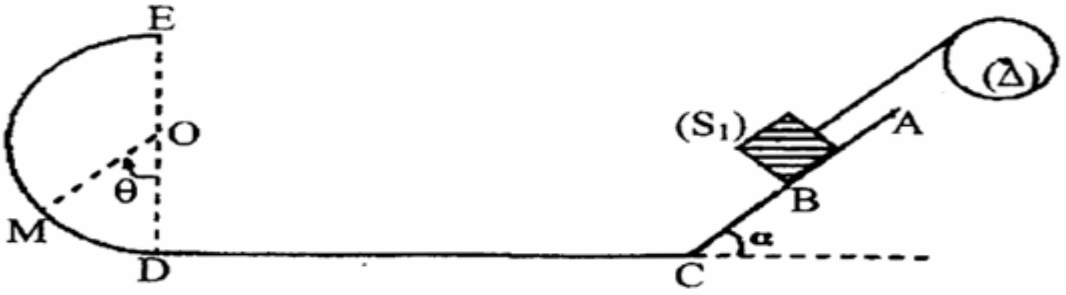
Talamid.ma : هذا الملف تم تحميله من موقع
(خاصة بتلاميذ العلوم الرياضية والفيزيائية)


## 1 –التمرين الأول :

نعتبر سكة $ABCDE$ في مستوى رأسي مكونة من أربعة أجزاء.

- الجزءان $AB$ و $BC$ مستقيمان ومائلان بزاوية $\alpha$ بالنسبة للمستوى الأفقي.
- الجزء $CD$ مستقيمي وأفقي.
- الجزء $DE$ نصف دائري شعاعه $r'=32cm$ ومركزه $O$

نثبت جسما $S_1$ كتلته $m_1=0,9kg$ في طرف خيط كتلته مهملة وغير قابل للامتداد.
نلف الطرف الآخر للخيط حول مجرى بكرة شعاعها $r=10cm$ وعزم قصورها، بالنسبة لمحور تماثلها هو $J_\Delta=10^{-3}kg.m^2$ . نعتبر أن البكرة قابل للدوران حول محور $(\Delta)$ أفقي منطبق مع محور تماثلها، بدون احتكاك، وأن الجسم $S_1$ ينزلق فوق السكة بدون احتكاك عدا فوق الجزء $BC$. نعطي: $AB=1m$ ; $g=10m.s^{-2}$ ; $\alpha=30°$ .
نحرر المجموعة بدون سرعة بدئية، فينزلق $S_1$ فوق AB وفي نفس الوقت تدور البكرة حول المحور $\Delta$.




1 – عبر عن السرعة $V_B$ للجسم $S_1$ عند مروره من النقطة B بدلالة $m_1$ و $r$ و $J_\Delta$ و $\alpha$ و $AB$ و g واحسب $V_B$.

2 – عند لحظة مرور $S_1$ من *النقطة B ينفصل* الخيط عن $S_1$ ويتابع هذا الأخير حركته فوق السكة فيمر من النقطة $C$ بسرعة $V_C=V_B=3m.s^{-1}$ .

2-1 – بتطبيق العلاقة الأساسية للديناميك، عبر عن معامل الاحتكاك $K$ بين $S_1$ والجزء $BC$ بدلالة $\alpha$ احسب $K$.

2-2 – استنتج شدة القوة $\vec{R}$ التي يطبقها الجزء $BC$ على $S_1$ أثناء حركته.

3 – يتابع الجسم $S_1$ حركته بنفس السرعة $V_C$ فوق الجزء الأفقي $CD$.

3-1 – عبر عن سرعة $S_1$ في نقطة $M$ من السكة ممعلمة بالزاوية $\theta=(OD;OM)$ بدلالة $V_C$ و $r'$ و $\theta$ و $g$ .

3-2 – عبر عن شدة القوة $\vec{R}$ التي تطبقها السكة على $S_1$ عند $M$ بدلالة $V_C$ و $r'$ و $\theta$ و $g$ و $m_1$.

---

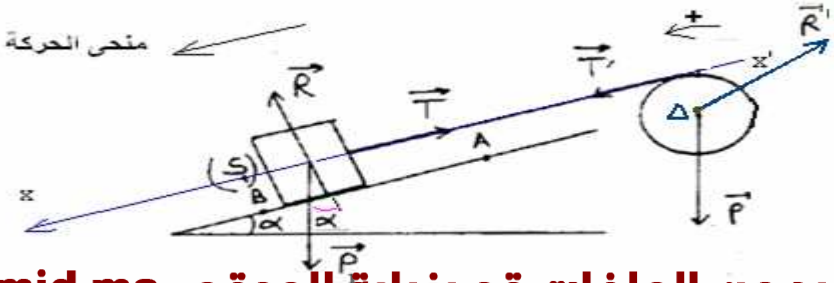
3-3 – حدد النقطة التي يغادر عندها $S_1$ السكة علما أن سرعته عند النقطة $D$ تأخذ القيمة $V_2=4m.s^{-1}$

**********

## تصحيح:

**1 - بتطبيق العلاقة المستقلة عن الزمن على الجسم $S_1$ بين B وA :**

$$v_B^2 - v_A^2 = 2.a.AB \quad \Leftarrow \quad v_A = 0 \text{ مع} \quad v_B = \sqrt{2.a.AB} \qquad (1)$$




للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

هذا الملف تم تحميله من موقع Talamid.ma

بتطبيق العلاقة الأساسية للتحريك على البكرة : أي : $\Sigma M_{F/\Delta} = J_\Delta.\ddot{\theta}$ ومنه : $0+0+T.r = J_\Delta.\ddot{\theta}$ (a) $T' = \frac{J_\Delta.\ddot{\theta}}{r}$

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الجسم $S_1$ لدينا : أي : $\Sigma\vec{F} = m_1.\vec{a}_G$ بالإسقاط على المحور x'x : $\vec{P}_1 + \vec{R} + \vec{T} = m_1.\vec{a}_G$

ومنه : $-P_1.\sin\alpha + 0 + T = m_1.a$ وبما أن الخيط غير قابل للمد فإن : $T' = T$ ومنه : $+P_1.\sin\alpha + 0 - T = m_1.a$

$m_1.\sin\alpha - \frac{J_\Delta.a}{r^2} = m_1.a$ العلاقة السابقة تصبح : $\ddot{\theta} = \frac{a}{r}$ $\Leftarrow$ $a = r.\ddot{\theta}$ ونعلم أن : $+m_1.g.\sin\alpha - \frac{J_\Delta.\ddot{\theta}}{r} = m_1.a$

$v_B = \sqrt{\frac{2.m_1.g.\sin\alpha.AB}{m_1 + \frac{J_\Delta}{r^2}}}$ وبالتعويض في العلاقة (1) $a = \frac{m_1.g.\sin\alpha}{\frac{J_\Delta}{r^2} + m_1}$ ومنه : $a(\frac{J_\Delta}{r^2} + m_1) = m_1.g.\sin\alpha$

تطبيق عددي: $v_B = \sqrt{\frac{2\times0,9\times10.\sin30\times.1}{0,9 + \frac{10^{-3}}{0,1^2}}} = 3m/s$.

أو بطريقة أخرى :

نطبق مبرهنة الطاقة الحركية على $(S_1)$ بين اللحظتين $t_A$ و $t_B$ :

$\frac{1}{2}m_1(V_B^2 - V_A^2) = W(\vec{P}) + W(\vec{R}) + W(\vec{T})$ $\Leftarrow$ $\frac{1}{2}m_1V_B^2 - \frac{1}{2}m_1V_A^2 = \Sigma W(\vec{F})$

* نطبق مبرهنة الطاقة الحركية على البكرة بين اللحظتين $t_A$ و $t_B$ :

$\frac{1}{2}J_\Delta\omega_B^2 - \frac{1}{2}J_\Delta.\omega_A^2 = W(\vec{P}') + W(\vec{T}') + W(\vec{R}')$

نحصل على : $\frac{1}{2}m_1V_B^2 = m_1g\sin\alpha - \frac{1}{2}J_\Delta\omega_B^2$ وبتعويض $W(T)$ بقيمته في العلاقة (1)،

وبما أن الخيط لا ينزلق على مجرى البكرة وغير قابل للامتداد، فإن : $r\omega_B = V_B$

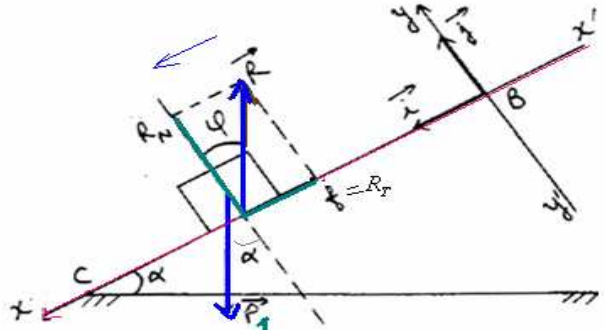
$\frac{1}{2}V_B^2(m_1 + \frac{J_\Delta}{r^2}) = m_1gAB\sin\alpha$ $\Leftarrow$ $\frac{1}{2}mV_B^2 + \frac{1}{2}J_\Delta.\frac{V_B^2}{r^2} = m_1.g.AB.\sin\alpha$

$V_B = \sqrt{\frac{2m_1g.AB.\sin\alpha}{m_1 + \frac{J_\Delta}{r^2}}} = \sqrt{\frac{2.0,9.10.\sin30°}{0,9 + \frac{10^{-3}}{(0,1)^2}}} = 3,0\ m.s^{-1}$ : ومنه

---

-2 -1-2 بما أن الجسم $S_1$ يصل إلى النقطة C بسرعة $V_C = V_B = 3m/s$ فإن حركته على الجزء BC مستقيمية منتظمة :أي تسارعه منعدم .

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن : $\Sigma\vec{F} = \vec{0}$ وبما ان الاحتكاكات غير مهملة بين B وC فإن القوة $\vec{R}$ المقورة بتاثير سطح التماس مائلة فيعكس منحى الحركة ولها مركبتين ، مماسية $f=R_T$ ومنظمية $R_N$ . انظر الشكل .




وبذلك يصبح لدينا : $\vec{P}_1 + \vec{R} = \vec{0}$ المجموعة شبه معزولة ينطبق عليها مركز القصور .

بالاسقاط على المحور x'x: $+P_1.\sin\alpha - R_T = 0$ $\Leftarrow$ $R_T = m_1.g.\sin\alpha$

بالاسقاط على المحور y'y: $-P_1.\cos\alpha + R_N = 0$ $\Leftarrow$ $R_N = m_1.g.\cos\alpha$

ومعامل الاحتكاك : $k = tg\varphi = \frac{R_T}{R_N} = \frac{m_1.g.\sin\alpha}{m_1.g.\cos\alpha} = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = tg\alpha = tg30 = 0,58$ ومنه : $\varphi = \alpha = 30°$

**********

-2-2 $R = \sqrt{R_T^{\ 2} + R_N^{\ 2}} = \sqrt{(m_1.g.\sin\alpha)^2 + (m_1.g.\cos\alpha)^2} = m_1.g = 0,9.10 = 9N$ أو من خلال العلاقة :

$\vec{P}_1 + \vec{R} = \vec{0}$ $\Leftarrow$ $R = P_1 = m_1.g = 9N$

**********

-3 1-3 بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على الجسم $S_1$ بين D و A لدينا :

لمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

Talamid.ma : هذا الملف تم تحميله من موقع

$\Delta E_{C\ D\to M} = \sum W\vec{F}_{D\to M}$ أي : $\Delta E_{C\ D\to M} = W\vec{P}_{1\ D\to M} + W\vec{R}_{D\to M}$ $\Leftarrow$ $E_{C\,M} - E_{C\,D} = m_1.g(z_D - z_M) + 0$ **(b)**

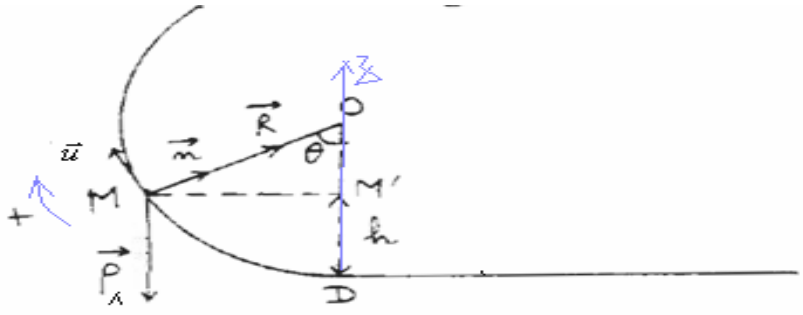
ولدينا : $z_D = 0$ و : $z_M = DM' = h = r' - r'\cos\theta = r'(1-\cos\theta)$ $\Leftarrow$ $z_D - z_M = 0 - r'(1-\cos\theta) = -r'(1-\cos\theta)$

لتعويض في **(b)** $\frac{1}{2}m_1({v_M}^2 - {v_D}^2) = -m_1.g.r(1-\cos\theta)$

أي: ${v_M}^2 - {v_D}^2 = -2.g.r'(1-\cos\theta)$ وبما أن : $v_D = v_C$ : $v_M = \sqrt{{v_C}^2 - 2.g.r'(1-\cos\theta)}$

**********

2-3 - باعتبار معلم فيريني $(o,\vec{u},\vec{n})$ في النقطة **M** . وبتطبيق القانون الثاني لنيوتن على $S_1$.




$\vec{P}_1 + \vec{R} = m_1.\vec{a}_G$ بالإسقاط على المنظمي : $R - P_1.\cos\theta = m_1.\frac{{v_M}^2}{r'}$ ومنه : $R = m_1.g.\cos\theta + m_1.\frac{{v_M}^2}{r'}$

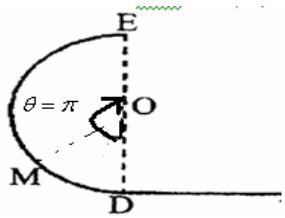
ولدينا من خلال السؤال السابق: ${v_M}^2 = {v_D}^2 - 2.g.r'(1-\cos\theta)$ $\Leftarrow$ $R = m_1.g.\cos\theta + m_1.\left[\frac{{v_D}^2}{r'} - 2.g(1-\cos\theta)\right]$

$R = m_1.g.\cos\theta + m_1\frac{{v_D}^2}{r'} - 2.m_1.g + 2.m_1.g.\cos\theta$ $\Leftarrow$ $R = 3m_1.g.\cos\theta + m_1\frac{{v_C}^2}{r'} - 2.m_1.g = m_1.g\left[.3\cos\theta - 2 + \frac{{v_D}^2}{r'.g}\right]$

عند مغادرة المستوى المائل يكون تأثير السكة منعدما : $R = 0$ و $v_D = v_2 = 4m/s$

زمنه : $3.\cos\theta - 2 + \frac{{v_2}^2}{r'.g} = 0$ ومنه : $\cos\theta = \frac{2}{3} - \frac{{v_2}^2}{3.r'.g} = \frac{2}{3} - \frac{4^2}{3\times 0{,}32\times 10.} = -1$ $\Leftarrow$ $\theta = \pi$

الجسم يغادر السكة عند النقطة **E**.



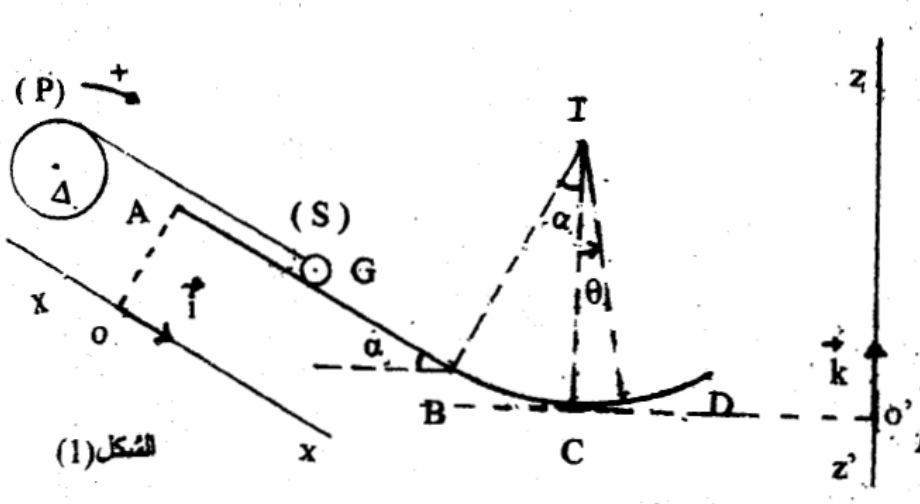

---

## 2 –التمرين الثاني :

نعتبر المجموعة الممثلة في الشكل(1) حيث

– (P) بكرة متجانسة شعاعها r = 5cm قابلة للدوران في مستوى رأسي حول محور أفقي (Δ) ثابت يمر من مركزها. عزم قصور البكرة بالنسبة للمحور(Δ)هو $J_\Delta = 2.10^{-3} kg.m^2$.

– (S) كرية صلبة مركز قصورها G كتلتها m = 0,1kg مرتبطة بطرف خيط غير قابل للامتداد و كتلته مهملة،ملفوف حول مجرى البكرة. يمكن للكرية(S) أن تنزلق على سكة ABCD رأسية،هذه السكة مكونة من جزء مستقيمي AB مائل بالزاوية $\alpha = 30°$ بالنسبة للمستوى الأفقي و جزء BCD من دائرة مركزها I و شعاعها R=1m. نعتبر أن الاحتكاكات على السكة مهملة و أن الخيط لا ينزلق على مجرى البكرة ونأخذ $g=10m.s^{-2}$.

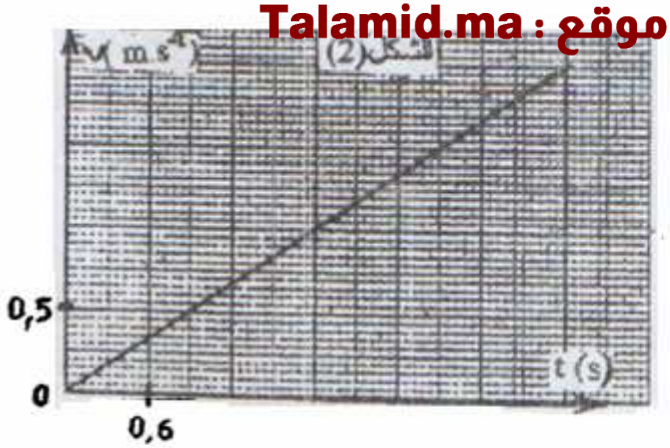



1- نحرر المجموعة في لحظة نعتبرها أصلا للتواريخ t = 0، فتنزلق الكرية بدون سرعة بدئية من الموضع A الذي يطابق أصل المعلم $(O,\vec{i})$ وتمر في اللحظة ذات التاريخ $t_1$=2,7s من الموضع B بالسرعة $v_B$. نعلم موضع G في كل لحظة بالأفصول x

Talamid.ma : للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع

Talamid.ma : هذا الملف تم تحميله من موقع

في المعلم $(O,\vec{i})$.




يمثل المنحنى في الشكل(2) تغيرات سرعة G بدلالة الزمن.

1.1- حدد طبيعة حركة كل من (S) و(P).

1.2- حدد قيمة $v_B$.

2- تنفصل الكرية،عند مرورها من الموضع B في التاريخ $t_1$، عن الخيط فتتوقف البكرة (P) بعد انجازها 10دورات ابتداء من التاريخ $t_1$.

2.1- احسب السرعة الزاوية للبكرة في التاريخ $t_1$.

2.2- علما أن البكرة تخضع لمزدوجة مقاومة عزمها M ثابت.

احسب قيمة M.

3- بعد انفصالها عن الخيط تنزلق الكرية على الجزء BCD من السكة ، حيث تدرس حركة مركز قصورها G. نأخذ $IG \approx R$.

3.1- بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية،أوجد تعبير $v_C$ سرعة الكرية عند مرورها بالموضع C بدلالة R و g و $\alpha$ و $V_B$.

احسب قيمة $v_C$.

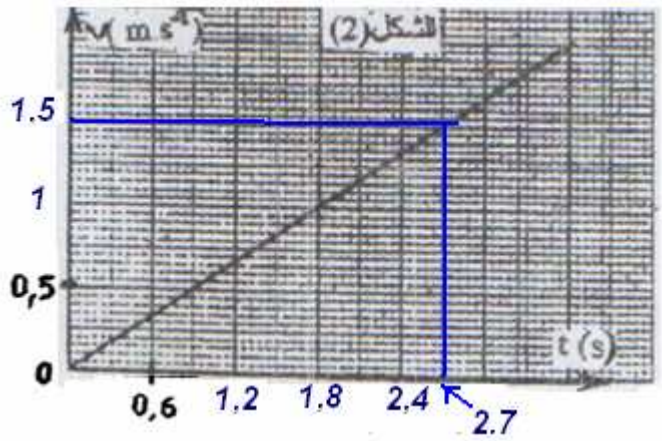
3.2- بتطبيق العلاقة الأساسية للديناميك،أوجد تعبير شدة القوة $\vec{F}$ التي تؤثر بها السكة BCD على الكرية في الموضع C، بدلالة m و R و g و $v_C$. احسب F.

**********

## تصحيح

**1- 1-1-** حركة S مستقيمية متغيرة بانتظام متسارعة بينما حركة البكرة P دورانية متغيرة بانتظام.

**1-2-** بما أن الجسم يمر من الموضع B عند اللحظة $t=2,7s$ بالسرعة $v_B$ نجد مبيانيا :




نجد $v_B = 1,5m/s$

أو من خلال الشكل 2 منحنى v بدلالة t مستقيم يمر من أصل المعلم إذن : $v = k.t$ مع : $k = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1-0}{1,8-0} = \frac{5}{9} \approx 0,56$

ومنه : $v = 0,56.t$ إذن : $a = \frac{dv}{dt} = 0,56m/s^2$ . $v_B = \frac{5}{9}.t = \frac{5}{9} \times 2,7 = 1,5m/s$

**2-1- 2-** $\omega_1 = \frac{v_B}{r} = \frac{1,5}{0,05} = 30rad/s$ .

**2-2 – بتطبيق العلاقة المستقلة عن الزمن على البكرة بين لحظة انفلات الحبل ولحظة التوقف :**

$\omega_f^2 - \omega_i^2 = 2..\ddot{\theta}.\Delta\vartheta$ مع : $\omega_f = 0$ و : $\Delta\theta = 2.\pi.n$ $\Leftarrow$ $-\omega_i^2 = 4..\ddot{\theta}.\pi.n$ $\Leftarrow$ $\ddot{\theta} = \frac{-\omega_1^2}{4\pi.n}$

بتطبيق العلاقة الأساسية للتحريك على البكرة : $\Sigma M\vec{F}_{/\Delta} = J_\Delta.\ddot{\theta}$ أي : $M\vec{P} + M\vec{R} + M = J_\Delta.\ddot{\theta}$ أي : $0 + 0 + M = J_\Delta.\ddot{\theta}$

ومنه : $M = -\frac{J_\Delta.\omega_1^2}{4\pi.n} = -\frac{2.10^{-3} \times 30^2}{4\pi.10} = -1,4.10^{-2}\,N.m$

الطريقة الثانية :

*بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على البكرة بين لحظة انفلات الحبل ولحظة التوقف :

$E_{C.f} - E_{C.i} = \underset{i\to f}{W\vec{P}} + \underset{i\to f}{W\vec{R}} + W(Cfrott)$ $\Leftarrow$ $0 - \frac{1}{2}J_\Delta.\omega_i^2 = 0 + 0 + M.\Delta\theta$ مع : $\Delta\theta = 2.\pi.n$

ومنه : $M = -\frac{J_\Delta.\omega_1^2}{4\pi.n} = -\frac{2.10^{-3} \times 30^2}{4\pi.10} = -1,4.10^{-2}\,N.m$

3- بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على الكرية بين B و C.

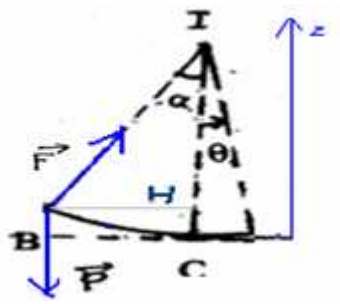
$\underset{B\to C}{\Delta E_C} = \underset{B\to C}{\Sigma W\vec{F}}$

Talamid.ma : للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع

هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

$E_{CC} - E_{CB} = W_{B\to C}(\vec{F}) + W_{B\to C}(\vec{P})$

$E_{CC} - E_{CB} = mg(z_B - z_C) + 0$ مع : $z_C = 0$ و : $z_B = r - r\cos\alpha$




$\frac{1}{2}m.v_C^{\,2} - \frac{1}{2}m.v_B^{\,2} = m.gR.(1-\cos\alpha) \Leftarrow$ ومنه : $v_C^{\,2} - v_B^{\,2} = 2.gR.(1-\cos\alpha)$ . $v_C = \sqrt{v_B^{\,2} + 2.gR.(1-\cos\alpha)}$ .

ت.ع: $v_C = \sqrt{(1,5)^2 + 2.\times 10\times 1.(1-\cos 30)} = 2,22m/s$ .

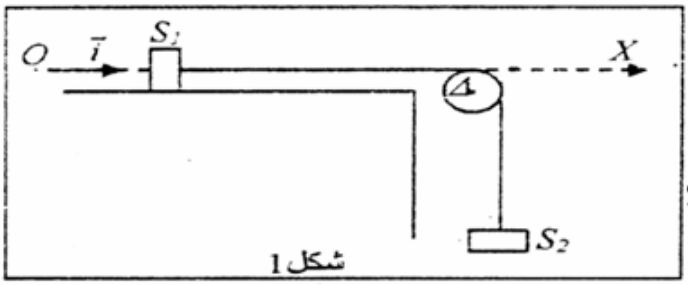
2-3- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الكرية على الجزء BCD $\Sigma\vec{F} = m.\vec{a}_G$

تخضع الكرية لوزنها: $\vec{P}$ وللقوة : $\vec{F}$ المطبقة من طرف سطح التماس وهي عمودية على السطح .

بالاسقاط على المنظمي : $\vec{F} + \vec{P} = m.\vec{a}_G$ $\Leftarrow$ $F - P = m.\frac{v_c^{\,2}}{R}$ $F = m(g + \frac{v_c^{\,2}}{R}) = 0,1\times\left[10 + \frac{(2,22)^2}{1}\right] = 1,49N$

---

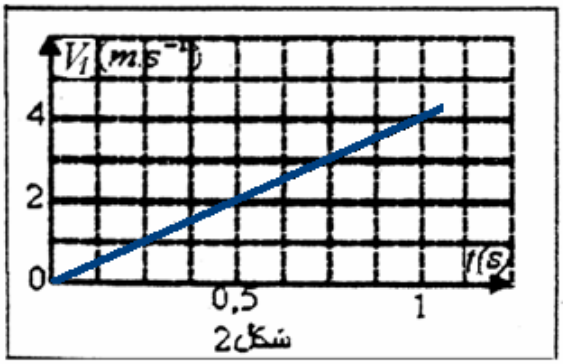
## 3) التمرين الثالث :



شكل 1

1- تتكون المجموعة الممثلة في الشكل 1 من:

- جسم صلب $S_1$ كتلته $M_1$ ينزلق بدون احتكاك فوق منضدة أفقية.
- جسم صلب $S_2$ كتلته $M_2$ مرتبط بالجسم $S_1$ بواسطة خيط غير قابل للامتداد وكتلته مهملة.
- بكرة $(P)$ كتلتها $M$ وشعاعها $R$ قابلة للدوران بدون احتكاك حول محورها $(\Delta)$ ويمر عبر مجراها الخيط الذي نعتبره لا ينزلق خلال الحركة. نحرر المجموعة عند اللحظة $t=0s$ بدون سرعة بدئية بحيث ينطلق الجسم $S_1$ من نقطة أفصولها على المحور $\overline{OX}$ هو $0,5cm$ ونحدد تجريبيا تغير $V_1$ سرعة $S_1$ بدلالة الزمن فنحصل على الشكل 2.



شكل 2

1-1- اكتب التعبير العددي ل $V_1$ بدلالة الزمن.

1-2- استنتج طبيعة حركة $S_1$ وأعط معادلتها الزمنية $x=f(t)$.

1-3- بين أن ل $S_1$ و $S_2$ نفس التسارع $a$.

1-4- بتطبيق العلاقة الأساسية للديناميك على كل من $S_1$ و $S_2$ و $(P)$ ، أوجد العلاقة بين التسارع $a$ وشدة الثقالة $g$. نعطي: عزم قصور البكرة $J_\Delta = \frac{1}{2}MR^2$ بالنسبة للمحور $(\Delta)$ و $M_1=M_2=M$ .

**********

---

تصحيح التمرين الثالث:

---

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma

هذا الملف تم تحميله من موقع Talamid.ma

$V_1 = k.t$ : حسب مبيان

1.1 ـ حيث K المعامل الموجه للمستقيم :

$$K = \frac{\Delta V_1}{\Delta t} = \frac{4-0}{1-0} = 4\ m.s^{-2}$$

2.1 ـ المسار مستقيمي و التسارع ثابت السرعة تزايدية .

إذن الحركة مستقيمية متسارعة بانتظام ، معادلتها الزمنية :

$x = \frac{1}{2}a_1 t^2 + V_0.t + x_0$ . نحدد الثوابت $x_0$ و $V_0$ انطلاقا من الشروط البدئية

عند $t=0$ ، تكون : $V_0 = 0$ و $x_0 = 0{,}5cm$ إذن :

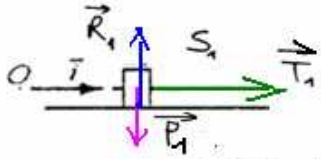
$$\boxed{x = 2t^2 + 5.10^{-3}}$$

3.1 ـ بما أن الخيط الرابط بين $(S_1)$ و $(S_2)$ غير قابل للامتداد ، فإنه عند انتقال $S_1$ بالمسافة $x_1$ ينتقل $(S_2)$ بالمسافة $x_2$ حيث : $x_1 = x_2$ في كل لحظة .

نشتق $x_1$ و $x_2$ بالنسبة للزمن ، $\dot{x}_1 = \dot{x}_2$ $\Leftarrow$ $\dot{x}_1 = \dot{x}_2$

أي أن : $a_1 = a_2 = a = 4\ m.s^{-2}$

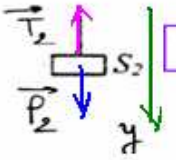
لـ $(S_1)$ و $(S_2)$ نفس السرعة و نفس التسارع في كل لحظة .




المجموعة المدروسة { الجسم $S_1$ } نخضع $(S_1)$ خلال حركته لـ :

- $\vec{P}_1$ : وزنه .
- $\vec{R}_1$ : تأثير السطح الأفقي .
- $\vec{T}_1$ : تأثير الخيط (1)

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على $S_1$ : $\vec{P}_1 + \vec{R}_1 + \vec{T}_1 = M_1\vec{a}$ نسقط على $x'x$ : $T_1 = M_1 a$




المجموعة المدروسة { الجسم $S_2$ } نخضع $(S_2)$ خلال حركته لـ :

- $\vec{P}_2$ : وزنه
- $\vec{T}_2$ : تأثير الخيط (2)

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الجسم $S_2$ : $\vec{P}_2 + \vec{T}_2 = M\vec{a}$

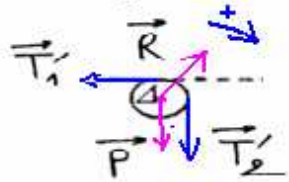
نسقط هذه العلاقة على $y'y$ : $M_2 g - T_2 = Ma$

$$\boxed{T_2 = M_2 g - Ma}$$

المجموعة المدروسة { البكرة }

نخضع البكرة أثناء دورانها حول المحور $(\Delta)$ لـ :

- $\vec{P}$ : وزنها .
- $\vec{R}$ : تأثير محور الدوران .
- $\vec{T}'_1$ : تأثير الخيط (1)
- $\vec{T}'_2$ : تأثير الخيط (2)




$$M_\Delta(\vec{P}) + M_\Delta(\vec{R}) + M_\Delta(\vec{T}'_1) + M_\Delta(\vec{T}'_2) = J_\Delta.\ddot{\theta}$$ : مع $M_\Delta(\vec{P}) = 0$ و $M_\Delta(\vec{R}) = 0$

$T'_2 = T_2$ و $T'_1 = T_1$ $\Leftarrow$ الخيط غير قابل للمد $J_\Delta.\ddot{\theta} = rT'_2 - rT'_1$

الخيط لا ينزلق على البكرة : $\ddot{\theta} = \frac{a}{r}$

نحصل على :

$$J_\Delta.\frac{a}{r} = rM_2(g-a) - rM_1 a$$

$$a\left(\frac{J_\Delta}{r^2} + M_2 + M_1\right) = M_2 g$$

$$\boxed{a = \frac{M_2}{\frac{J_\Delta}{r^2} + M_2 + M_1}.g}$$

مع : $M_1 = M_2 = M$ و $J_\Delta = \frac{1}{2}Mr^2$

نكتب :

$$a = \frac{M}{5.\frac{M}{2}}.g = \frac{2}{5}g.$$

للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع : Talamid.ma