_{M_1 \to M_2}(\vec{f}) = -Q$$

وبالتالي فإن :

$$\boxed{\Delta Em = -Q}$$

الطاقة الميكانيكية

حساب الطاقة المفقودة على شكل حرارة أثناء الانتقال M_1M_2

لدينا حسب الخلاصة : $\Delta Em = -Q$ أي أن الطاقة المفقودة على شكل حرارة أثناء الانتقال : $Q = 480J$
و يمكن كذلك استنتاج شدة قوة الاحتكاك :

$$\Delta Em = W_{M_1 \to M_2}(\vec{f}) = -f.M_1M_2$$

$$f = -\frac{\Delta Em}{M_1M_2} = 113N$$