

تمارين حول حركة دوران جسم صلب حول محور ثابت

تمرين 1 :

نهمل جميع الاحتكاكات ونأخذ $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

نعتبر المجموعة (S) الممثلة في الشكل (1) والمتكونة من :

- بكرة متجانسة شعاعها $r = 5 \text{ cm}$ ملتحمة بساق طولها $MN = 2L = 40 \text{ cm}$ يتطابق مركز قصورها مع المركز G للبكرة . المجموعة {الساق ، البكرة} قابلة للدوران في المستوى الرأسي حول محور أفقي (Δ) ثابت يمر بالمركز G .

عزم قصور المجموعة بالنسبة للمحور (Δ) هو J_Δ .

- خيط غير مدود كتلته مهملة ملفوف حول مجرى البكرة و ثبت أحد طرفيه بجسم صلب (S_1) كتلته $m_1 = 0,8 \text{ kg}$ ومركز قصوره G_1 . الجسم الصلب (S_1) قابل للانزلاق على مستوى مائل بزاوية $\alpha = 30^\circ$ بالنسبة للمستوى الأفقي وفق الخط الأكبر ميلا .

نعتبر أن الخيط لا ينزلق على مجرى البكرة أثناء الحركة .

نحرر المجموعة (S) بدون سرعة بدئية عند اللحظة $t = 0$ حيث يكون G_1 منطبقا مع الاصل O للمعلم ($O, \vec{t}$) . نمعلم عند كل لحظة موضع G_1 بالافصول x .

1- يمثل منحنى الشكل (2) تغيرات V^2 مربع السرعة للجسم (S) بدلالة x .

1.1- باستعمال المعادلات الزمنية للحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام بين العلاقة : $V^2 = 2ax$

2.1- باستعمال المبيان $V^2 = f(x)$ حدد a تسارع الجسم (S_1) واستنتج قيمة التسارع الزاوي $\ddot{\theta}$ للمجموعة {الساق ، البكرة}.

2- باعتبار المجموعة {الساق ، البكرة}.

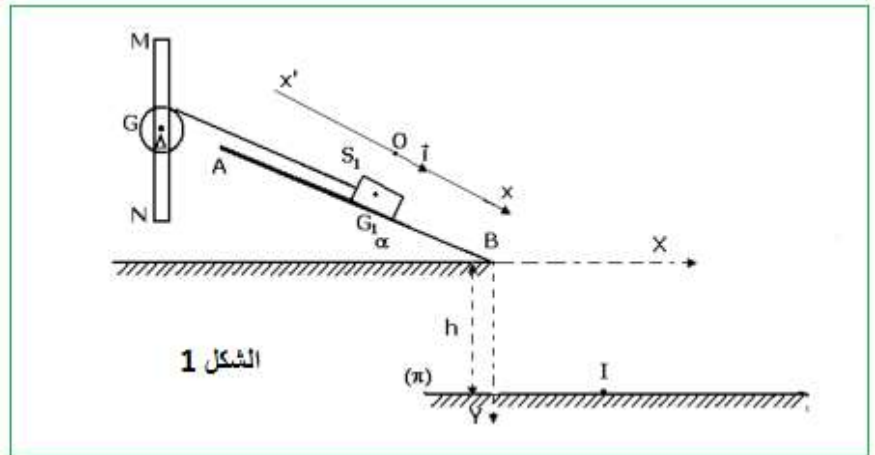
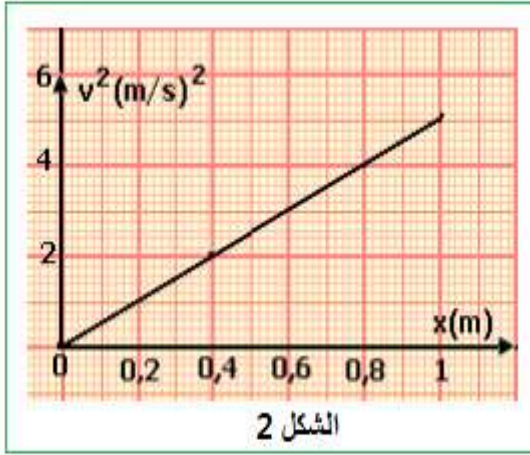
1.2- بالاعتماد على الدراسة التحريكية بين ان تعبير التسارع a يكتب على الشكل : $a = \frac{m_1 \cdot g \cdot \sin \alpha}{m_1 + \frac{J_\Delta}{r^2}}$

2.2- استنتج قيمة J_Δ عزم قصور المجموعة .

3- ينفصل الجسم (S_1) عن الخيط لحظة مروره بالنقطة B ذات الأفصول $x_B = 0,8 \text{ m}$ فيسقط عند النقطة I من المستوى الأفقي (π) الذي يوجد على مسافة $h = 1 \text{ m}$ من النقطة B .

1.3- أحسب السرعة V_B للجسم (S_1) عند النقطة B واستنتج السرعة الخطية V_M للطرف M للساق بعد انفصال الجسم (S_1) عن الخيط .

2.3- أوجد إحداثيات النقطة I في المعلم ($\vec{BX}, \vec{BY}$) .



التصحيح

1.1- إثبات العلاقة : $V^2 = 2a \cdot x$

المعادلات الزمنية للحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام تكتب :

$$\begin{cases} V = a \cdot t + V_0 \\ x = \frac{1}{2} a \cdot t^2 + V_0 \cdot t + x_0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V = a \cdot t \\ x = \frac{1}{2} a \cdot t^2 \end{cases}$$

مع : $V_0 = 0$ و $x_0 = 0$

نقصي الزمن t من المعادلتين الزميتين نحصل على :

$$\begin{cases} V^2 = a^2 \cdot t^2 \\ x = \frac{1}{2} a \cdot t^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{V^2}{x} = \frac{a^2 \cdot t^2}{\frac{1}{2} a \cdot t^2} = 2a \Rightarrow \mathbf{V^2 = 2a \cdot x}$$

2.1- تحديد a و استنتاج $\ddot{\theta}$

المنحنى الممثل ل $V^2 = f(x)$ عبارة عن دالة خطية معادلتها تكتب : $V^2 = K \cdot x$

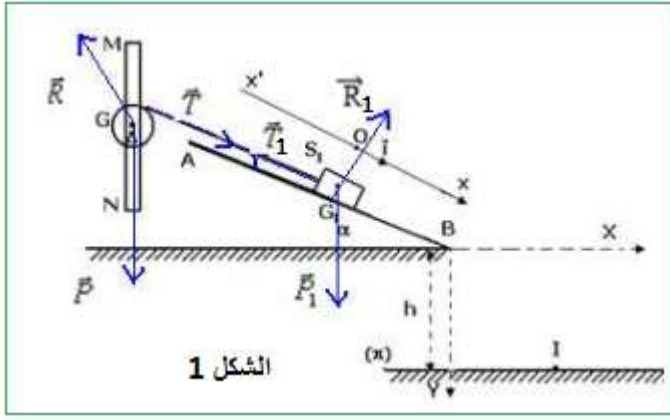
مع K المعامل الموجه للمنحنى : $K = \frac{\Delta V^2}{\Delta x} = \frac{2-0}{0.4-0} = 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

حسب العلاقة $V^2 = 2a \cdot x$ نستنتج : $2a = K$ أي : $a = \frac{K}{2} = 2,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

حساب التسارع الزاوي للمجموعة : $\ddot{\theta} = \frac{a}{r} \Rightarrow \ddot{\theta} = \frac{2,5}{5 \times 10^{-2}} = \mathbf{50 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}}$

1.2- إثبات تعبير التسارع

الدراسة التحريكية للجسم (S_1)



المجموعة المدروسة : الجسم (S_1)

جرد القوى : وزن الجسم $\vec{P}_1$ ، تأثير السطح المائل $\vec{R}_1$ و تأثير الخيط $\vec{T}_1$

المعلم المرتبط بالارض نعتبره غاليليا .

تطبق القانون الثاني لنيوتن : $\sum \vec{F}_{ext} = m_1 \cdot \vec{a}$ ومنه :

$$\vec{P}_1 + \vec{R}_1 + \vec{T}_1 = m_1 \cdot \vec{a}$$

اسقاط العلاقة على المحور $(O, \vec{t})$:

$$P_1 \sin \alpha - T_1 = m_1 \cdot a \Rightarrow T_1 = m_1 \cdot g \cdot \sin \alpha - m_1 \cdot a \quad (1) \Rightarrow T_1 = m_1 \cdot (g \cdot \sin \alpha - a)$$

الدراسة التحريكية للبكرة (S)

المجموعة المدروسة : البكرة (S)

جرد القوى : وزن البكرة $\vec{P}$ ، تأثير محور الدوران $\vec{R}$ و تأثير الخيط $\vec{T}$.

نطبق العلاقة الاساسية للديناميك في حالة الدوران نكتب : $\sum M_{\Delta}(\vec{F}_{ext}) = J_{\Delta} \ddot{\theta}$

$$M_{\Delta}(\vec{P}) + M_{\Delta}(\vec{R}) + M_{\Delta}(\vec{T}) = J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta} \quad (2)$$

مع : $M_{\Delta}(\vec{P}) = M_{\Delta}(\vec{R}) = 0$ خط تأثير القوتين يقطع محور الدوران

باعتبار المنحنى الموجب للدوران نكتب : $M_{\Delta}(\vec{T}) = T \cdot r$

المعادلة (2) تكتب : $T \cdot r = J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta}$

بما ان الخيط غير مدود و كتلته مهملة فان : $T = T_1$ كما انه لا ينزلق على مجرى البكرة ومنه : $a = r \cdot \ddot{\theta}$ أي : $\ddot{\theta} = \frac{a}{r}$

لدينا : $T \cdot r = J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta}$ أي : $(m_1 \cdot g \cdot \sin \alpha - m_1 \cdot a) \cdot r = J_{\Delta} \cdot \frac{a}{r}$

$$m_1 \cdot g \cdot \sin \alpha = m_1 \cdot a + J_{\Delta} \cdot \frac{a}{r^2} \Rightarrow m_1 \cdot g \cdot \sin \alpha = a \left(m_1 + \frac{J_{\Delta}}{r^2} \right) \Rightarrow a = \frac{m_1 \cdot g \cdot \sin \alpha}{m_1 + \frac{J_{\Delta}}{r^2}}$$

2.2- حساب J_{Δ}

حسب العلاقة : $(m_1 \cdot g \cdot \sin \alpha - m_1 \cdot a) \cdot r = J_{\Delta} \cdot \frac{a}{r}$ نحصل على : $J_{\Delta} = \frac{(m_1 \cdot g \cdot \sin \alpha - m_1 \cdot a) \cdot r^2}{a}$

ت.ع :

$$J_{\Delta} = \frac{(0,8 \times 10 \times \sin(30^\circ) - 0,8 \times 2,5) \times (5 \times 10^{-2})^2}{2,5} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

1.3- حساب V_B

عند الافصول $x_B = 0,8 \text{ m}$ تكتب المعادلة $V^2 = 2a \cdot x$ على الشكل : $V_B^2 = 2a \cdot x_B$

$$V_B = \sqrt{2 \times 2,5 \times 0,8} = 2 \text{ m.s}^{-1} \quad \text{ت.ع.} \quad V_B = \sqrt{2a \cdot x_B} \quad \text{أي:}$$

ملحوظة :

يمكن استعمال مبيان الشكل 2 حيث عند $x_B = 0,8 \text{ m}$ نجد : $V_B^2 = 4 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^2$ أي: $V_B = 2 \text{ m.s}^{-1}$
استنتاج السرعة الخطية للطرف M :

$$\dot{\theta} = \frac{V_B}{r} = \frac{V_M}{L} \Rightarrow V_M = \frac{L}{r} \cdot V_B \Rightarrow V_M = \frac{20}{5} \times 2 = 8 \text{ m.s}^{-1}$$

2.3- تحديد إحداثيات النقطة I

نحدد أولا معادلة المسار :

اجسم (S_1) تخضع في مجال الثقالة الى $\vec{P}$ وزنه فقط

نطبق القانون الثاني لنيوتن :

$$\vec{P} = m_1 \cdot \vec{a}_G \quad \text{أي} \quad m_1 \cdot \vec{g} = m_1 \cdot \vec{a}_G \quad \text{وبالتالي} \quad \vec{a}_G = \vec{g}$$

الاسقاط على المحورين (Bx) و (By) :

إحداثيات متجهة تسارع مركز القصور :

$$\vec{a}_G \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = g \end{cases}$$

حسب الشروط البدئية :

$$\vec{V}_B \begin{cases} V_{Bx} = V_B \cdot \cos \alpha \\ V_{By} = V_B \cdot \sin \alpha \end{cases} \quad ; \quad \vec{BG}_0 \begin{cases} x_B = 0 \\ y_B = 0 \end{cases}$$

إحداثيات متجهة سرعة مركز القصور :

$$\vec{V}_G \begin{cases} V_x = V_{Bx} = V_B \cdot \cos \alpha \\ V_y = g \cdot t + V_{By} = -g \cdot t + V_B \cdot \sin \alpha \end{cases}$$

إحداثيات مركز القصور :

$$\begin{cases} x(t) = V_B \cdot \cos \alpha \cdot t + x_B \\ y(t) = \frac{1}{2} g \cdot t^2 + V_B \cdot \sin \alpha \cdot t + y_B \end{cases}$$

المعادلات الزمنية للحركة :

$$x(t) = V_B \cdot \cos \alpha \cdot t$$

$$y(t) = \frac{1}{2} g \cdot t^2 + V_B \cdot \sin \alpha \cdot t$$

معادلة المسار:

$$t = \frac{x}{V_B \cdot \cos \alpha} \quad \text{نعوض } t \text{ في المعادلة الزمنية} \quad y(t) = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + V_B \cdot \sin \alpha \cdot t \quad \text{نحصل على} :$$

$$y = \frac{1}{2} g \cdot \left(\frac{x}{V_B \cdot \cos \alpha} \right)^2 + V_B \cdot \sin \alpha \cdot \frac{x}{V_B \cdot \cos \alpha}$$

$$y = \frac{g}{2V_B^2 \cdot \cos^2 \alpha} \cdot x^2 + x \cdot \tan \alpha$$

إحداثيات I نقطة السقوط

ليكن $y_B = h$ أرتوب النقطة B و $x_B > 0$ أفصولها موجب ، معادلة المسار تكتب :

$$h = \frac{g}{2V_B^2 \cdot \cos^2 \alpha} \cdot x_B^2 + x_B \cdot \tan \alpha$$

$$\frac{g}{2V_B^2 \cdot \cos^2 \alpha} \cdot x_B^2 + x_B \cdot \tan \alpha - h = 0$$

$$\frac{10}{2 \times 2^2 \cdot \cos^2(30^\circ)} \cdot x_B^2 + x_B \cdot \tan(30^\circ) - 1 = 0$$

$$1,67 x_B^2 + 0,577 x_B - 1 = 0$$

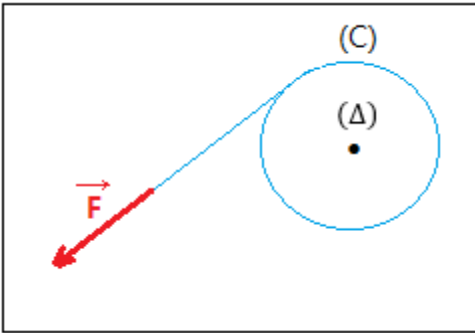
لدينا : $\Delta = 0,577^2 + 4 \times 1,67 \times 1 = 7,01 > 0$ المعادلة تقبل حلين هما :

$$\begin{cases} x_{B1} = \frac{-0,577 + \sqrt{7,01}}{2 \times 1,67} = 0,62 \text{ m} > 0 \\ x_{B2} = \frac{-0,58 - \sqrt{2,44}}{2 \times 0,42} = -0,96 \text{ m} < 0 \end{cases} \xrightarrow{\text{الحل الأنسب هو}} x_I = 0,62 \text{ m}$$

$$B(x_I = 0,62 \text{ m} ; y_I = 0,62 \text{ m})$$

إحداثيات I نقطة السقوط هي :

تمرين 2 :



يمكن لأسطوانة (C) متجانسة كتلتها $m_1 = 6 \text{ kg}$ وشعاعها $R = 12 \text{ cm}$ ، الدوران حول محور أفقي ينطبق مع محورها . حول الاسطوانة نلف خيط كتلته مهملة وغير قابل للامتداد (أنظر الشكل جانبه) .

$$J_\Delta = \frac{1}{2} m_1 \cdot R^2 \text{ بالنسبة لمحورها} ; g = 10 \text{ m.s}^{-2}$$

الجزء الاول : دوران الاسطوانة تحت تأثير الخيط

1- يطبق على الطرف الحر للخيط قوة ثابتة $\vec{F}$ ، نهمل الاحتكاكات في هذا الجزء .

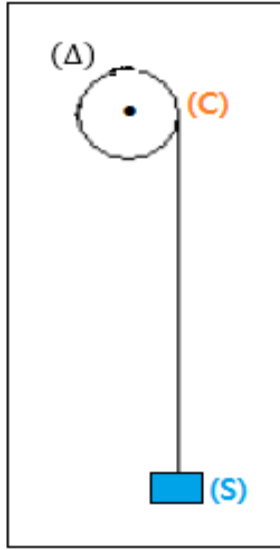
1.1- ما طبيعة حركة الاسطوانة (C) ؟

2.1- بعد المدة $t_1 = 1,5 \text{ s}$ يكون طول الخيط المنشور هو $x = 2,25 \text{ m}$. عبر بدلالة المعطيات اللازمة ثم احسب :

- الزاوية θ_1 التي دارت بها الأسطوانة (C) خلال المدة t_1 .
- تسارعها الزاوي $\ddot{\theta}$.
- شدة القوة $\vec{F}$.

2- عندما تصل سرعة الاسطوانة (C) إلى القيمة $\dot{\theta}_0 = 10 \text{ rad.s}^{-1}$ ، نحذف القوة $\vec{F}$ فتتوقف الاسطوانة (C) بعد المدة $t_2 = 50 \text{ s}$ من لحظة حذف القوة $\vec{F}$.

- 1.2- عبر عن التسارع الزاوي $\ddot{\theta}$ ، الذي نفترضه ثابتا ، بدلالة $\dot{\theta}_0$ و t_2 ثم أحسب قيمته .
 2.2- عبر بدلالة m_1 و R و t_2 عن M_f عزم مزدوجة الاحتكاك المطبقة على (C) الذي نفترضه ثابتا . ثم أحسب قيمته .



- الجزء الثاني : الدوران والإزاحة
 يلف الخيط من جديد حول الأسطوانة (C) وفي طرفه يعلق جسم صلب كتلته m_2 ثم نحرر المجموعة بدون سرعة بدئية (أنظر الشكل جانبه) .
 بعد مدة زمنية $t_3 = 5 \text{ s}$ من بداية الحركة تصل سرعة الجسم إلى $V = 10 \text{ m.s}^{-1}$.
 نهمل الاحتكاكات .
 1- أثبت العلاقة بين السرعة الزاوية للأسطوانة (C) والسرعة الخطية للجسم (S) ، ثم استنتج العلاقة بين التسارع الخطي ل (S) والتسارع الزاوي ل (C)
 2- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على (S) والعلاقة الأساسية للديناميك في حالة الدوران على (C) أثبت أن حركة (S) متسارعة بانتظام معبرا عن تسارعها بدلالة m_1 و m_2 و g .
 3- أحسب قيمة الكتلة m_2 .

التصحيح

الجزء الاول :

1.1- طبيعة الدوران

تخضع الأسطوانة (C) للقوى التالية : $\vec{P}$: وزنها ، $\vec{R}$: تأثير محور الدوران و $\vec{F}$: توتر الخيط
 نطبق العلاقة الأساسية للديناميك في حالة الدوران نكتب : $\sum M_{\Delta}(\vec{F}_{ext}) = J_{\Delta} \ddot{\theta}$
 $M_{\Delta}(\vec{P}) + M_{\Delta}(\vec{R}) + M_{\Delta}(\vec{F}) = J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta} \quad (2)$

مع : $M_{\Delta}(\vec{P}) = M_{\Delta}(\vec{R}) = 0$ خط تأثير القوتين يقطع محور الدوران

باعتبار المنحنى الموجب للدوران نكتب :

$$M_{\Delta}(\vec{F}) = F \cdot R$$

$$F \cdot R = J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta}$$

المعادلة (2) تكتب :

$$\ddot{\theta} = \frac{F \cdot R}{J_{\Delta}}$$

نستنتج تعبير التسارع الزاوي :

باعتبار $F = Cte$ تكون للأسطوانة حركة دورانية متغيرة بانتظام (متسارعة).

2.1- زاوية الدوران

العلاقة بين الافصول الزاوي (زاوية الدوران) والافصول المنحني لنقطة من محيط القرص هي :

$$s = R \cdot \theta_1$$

باعتبار الخيط غير قابل للامتداد ولا ينزلق على مجرى الأسطوانة نكتب : $x = s$ وبالتالي :

$$\theta_1 = \frac{x}{R} \Rightarrow \theta_1 = \frac{2,25}{0,12} \Rightarrow \theta_1 = 18,75 \text{ rad}$$

-التسارع الزاوي :

المعادلة الزمنية لحركة دوانية متغيرة بانتظام هي : $\theta = \frac{1}{2} \ddot{\theta} \cdot t^2 + \dot{\theta}_0 \cdot t + \theta_0$

باعتبار الشروط البدئية $\theta_0 = 0$ و $\dot{\theta}_0 = 0$ (المجموعة اطلقت بدون سرعة بدئية)

المعادلة الزمنية تصبح : $\theta = \frac{1}{2} \ddot{\theta} \cdot t^2$ وعند اللحظة t_1 نكتب : $\theta_1 = \frac{1}{2} \ddot{\theta} \cdot t_1^2$

نستنتج التسارع الزاوي : $\ddot{\theta} = \frac{2\theta_1}{t_1^2} \Rightarrow \ddot{\theta} = \frac{2 \times 18,75}{1,5^2} \Rightarrow \ddot{\theta} = 16,7 \text{ rad.s}^{-2}$

-شدة القوة $\vec{F}$

حسب نتيجة السؤال 1 نكتب : $F = \frac{J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta}}{R}$ مع $J_{\Delta} = \frac{1}{2} m_1 \cdot R^2$ إذن : $F = \frac{1}{2} \frac{m \cdot R^2 \cdot \ddot{\theta}}{R}$

$F = \frac{1}{2} m_1 \cdot R \cdot \ddot{\theta} \Rightarrow F = \frac{1}{2} \times 6 \times 0,12 \times 16,7 \Rightarrow F = 6 \text{ N}$

1.2-التعبير عن التسارع الزاوي خلال مرحلة التوقف

باعتبار التسارع الزاوي ثابتا خلال هذه المرحلة نكتب : $\ddot{\theta} = \frac{\Delta \dot{\theta}}{\Delta t} = \frac{0 - \dot{\theta}_0}{t_2 - 0}$

$\ddot{\theta} = -\frac{\dot{\theta}_0}{t_2} \Rightarrow \ddot{\theta} = -\frac{10}{50} \Rightarrow \ddot{\theta} = -0,2 \text{ rad.s}^{-2}$

2.2-عزم مزدوجة الاحتكاك

تخضع الأسطوانة (C) للقوى التالية :

$\vec{P}$: وزنها و $\vec{R}$: تأثير محور الدوران و لتأثير مزدوجة الاحتكاك عزمها M_f .

نطبق العلاقة الاساسية للديناميك في حالة الدوران نكتب : $\sum M_{\Delta}(\vec{F}_{ext}) = J_{\Delta} \ddot{\theta}$

$$M_{\Delta}(\vec{P}) + M_{\Delta}(\vec{R}) + M_f = J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta} \quad (2)$$

مع : $M_{\Delta}(\vec{P}) = M_{\Delta}(\vec{R}) = 0$ خط تأثير القوتين يقطع محور الدوران

نستنتج : $M_f = J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta}$ باعتبار $J_{\Delta} = \frac{1}{2} m_1 \cdot R^2$ و $\ddot{\theta} = -\frac{\dot{\theta}_0}{t_2}$ تعبير M_f يصبح :

$$M_f = \frac{1}{2} m_1 \cdot R^2 \cdot \left(-\frac{\dot{\theta}_0}{t_2} \right) \Rightarrow M_f = -\frac{m_1 \cdot R^2 \cdot \dot{\theta}_0}{2 t_2}$$

$$M_f = -\frac{6 \times 0,12^2 \times 10}{2 \times 50} = -8,64 \cdot 10^{-3} \text{ N.m}$$

الجزء الثاني :

1-العلاقة بين السرعة الخطية والسرعة الزاوية

بما ان الخيط غير قابل للامتداد و لا ينزلق على مجرى الاسطوانة فإن المتسوية تتحقق : $x = s$ حيث x : أفصول نقطة من الجسم (S) و s الأفصول المنحني من نقطة من محيط الأسطوانة .

نكتب : $x = R \cdot \theta$

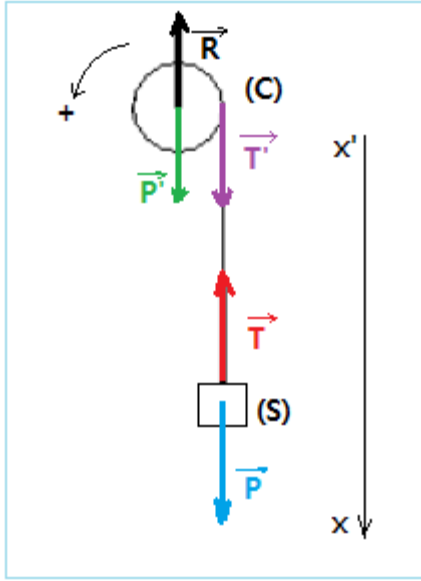
بالاشتقاق بالنسبة للزمن نستنتج العلاقة بين السرعة الخطية والسرعة الزاوية :

$$V = R \cdot \dot{\theta}$$

بالاشتقاق للمرة الثانية بالنسبة للزمن نستنتج العلاقة بين التسارع الخطي والتسارع الزاوي :

$$a = R \cdot \ddot{\theta}$$

2-طبيعة حركة (S)



يخضع الجسم (S) لقوتين هما : $\vec{P}$ وزنه و $\vec{T}$: توتر الخيط

نطبق القانون الثاني لنيوتن على الجسم (S) : $\Sigma \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}_G$

الإسقاط على المحور Ox : $P - T = m_2 \cdot a$ أي : $T = m_2 g - m_2 \cdot a$ أو : $T = m_2 \cdot (g - a)$

تخضع الأسطوانة (C) للقوى التالية :

$\vec{P}$: وزنها و $\vec{R}$: تأثير محور الدوران و تأثير الخيط $\vec{T}'$.

نطبق العلاقة الأساسية للديناميك في حالة الدوران نكتب : $\Sigma M_{\Delta}(\vec{F}_{ext}) = J_{\Delta} \ddot{\theta}$

$$M_{\Delta}(\vec{P}') + M_{\Delta}(\vec{R}) + M_{\Delta}(\vec{T}') = J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta} \quad (1)$$

مع : $M_{\Delta}(\vec{P}') = M_{\Delta}(\vec{R}) = 0$ خط تأثير القوتين يقطع محور الدوران

حسب المنحنى الموجب للدوران $M_{\Delta}(\vec{T}') = T' \cdot R$

العلاقة (1) تكتب : $T' \cdot R = J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta}$

بما ان كتلة الخيط مهملة فإن : $T = T'$ كما ان : $T = m_2 g - m_2 \cdot a$ و $J_{\Delta} = \frac{1}{2} m_1 \cdot R^2$ و $\ddot{\theta} = \frac{a}{R}$

العلاقة $T' \cdot R = J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta}$ تكتب : $(m_2 g - m_2 \cdot a) \cdot R = \frac{1}{2} m_1 \cdot R^2 \cdot \frac{a}{R}$ اي : $m_2 g - m_2 \cdot a = \frac{1}{2} m_1 \cdot a$

$$a \left(\frac{1}{2} m_1 + m_2 \right) = m_2 \cdot g \Rightarrow a = \frac{m_2}{\frac{1}{2} m_1 + m_2} \cdot g$$

بما ان التسارع a ثابت ، نستنتج ان حركة (S) مستقيمة متغيرة بانتظام .

3-كتلة الجسم (S)

حسب العلاقة : $m_2 g - m_2 \cdot a = \frac{1}{2} m_1 \cdot a$ نكتب : $m_2 (g - a) = \frac{1}{2} m_1 \cdot a$

$$m_2 = \frac{m_1 \cdot a}{2(g - a)}$$

تحديد التسارع a لدينا : $a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V - 0}{t_3 - 0} = \frac{V}{t_3}$ عدديا نجد : $a = \frac{10}{5} = 2 \text{ m.s}^{-2}$

$$m_2 = \frac{6 \times 2}{2 \times (10 - 2)} = 0,75 \text{ kg} \Rightarrow m_2 = 750 \text{ g} \quad \text{حساب } m_2 :$$