تمارين العلوم الفيزيائية
الأولى بكالوريا علوم رياضية وتجريبية
الشغل وطاقة الوضع الثقالية ـ الطاقة الميكانيكية

في جميع التمارين نأخذ $g = 10N/kg$

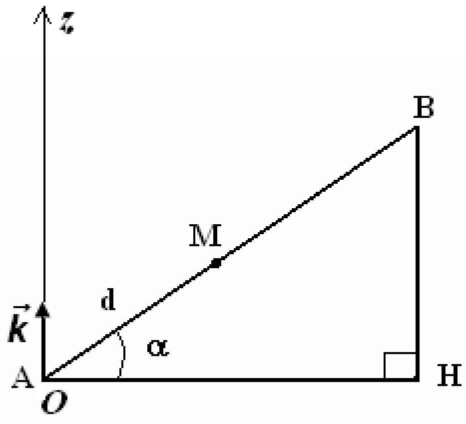
تمرين 1

نعتبر جسما A نقطيا ، كتلته $m = 2kg$ يمكن له أن يحتل مواضع مختلفة على المحور $O\vec{z}$ الموجه نحو الأعلى ومدرج بالمتر .

1 ـ نأخذ كحالة مرجعية نقطة أنسوبها $z = 2$. أحسب طاقة الوضع الثقالية للجسم A عند المواضع التالية :
$z_{A_1} = 6$ و $z_{A_2} = -4$

2 ـ نأخذ كحالة مرجعية النقطة ذات الأنسوب : $z = -1$. أحسب طاقة الوضع الثقالية للجسم A عند المواضع التالية :
$z_{A1} = 6, z_{A2} = -4, z_{A3} = 9$

تمرين 2



لدينا مثلث AHB قائم الزاوية في H والضلع AH أفقي . أنظر الشكل .

نضع $AB = a$ و $\widehat{BAH} = \alpha$.

جسم نقطي كتلته m في حركة على AB . لتكن M موضع الجسم بحيث أن $AM = d$.

أعط تعبير طاقة الوضع الثقالية للجسم بدلالة g, a, α, d, m عند اختيار الحالة المرجعية لطاقة الوضع الثقالية هي :

1 ـ النقطة H

2 ـ النقطة B

3 ـ النقطة A

تمرين 3

كرة كتلتها $m = 20g$ وشعاعها $R = 10cm$ تتدحرج بدون انزلاق على مستوى مائل بزاوية $\alpha = 30°$ بالنسبة للمستوى الأفقي .

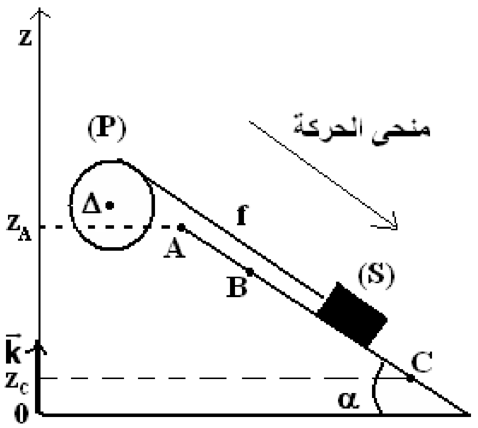
1 ـ أحسب تغير طاقة الوضع الثقالية للكرة عندما تنجز 6 دورات حول نفسها (حول المحور الذي يمر من مركز ثقلها)

2 ـ هل تغير طاقة الوضع الثقالية للكرة

ـ دالة تآلفية بالنسبة لعدد الدورات المنجزة من طرفها ؟

ـ دالة تآلفية بالنسبة للزمن t المستغرق خلال حركتها ؟.

تمرين 4



نعتبر المجموعة الممثلة في الشكل جانبه والمكونة من :

ـ بكرة (P) بإمكانها الدوران حول محور أفقي ثابت Δ ، شعاعها $r = 5cm$ وعزم قصورها J_Δ بالنسبة للمحور Δ

ـ خيط (f) ملفوف حول مجرى البكرة . نعتبره غير مدود وكتلته مهملة ـ

جسم (S) كتلته $m = 0,5kg$ موضوع على مستوى (π) مائل بزاوية $\alpha = 30°$ بالنسبة للمستوى الأفقي ومرتبط بالطرف الحر للخيط (f).

نطلق الجسم S من أعلى نقطة على المستوى المائل بدون سرعة بدئية . ونعتبر حركة الجسم على المستوى المائل تتم بدون احتكاك .

1 ـ بواسطة جهاز ملائم نقيس سرعة الجسم عند مروره من النقطتين A و B فنجد أن $V_A = 0,5m/s$ و $V_B = 2,5m/s$ والمسافة $AB = 62,5cm$

1 ـ 1 بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية أوجد تعبير الشغل $W_{A\to B}(\vec{F})$ ، $\vec{F}$ القوة التي يطبقها الخيط على الجسم S .

1 ـ 2 أحسب $W_{A\to B}(\vec{F})$ واستنتج شدة القوة $\vec{F}$.

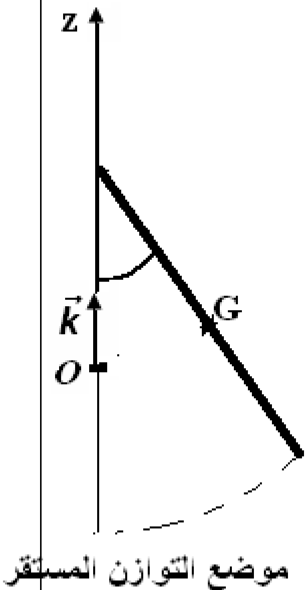
2 ـ لإيجاد قيمة عزم القصور J_Δ للبكرة (P) بالنسبة للمحور Δ نقوم بالدراسة التجريبية التالية : عندما يقطع الجسم المسافة AB تدور البكرة بزاوية $\Delta\theta$.

2 ـ 1 أوجد العلاقة بين الزاوية $\Delta\theta$ و المسافة AB .

2 ـ 2 بتطبيق مبرهنة الطاقة على البكرة (P) بين أن $J_\Delta = \dfrac{2.F.AB.r^2}{V_B^2 - V_A^2}$. أحسب J_Δ .

3 ـ في الواقع أن الجزء BC من المستوى المائل خشن أي أن حركة الجسم على هذا الجزء تتم بالاحتكاك بحيث ينتج عن هذه الاحتكاكات توقف الجسم S عند النقطة C $(V_C = 0)$

نأخذ المستوى الأفقي المار من A كحالة مرجعية لطاقة الوضع الثقالية حيث $E_{pp} = 0$



3 ـ 1 أعط تعبير طاقة الوضع الثقالية للجسم S باعتبار هذه الحالة المرجعية .

3 ـ 2 بين أن تغير طاقة الوضع الثقالية بين B و C لا تتعلق بالحالة المرجعية المختارة .

3 ـ 3 أوجد تغير الطاقة الميكانيكية عند انتقال الجسم S من B إلى C . واحسب قيمته .

نعطي BC=100cm

3 ـ 4استنتج الطاقة المفقودة على شكل حرارة أثناء الانتقال BC .

3 ـ 5 استنتج قيمة شدة قوة الاحتكاك التي نعتبرها ثابتة خلال هذا الجزء .

تمرين 5

تحتوي حقينة سد على كمية من الماء عمقها 15m ومساحة سطحها $1,5\text{km}^2$.

مركز قصور كمية الماء يوجد على ارتفاع $h = 2000\text{m}$ من سطح البحر .

توجد محطة هيدروكهربائية على مقربة من السد وعلى ارتفاع $h' = 1200\text{m}$ من سطح البحر وتتم تغذية المحطة بماء السد لإنتاج الطاقة الكهربائية .

1 ـ أحسب طاقة الوضع الثقالية المخزونة في ماء السد بعد اختيار حالة مرجعية .

2 ـ أحسب تغير طاقة الوضع الثقالية إذا اعتبرنا أن كتلة الماء الموجودة بالسد تنزل بكاملها إلى محطة توليد الكهرباء .

3 ـ أحسب القدرة الكهربائية المحصل عليها بالنسبة لصبيب مائي يساوي $(10\text{m}^3/\text{s})$. إذا اعتبرنا أن 75% من الطاقة المخزونة في الماء تتحول إلى طاقة كهربائية .

نعطي : $\rho_{eau} = 10^3\text{kg}/\text{m}^3$ و $g = 10\text{N}/\text{kg}$

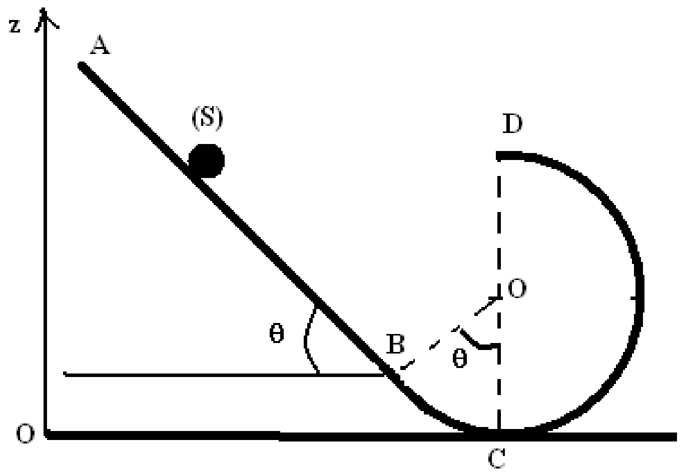
تمرين 6

ساق متجانسة كتلتها m وطولها $\ell = 1\text{m}$ قابلة للدوران ، بدون احتكاك ، حول محور (Δ) أفقي يمر من أحد طرفيها . عزم قصور الساق بالنسبة للمحور (Δ) هو : $J_\Delta = \dfrac{1}{3}m\ell^2$.

نزيح الساق عن موضع توازنها المستقر الرأسي بزاوية $\theta = 60°$ ثم نحررها بدون سرعة بدئية نأخذ $E_{pp} = 0$ عند $z = 0$.

أحسب السرعة الزاوية لمركز قصور الساق عندما تمر من موضع توازنه المستقر . نعطي شدة الثقالة $g = 10\text{N}/\text{kg}$

تمرين 7



نعتبر جسما صغيرا كتلته $m = 0,5\text{kg}$ ينتقل فوق مدار $ABCD$ يتكون من جزء مستقيم طوله $AB = 2\text{m}$ ، ومن جزء دائري BCD شعاعه $r = 0,5\text{m}$. نعطي $\theta = 60°$.

نطلق الجسم (S) من النقطة A بدون سرعة بدئية .

1 ـ نعتبر الاحتكاكات مهملة .

1 ـ 1 أوجد تعبير الطاقة الميكانيكية للجسم S في الموضع A بدلالة m, r, θ و g شدة الثقالة . أحسب $E_m(A)$. نعطي $g = 10\text{N}/\text{kg}$

1 ـ 2 أحسب طاقة الوضع الثقالية والطاقة الحركية للجسم S في الموضع B .

3 ـ أحسب سرعة S عند وصوله إلى الموضع D .

2 ـ في الواقع سرعة الجسم S في الموضع B تساوي $4,00\text{m}/\text{s}$ نتيجة قوى الاحتكاك التي نعتبرها مكافئة لقوة $\vec{f}$ ثابتة ومنحاها معاكس لمنحى حركة الجسم S .

2 ـ 1 أحسب الطاقة المفقودة على شكل حرارة أثناء الانتقال AB

2 ـ 2 أحسب شدة القوة $\vec{f}$.

R

تصحيح تمارين حول الطاقة الميكانيكية .

تمرين 2

تعبير طاقة الوضع الثقالية هو : $E_{pp} = mgz + C$ بحيث z أرتوب النقطة M و C ثابتة تتعلق بالحالة المرجعية .

1 ـ عند اختيار الحالة المرجعية لطاقة الوضع الثقالية هي النقطة H أي أن $E_{pp} = 0$ عند $z = 0$ في هذه الحالة C=0 وطاقة الوضع تكون كالتالي :

$$E_{pp} = mgz$$

$$z = d\sin\alpha$$

وبالتالي : $E_{pp} = mgd\sin\alpha$

2 ـ عند اختيار النقطة B كحالة مرجعية لطاقة الوضع الثقالية :

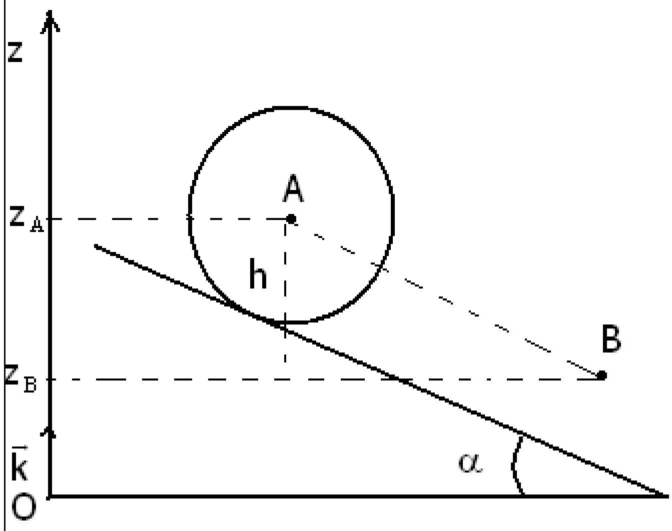
$E_{pp} = 0$ عند $z = a\sin\alpha$ أي أن $C = -mga\sin\alpha$ وبالتالي $E_{pp} = mg\sin\alpha(d-a)$

3 ـ عند اختيار الحالة المرجعية لطاقة الوضع النقطة A هي نفس الحالة المرجعية النقطة H .

تمرين 3

الكرة تتدحرج بدون انزلاق على المستوى المائل . نعتبر (Δ) محور دورانها حول نفسها .

تغير طاقة الوضع بين موضعين لا يتعلق بالحالة المرجعية .



1 ـ تغير طاقة الوضع عند انتقالها من الموضع A إلى الموضع B :

$\Delta E_{pp} = mgz_B - mgz_A = mg(z_B - z_A)$ وحسب الشكل يلاحظ أن $z_B - z_A < 0$ وبالتالي :

$\Delta E_{pp} = -mg(z_A - z_B) = -mgh$ بحيث أن

$$h = AB\sin\alpha$$

وحسب المعطيات أن الكرة خلال انتقالها من A إلى B أنجزت 6 دورات أي أن : $\Delta\theta = 6\times 2\pi = 12\pi$

وبما أن <u>**الكرة تتدحرج بدون انزلاق**</u> : $AB = R\Delta\theta$

أي أن :

$$E_{pp} = -mgR\Delta\theta\sin\alpha$$

تطبيق عددي : $E_{pp} = -0,377J$

2 ـ تغير الطاقة الوضع الثقالية دالة تآلفية بالنسبة لعدد الدورات المنجزة من طرفها وليس بالنسبة للزمن t المستغرق خلال حركتها .

تمرين 4

1 ـ شغل القوة $\vec{F}$ المطبقة من طرف الخيط على الجسم :

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = \frac{m}{2}(v_B^2 - v_A^2) - mgAB\sin\alpha$$

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = -6,25.10^{-2}J$$

شدة القوة $\vec{F}$

$$F = -\frac{W_{A\to B}(\vec{F})}{AB} = 0,1N$$

2 ـ 1 العلاقة بين الزاوية $\Delta\theta$ والمسافة AB : $AB = R\Delta\theta$

2 ـ 2 نطبق مبرهنة الطاقة الحركية على البكرة P :

$$\frac{1}{2}J_\Delta\omega_B^2-\frac{1}{2}J_\Delta\omega_A^2=\mathcal{M}_\Delta.\Delta\theta+\underset{A\to B}{W}\left(\vec{R}\right)+\underset{A\to B}{W}\left(\vec{P}_p\right)$$

$$\underset{A\to B}{W}\left(\vec{R}\right)=0,\ \underset{A\to B}{W}\left(\vec{P}_p\right)=0$$

$$\frac{1}{2}J_\Delta\omega_B^2-\frac{1}{2}J_\Delta\omega_A^2=\mathcal{M}_\Delta.\Delta\theta$$

$$\Delta\theta=\frac{AB}{R},\omega_A=\frac{v_A}{R},\omega_B=\frac{v_B}{R}$$

وبالتالي $J_\Delta\left(v_B^2-v_A^2\right)=2R^2AB.F$ أي أن

$$J_\Delta=\frac{2R^2AB.F}{v_B^2-v_A^2}$$

تطبيق عددي : $J_\Delta=0,521.10^{-4}kg.m^2$

3 ـ الجزء BC خشن . ونأخذ المستوى المار من النقطة A كحالة مرجعية لطاقة الوضع الثقالية .

3 ـ 1 تعبير طاقة الوضع الثقالية للجسم S باعتبار الحالة المرجعية أعلاه :

$E_{pp}=mgz+C$ نأخذ $E_{pp}=0$ عند $z=z_A$ وبالتالي : $C=-mgz_A$

تعبير طاقة الوضع الثقالية هو :

$$E_{pp}=mg\left(z-z_A\right)$$

3 ـ 2 : نبين أن طاقة الوضع الثقالية لا تتعلق بالحالة المرجعية :

$$\Delta E_{pp}=E_{pp}\left(C\right)-E_{pp}\left(B\right)=mg\left(z_C-z_A\right)-mg\left(z_B-z_A\right)$$

$$\Delta E_{pp}=mg\left(z_C-z_B\right)$$

وبالتالي فإن تغير طاقة الوضع لا يتعلق بالحالة المرجعية .

3 ـ 3 وتغير الطاقة الميكانيكية هو $\Delta E_m=\Delta E_{pp}+\Delta E_C$

* تعبير طاقة الوضع في الجزء BC : نعطي $BC=100cm$

$\Delta E_{pp}=mg\left(z_c-z_B\right)$ وحسب الشكل فإن $z_C-z_B=-BC.\sin\alpha$ وبالتالي فتعبير تغير طاقة الوضع الثقالية هو كالتالي :

$$\Delta E_{pp}=-mgBC\sin\alpha$$

* تعبير تغير الطاقة الحركية بين B و C .

$v_C=0$ وبالتالي $\Delta E_C=-\frac{1}{2}mv_B^2$

وبالتالي فتعبير تغير الطاقة الميكانيكية : $\Delta E_m=\Delta E_{pp}+\Delta E_C=$

$$\Delta E_m=E_m\left(C\right)-E_m\left(B\right)=E_{pp}\left(C\right)+E_C\left(C\right)-E_{pp}\left(B\right)-E_C\left(B\right)$$

$$\Delta E_m=E_{PP}\left(C\right)-E_{pp}\left(B\right)+E_C\left(C\right)-E_C\left(B\right)$$

$$\Delta E_m=-mgBC\sin\alpha-\frac{1}{2}mv_B^2$$

تطبيق عددي : $\Delta E_{pp}=-250.10^{-2}J$ و $\Delta E_C=-1,56J$ وبالتالي $\Delta E_m=-4,06J$

3 ـ 4 يتبين من خلال هذه النتيجة أن الطاقة الميكانيكية لا تنحفض أي أنها تتحول إلى طاقة حرارية Q بحيث أن $\Delta E_m=-Q$

وبالتالي فالطاقة المفقودة على شكل حرارة هي : $Q=4,06J$.

3 ـ 5 : لدينا $\Delta E_m=W\left(\vec{f}\right)\Rightarrow\Delta E_m=-f.BC$

$f=-\frac{\Delta E_m}{BC}$: تطبيق عددي : $f=4,06N$.

تمرين 5

1 ـ نأخذ سطح البحر الحالة المرجعية لطاقة الوضع الثقالية . $E_{pp}=0$ عند $z=0$

$$E_{pp}=mgz$$

بحيث أن $m=\rho_{eau}V=\rho_{eau}p.S$ أي أن طاقة الوضع الثقالية للماء المخزون في السد هو :

$$E_{pp}=\rho_{eau}pSgz$$

تطبيق عددي : $E_{pp}=250.10^{12}\,J$

2 ـ تغير طاقة الوضع الثقالية إذا اعتبرنا أن كتلة الماء تنزل بكاملها إلى محطة التوليد الكهربائي :

$$\Delta E_{pp}=-\rho_{eau}pSg\Delta z=-180.10^{12}\,J$$

3 ـ القدرة الكهربائية هي : $\mathbf{P}=0,75\dfrac{-\Delta E_{pp}}{\Delta t}=60.10^{5}\,Watt$

تمرين 6

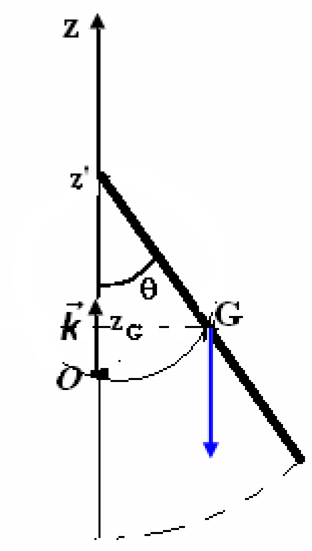
حساب السرعة الزاوية لمركز قصور الساق عند مروره من موضع توازنه المستقر :

القوى المطبقة على الساق هي :

$\vec{P}$ وزن الساق ، $\vec{R}$ تأثير المحور على الساق .

شغل القوة $\vec{R}$ منعدم وفي غياب الاحتكاكات القوة الوحيدة التي تنجز شغلا هي وزن الجسم أي أن هناك انحفاظ الطاقة الميكانيكية .

الحالة البدئية : $E_{C1}=0$ لأن $\omega_1=0$



موضع التوازن المستقر

$E_{pp_1}=mgz$ بحيث أن $z=\dfrac{\ell}{2}(1-\cos\theta)$ (نأخذ كحالة مرجعية $E_{pp}=0$ عند $z=0$)

أي أن $E_{pp_1}=\dfrac{mg\ell}{2}(1-\cos\theta)$ وبالتالي فالطاقة الميكانيكية هي :

$$E_{m_1}=\frac{mg\ell}{2}(1-\cos\theta)$$

الحالة النهائية : $E_{C_2}=\dfrac{J_\Delta\omega_2^2}{2}$ و $E_{pp_2}=0$ وبالتالي فالطاقة الميكانيكية النهائية هي : $E_{m_2}=\dfrac{J_\Delta\omega_2^2}{2}$

بما أن

$$J_\Delta=\frac{1}{3}m\ell^2\Rightarrow E_{m_2}=\frac{m\ell^2\omega_2^2}{6}$$

هناك انحفاظ الطاقة الميكانيكية للساق أي أن $E_{m_1}=E_{m_2}$

بحيث أن $\dfrac{m\ell^2\omega_2^2}{6}=\dfrac{mg\ell}{2}(1-\cos\theta)$

$\omega_2=\sqrt{\dfrac{3g}{\ell}(1-\cos\theta)}$ تطبيق عددي : $\omega_2=3,83\,m/s$.

تمرين 7

1 ـ تعبير الطاقة الميكانيكية في الموضع A :

$$E_m(A)=E_C(A)+E_{pp}(A)$$

$E_C(A)=0$ لأن $v_A=0$ و $E_{pp}(A)=mgz_A$ (اختير كحالة مرجعية سطح الأرض z=0)

بحيث أن $z_A=AB\sin\theta+r(1-\cos\theta)$ أي أن $E_m(A)=mgr(1+4\sin\theta-\cos\theta)$

تطبيق عددي : $E_m(A)=9,71\,J$

R

2 ـ حساب طاقة الوضع الثقالية في الموضع B : $E_{PP}(B) = mgz_B = mgr(1-\cos\theta)$

تطبيق عددي : $E_{pp}(B) = 1,23J$

حساب الطاقة الحركية للجسم S في B .

بما أن الطاقة الميكانيكية تنحفظ لغياب الاحتكاكات وأن وزن الجسم القوة الوحيدة التي تشتغل :

$E_m(B) = E_C(B) + E_{pp}(B) \Rightarrow E_C(B) = E_m(B) - E_{pp}(B)$ وبما أن الطاقة الميكانيكية تنحفظ :

$E_m(A) = E_m(B) = 9,71J$

وبالتالي $E_C(B) \simeq 8,48J$

3 ـ نطبق مبرهنة الطاقة الحركية بين D و B :

$W_{B\to D}(\vec{R}) = 0$

$v_D = \sqrt{v_B^2 - 2gr\left(\frac{1}{2} + \cos\theta\right)}$ تطبيق عددي : $v_D = 4,39m/s$

2 ـ الطاقة المفقودة على شكل حرارة أثناء الانتقال AB :

$\Delta E_m = E_m(B) - E_m(A)$ بحيث أن $E_m(A) = 9,71J$ و $E_m(B) = \frac{mv_B^2}{2} + 1,23J = 5,23J$

وبالتالي $\Delta E_m = -5,71J$ أي أن الطاقة المفقودة على شكل حرارة هي $\Delta E_m = -Q$ أي أن $Q = 5,71J$

شدة القوة $\vec{f}$:

$\Delta E_m = -f.AB \Rightarrow f = -\frac{\Delta E_m}{AB} = 2,85N$