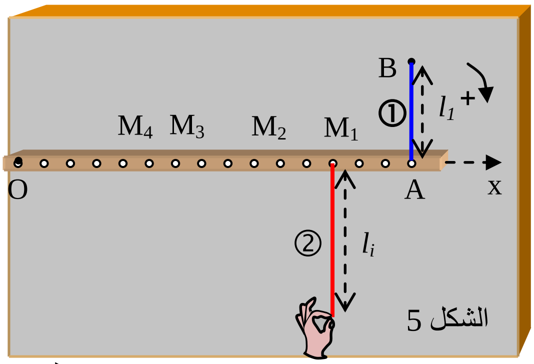
نشاط ⑤ : ارجع إلى النشاط المدروس في العمل التجريبي (1-3) كما هو موضح في (**الشكل – 5**)



الشكل 5

عندما كان القضيب في الوضع الأفقي ، ندعوه الآن ″وضع التوازن″ .

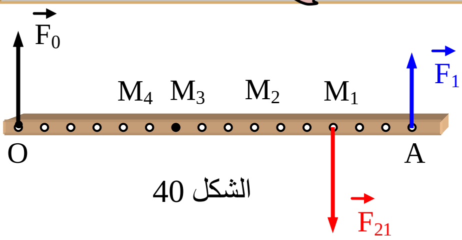
- هل يطبق المسمار قوة على القضيب ؟ علل .

.... (نعم يطبق المسمار قوة على القضيب ليس لها فعل تدويري ″عزمها معدوم″ لأن حاملها يلاقي محور الدوران).

- إذا كان الجواب نعم مثل هذه القوة و احسب شدتها .

.... (لاحظ الشكل – 40 ، لدينا مما سبق : $F_1 = 2\text{ N}$ ، $F_{21} = 2{,}5\text{ N}$

لحساب شدة $\vec{F}_0$ نطبق شرطي توازن جسم خاضع لثلاث قوى متوازية $\sum_i \vec{F}_i = \vec{0}$ ؛ $\sum \mathcal{M}_{\vec{F}/O} = 0$ بالتالي :



الشكل 40

$$\vec{F}_0 + \vec{F}_1 + \vec{F}_{21} = \vec{0} \ ; \ \mathcal{M}_{\vec{F}_0/O} + \mathcal{M}_{\vec{F}_1/O} + \mathcal{M}_{\vec{F}_{21}/O} = 0$$

$$\Leftarrow \|\vec{F}_{21}\| = \|\vec{F}_1\| + \|\vec{F}_0\| \ ;$$

$$\|\vec{F}_0\|.OO + \|\vec{F}_{21}\|.OM_1 + \|\vec{F}_1\|.OA = 0$$

$$\Leftarrow \|\vec{F}_0\| = 0{,}5\text{ N} \ )$$

- أحسب المجموع الجبري لعزوم القوى المطبقة على القضيب بالنسبة لنقطة كيفية و لتكن M_3 مثلاً .

.... (إذا كان المسمار مثلاً عند النقطة M_3 فإن المجموع الجبري لعزوم القوى المطبقة على القضيب بالنسبة لهذه النقطة ، باعتبار الجهة الموجبة للدوران هي جهة تدوير القوة $\vec{F}_1$ يحسب كالتالي :

$$-\|\vec{F}_0\|.OM_3 - \|\vec{F}_{21}\|.M_1M_3 + \|\vec{F}_1\|.AM_3 = -0{,}5 \times 0{,}06 - 2{,}5 \times 0{,}06 + 2 \times 0{,}09 = 0$$

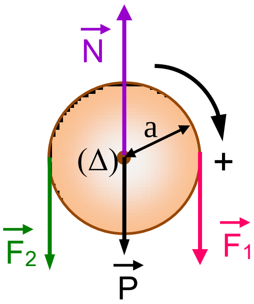
$\Leftarrow \sum \mathcal{M}_{\vec{F}/M_3} = 0$) .

- ماذا تستنتج ؟ .... (نستنتج أن التوازن يبقى محقق مهما كان موضع محور الدوران) .

- اخترنا في هذه التجارب الوضعية الأفقية للقضيب وضع توازن . ما فائدة هذا الاختيار ؟ هل توجد وضعيات أخرى يتحقق فيها التوازن و تحقق نتائج التجربة ؟ ناقش . ... (تم اختيار الوضع الأفقي للقضيب كوضع توازن لكي يتسنى لنا بسهولة التحقق من شرطي التوازن : $\sum_i \vec{F}_i = \vec{0}$ ؛ $\sum \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = 0$ و عمومًا أي وضع للقضيب يتحقق فيه هذين الشرطين هو وضع توازن مهما كانت الوضعية) .

تطبيق : توازن بكرة

يبين **الشكل – 41** بكرة نصف قطرها a في حالة توازن . استنتج صيغة أخرى لشرطي توازن هذه البكرة .



الشكل 41

الحل : القوى المؤثرة على البكرة عند التوازن هي :

✓ قوة الثقل $\vec{P}$ للبكرة (قوة تأثير الأرض على البكرة) المطبقة في مركز ها .

✓ قوة رد الفعل $\vec{N}$ للمحور (قوة تأثير المحور على البكرة) المطبقة في المركز .

✓ قوتي تأثير الحبل $\vec{F}_1$ ، $\vec{F}_2$ على جانبي البكرة .

من شرطي توازن البكرة نستنتج ما يلي :

- الشرط ① : المجموع الشعاعي للقوى المطبقة معدوم $\sum_i \vec{F}_i = \vec{0} \Leftarrow \vec{P} + \vec{N} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$.
- الشرط ② : المجموع الجبري لعزوم القوى المطبقة معدوم $\sum \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = 0$

$$\Leftarrow (P \times 0) + (N \times 0) + (F_1 \times a) - (F_2 \times a) = 0 \Leftarrow F_1 \times a = F_2 \times a \Leftarrow F_1 = F_2$$

و منه نستنتج أن لقوتي توتر (شد) الحبل على جانبي البكرة نفس القيمة (الشدة) .

الصيغة الجديدة لشرطي توازن بكرة هي :

1 - مجموع القوى معدوم .

2 - لقوتي تأثير الحبل على البكرة نفس الشدة .

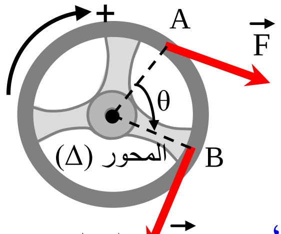
نتيجة استنتج بإكمال الفراغات :

يكون جسم متحرك في حالة توازن إذا تحقق الشرطان :

مجموع القوى المؤثرة عليه معدوم $(\sum_i \vec{F}_i = \vec{0})$ و المجموع الجبري لعزوم القوى المطبقة عليه معدوم $(\sum \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = 0)$.

5 - عبارة عمل مزدوجة :

تعرفنا في الفصل السابق على عبارة عمل قوة ثابتة شدتها F .
في حالة قوة موازية لمسار انتقال نقطة تطبيقها انتقالاً مستقيمًا طوله d و في جهة الحركة ، يحسب هذا العمل بالعبارة التالية : $W = F.d$.



الشكل 42

نشاط ① : طبق قوة على مقود شاحنة تديره بزاوية θ . نفرض أن القوة التي تطبقها على المقود ، الدائري الذي نصف قطره R ، تبقى ثابتة و اتجاهها دائمًا مماسي للمقود عند نقطة التطبيق (**الشكل – 42**) .

- جزئ المسار الدائري AB للقوة إلى قطع صغيرة نعتبرها مستقيمة و احسب عمل القوة عندما تنتقل نقطة تطبيقها على كل جزء .

.... (كل انتقال عنصري مستقيم δL لنقطة تطبيق القوة $\vec{F}$ يوافقه عملاً عنصريًا $\delta W(\vec{F})$ ، تعطى عبارته بالعلاقة : $\delta W(\vec{F}) = F.\delta L$) .

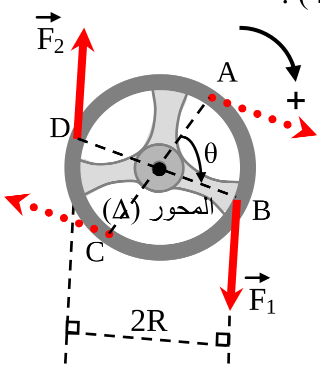
- باعتبار عمل القوة من A إلى B (**الشكل – 41**) هو مجموع أعمال القوة على كل جزء ، جد عبارة عمل القوة من A إلى B . ... ($\underset{A\to B}{W}(\vec{F}) = \sum_{A\to B}\delta W(\vec{F}) = \sum_{A\to B}(F.\delta L) = F.(\sum_{A\to B}\delta L)$) .

- بيّن أن هذه العبارة تكتب على الشكل التالي : $\underset{A\to B}{W}(\vec{F}) = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}.\theta$ حيث $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}$ عزم القوة بالنسبة لمحور الدوران .

.... (لدينا : $\sum_{A\to B}\delta L = \widehat{AB} = R.\theta$ ؛ $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = F.R$

$\Leftarrow \underset{A\to B}{W}(\vec{F}) = F.(\sum_{A\to B}\delta L) = F(R.\theta) = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}.\theta$ بالتالي : $\underset{A\to B}{W}(\vec{F}) = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}.\theta$) .

نشاط ② : طبق هذه المرة بيديك الإثنتين مزدوجة قوتين على المقود لتديره بزاوية θ (**الشكل – 43**) .



الشكل 43

- اتبع نفس خطوات النشاط السابق لحساب عمل هذه المزدوجة .

.... (لدينا : $\underset{A\to B}{W}(\vec{F}_1,\vec{F}_2) = \underset{C\to D}{W}(\vec{F}_1,\vec{F}_2) = \underset{A\to B}{W}(\vec{F}_1) + \underset{C\to D}{W}(\vec{F}_2)$

بالاعتماد على ما سبق ، يمكن أن نكتب : $W(\vec{F}_1,\vec{F}_2) = \mathcal{M}_{\vec{F}_1/\Delta}.\theta + \mathcal{M}_{\vec{F}_2/\Delta}.\theta$

$\therefore\ W(\vec{F}_1,\vec{F}_2) = F_1(R.\theta) + F_2(R.\theta) = F.2R.\theta$) .

- بيّن أن عبارة عمل هذه المزدوجة تكتب على الشكل التالي : $W(\vec{F}_1,\vec{F}_2) = \mathcal{M}_{/\Delta}.\theta$ حيث $\mathcal{M}_{/\Delta}$ هو عزم المزدوجة .

.... (لدينا : $\mathcal{M}_{/\Delta} = F.2R$ ؛ $W(\vec{F}_1,\vec{F}_2) = F.2R.\theta$

$\Leftarrow W(\vec{F}_1,\vec{F}_2) = \mathcal{M}_{/\Delta}.\theta$) .

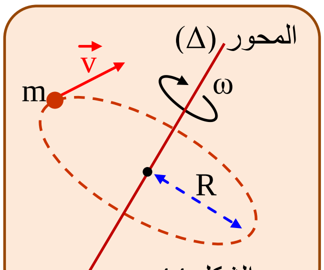
- جد عبارة الاستطاعة علمًا أنها تساوي عمل المزدوجة على وحدة الزمن .

.... (نعلم أن الاستطاعة P هي نسبة العمل W إلى زمن انجازه Δt ، أي :

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{\mathcal{M}_{/\Delta}.\theta}{\Delta t} = \mathcal{M}_{/\Delta}\frac{\theta}{\Delta t} = \mathcal{M}_{/\Delta}.\omega$$

$\therefore\ P = \mathcal{M}_{/\Delta}.\omega$ حيث $\omega = \frac{\theta}{\Delta t}$ هي السرعة الزاوية للدوران) .

5-1) عبارة الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة دورانية :



الشكل 44

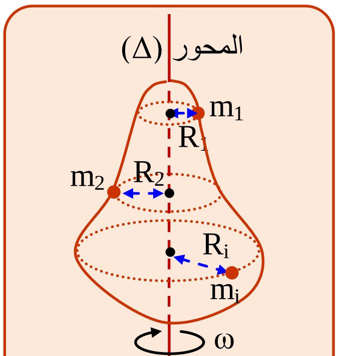
نشاط ① : يدور جسم نقطي كتلته m حول محور ثابت بسرعة v ثابتة و يرسم مسارًا دائريًا نصف قطره R (**الشكل – 44**) . جد عبارة طاقته الحركية .

.... (نعلم أن : $E_c = \frac{1}{2}m\,v^2$) .

بالاعتماد على علاقة السرعة الخطية v بالسرعة الزاوية ω ، بيّن أن الطاقة الحركية تكتب على الشكل التالي : $E_c = \frac{1}{2}J_{/\Delta}\,\omega^2$

حيث $J_{/\Delta} = m.R^2$ هو عزم عطالة الجسم النقطي بالنسبة لمحور الدوران .

.... (نعلم أن : $v = R.\omega$ ، بالتعويض في عبارة E_c السابقة نحصل على : $E_c = \frac{1}{2}m\,(R.\omega)^2 = \frac{1}{2}m.R^2.\omega^2 = \frac{1}{2}J_{/\Delta}\,\omega^2$) .



الشكل 45

نشاط ② : يدور جسم صلب حول محور ثابت (Δ) بسرعة زاوية ω ثابتة ، عزم عطالته $J_{/\Delta}$ بالنسبة لهذا المحور (**الشكل – 45**) .

لاحظ أن الجسم الصلب عبارة عن جملة من النقاط المادية التي كتلها m_i تبعد مسافات R_i عن محور الدوران . علمًا أن الطاقة الحركية للجسم الصلب (جملة نقاط مادية) هي مجموع الطاقات الحركية لهذه النقاط المادية . جد عبارة الطاقة الحركية لهذا الجسم الصلب .

.... (بما أن الجسم الصلب جملة نقاط مادية متماسكة فإن هذه النقاط يكون لها نفس

السرعة الزاوية ω للدوران و اعتمادًا على ما سبق يمكننا كتابة : ($E_c = \sum_i E_{ci} = \sum_i \frac{1}{2} m_i . R_i^2 . \omega^2 = \frac{1}{2} \sum_i m_i . R_i^2 . \omega^2$

بيّن أن عبارة الطاقة الحركية في الحركة الدورانية لجسم صلب تكتب على الشكل : $E_c = \frac{1}{2} J_{/\Delta} \omega^2$ حيث $J_{/\Delta} = \sum_i m_i . R_i^2$ يمثل

عزم عطالة هذا الجسم بالنسبة للمحور الثابت (Δ) . ... (لدينا مما سبق : $E_c = \frac{1}{2} \sum_i m_i . R_i^2 . \omega^2$

و بالتعريف $J_{/\Delta} = \sum_i m_i . R_i^2 \Leftarrow E_c = \frac{1}{2} J_{/\Delta}\omega^2$) .

نتيجة استنتج بإكمال الفراغات :

الطاقة الحركية الدورانية لجسم صلب يدور حول محور ثابت (Δ) هو جداء عزم عطالة هذا الجسم بالنسبة لنفس المحور في مربع السرعة الزاوية (السرعة الدورانية) لهذا الجسم: $E_c = \frac{1}{2} J_{/\Delta}\omega^2$.

☒ ملاحظة : لاحظ التشابه بين عبارتي الطاقة الحركية الانسحابية $E_c = \frac{1}{2} m v^2$ و الطاقة الحركية الدورانية $E_c = \frac{1}{2} J_{/\Delta} \omega^2$ حيث عوّض :

- المقدار الذي يقيس العطالة الانسحابية (الكتلة m) بالمقدار الذي يقيس العطالة الدورانية (عزم العطالة $J_{/\Delta}$) .
- السرعة الخطية v بالسرعة الدورانية ω .

● **حلول بعض التمارين (صفحة72)**

التمرين 1

- خطأ : لأن شعاع السرعة في حركة منتظمة ثابتا في الشدة ولكن يغير اتجاهه خلال الزمن . لذا لا يمكن لجسم معزول أن يتحرك بحركة دائرية منتظمة .
- صحيح : في الواقع هذه السعة بين السرعة الخطية و السرعة الزاوية دائما صحيحة ليس فقط في الحركة الدائرية المنتظمة .
- خطأ : لأن الطاقة ليست مقدار شعاعي و لكن الطاقة هي مقدار سلمي، لذا لا يمكن لشكل منه أن يكون مقدارا شعاعيا .
- خطأ : الطاقة الحركية هي شكل من أشكال الطاقة و وحدتها هي وحدة الطاقة أي الجول (J) .
- صحيح : تعريف الحركة الانسحابية هو أن يكون لكل نقاط الجسم نفس السرعة ، ومنه فإن سرعة نقطة كيفية منه هي سرعة الجسم .
- خطأ : في الحركة الدورانية ليس لكل نقاط الجسم نفس السرعة و لهذا فإن الطاقة الحركية للجسم تتعلق بسرعة كل نقطة مادية من هذا الجسم أي بكيفية توزيع هذه النقاط بالنسبة لمحور الدوران . يميز هذا التوزيع عزم عطالة الجسم المحرك .
- نعم : يساعد النشاط 2 من الفقرة 3-5 في فهم كيف تبدى الأجسام الصلبة التي تدور حول محور ثابت مقاومتها للأثر الدوراني التي ندعوها العطالة الدورانية .
- خطأ : تتعلق الطاقة الحركية الانسحابية بمعلم الدراسة لأن السرعة الانسحابية تحسب بالنسبة لمعلم .
- خطأ : تتعلق الطاقة الحركية الدورانية بموضع محور الدوران لأن عزم عطالة الجسم المتحرك يتعلق بمحور الدوران ، أي أن كيفية توزيع نقاط الجسم الصلب تتعلق بموضع محور الدوران .
- خطأ : إذا تغيرت سرعة الجسم فإن طاقته الحركية بالضرورة تتغير .
- صحيح : لأن الطاقة الحركية دالة حالة معرّفة في كل لخظة .

التمرين 2

عقرب الساعات : $\omega_1 = \frac{2\pi}{86400} = 7{,}27\times10^{-5} (\frac{rd}{s})$

عقرب الدقائق : $\omega_1 = \frac{2\pi}{3600} = 1{,}74\times10^{-3} (\frac{rd}{s})$

عقرب الثواني : $\omega_1 = \frac{2\pi}{60} = 10{,}47\times10^{-2} (\frac{rd}{s})$

السرعة الزاوية هي النسبة بين الزاوية الممسوحة على الزمن اللازم لمسحها.

التمرين 3

$$\omega_T = \omega_1 = \frac{2\pi}{24\times60\times60} = 7{,}27\times10^{-5} (\frac{rd}{s})$$

التمرين 4

إذا رمزنا لعدد الدورات التي يدورها جسم حول محور معين في الدقيقة بالرمز N و فإن العلاقة التي تربطها بالسرعة الزاوية ω

هي : $N = \frac{60}{2\pi}\omega$ أو $\omega = \frac{2\pi N}{60}$ أي إذا كانت السرعةالزاوية تساوي $2\pi\ (\frac{rd}{s})$ يدور الجسم 60 دورة في الدقيقة أي دورة في الثانية . من أجل جسم يدور 300 دورة في الثانية سرعته الزاوية تساوي : $\omega = 2\pi N = 6{,}28 \times 300 = 1884\ (\frac{rd}{s})$

التمرين 5

$$N = \frac{60}{2\pi}\omega = \frac{60 \times 10}{2\pi} = 95{,}54\ (tr/mn)$$

التمرين 6

استطاعة المزدوجة هي عمل هذه المزدوجة على وحدة الزمن : $P = \frac{\mathcal{M}\theta}{t} = \mathcal{M}\omega = 100 \times 6 = 600\ W$

التمرين 7

$$W = \mathcal{M}\theta = Fd\theta = 100 \times 0{,}1 \times 20\pi = 628\ (J)$$

التمرين 8

- سالبة لأن القوتان تعرقلان حركة الجسم .
- $W = \mathcal{M}\theta = Fd\theta = 15 \times 0{,}1 \times 100\pi = 471\ (J)$

التمرين 9

$$W_R = -\mathcal{M}\theta = -Fd\theta = -5 \times 0{,}1 \times 20\pi = -31{,}4\ (J)$$

$$W_M = \mathcal{M}\theta = Fd\theta = 7 \times 0{,}03 \times 20\pi = 13{,}2\ (J)$$

العمل الكلي (سؤال لم يطرح في التمرين يستحسن طرحه) : $W = W_R + W_M = 13{,}2 - 31{,}4 = -18{,}2\ (J)$

التمرين 10

1 - مدة دوران الشمس حول الأرض (الدور) .
2 - مدة الدورة + طول عقرب الساعة .
3 - الإستطاعة + عدد دوران المحرك في الدقيقة (N) .
4 - الإستطاعة + عدد دوران المحرك في الدقيقة .

التمرين 11

$$v_1 = R_1\omega = \frac{2\pi N R_1}{60} = \frac{6{,}28 \times 20 \times 0{,}25}{60} = 0{,}52\ (m/s)$$

$$v_2 = R_2\omega = \frac{2\pi N R_2}{60} = \frac{6{,}28 \times 20 \times 0{,}5}{60} = 1{,}05\ (m/s)$$

التمرين 12

- السرعة الزاوية للقمر الاصطناعي هي نفسها للتي للأرض حول محورها : $\omega_S = \frac{2\pi}{24 \times 60 \times 60} = 7{,}27 \times 10^{-5}\ (\frac{rd}{s})$
- السرعة الخطية : $v = R\omega_S = (R_T + h)\omega_S = (6400 + 36000) \times 1000 \times 7{,}27 \times 10^{-5} = 3080\ (m/s)$

أي : $v = 3080 \times 3600 / 100 = 11100\ km/h$

التمرين 13

السرعة الزاوية لكل عجلة : $\omega = \frac{v}{R} = \frac{100000}{3600 \times 0{,}35} = 79{,}4\ (rd/s)$

الزاوية الممسوحة : المسافة المقطوعة $s = R\theta$ و منه $\theta = \frac{s}{R} = \frac{1000}{0{,}35} \approx 2857\ (rd)$

التمرين 14

السرعة الزاوية لكل عجلة : $\omega_1 = \frac{v}{R_1} = \frac{7500 \times 2}{3600 \times 0.5} = 8{,}3\ (rd/s)$ ؛ $\omega_2 = \frac{v}{R_2} = \frac{7500 \times 2}{3600 \times 1} = 4{,}2\ (rd/s)$

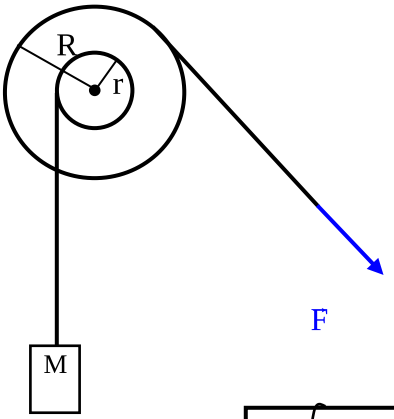
الزاوية الممسوحة من نقطة على العجلة الكبيرة عندما تدور العجلة الصغيرة بدورة واحدة: $\theta = \pi\ (rd)$ أي نصف دورة .

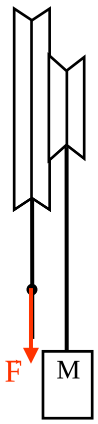
التمرين 15

1 - يستحسن لف الحبل على البكرة التي لها قطر أصغر حتى تقل شدة القوة التي تسحب الحبل على البكرة الكبيرة .

2 - قوة السحب F عندما يصعد الجسم بسرعة ثابتة أي عندما يحدث تساوي العزمان اللذان يديران البكرة :

$$F.R = P.r \Leftarrow F = \frac{r}{R}P = 1000\times\left(\frac{10}{50}\right) = 200\ \text{N}$$





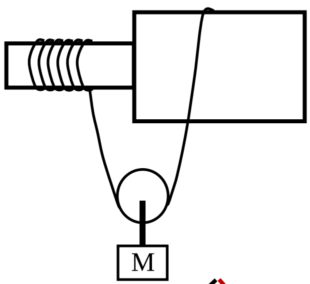
3 - $h = r\theta_0 = 2\ \text{m}$ لأن الحمولة معلقة على البكرة الصغيرة .

طول الحبل $l = R\theta_0$ لأن حبل السحب على البكرة الكبيرة R

و منه : $l = R\left(\frac{h}{r}\right) = 10\ \text{m}$

4 - الزاوية الممسوحة هي : $\theta_0 = \left(\frac{h}{r}\right) = 20\ \text{rd}$

التمرين 16



القوة التي يجب تطبيقها على المقبض لجعل الملفاف في حالة توازن :

تخضع البكرة المتحركة لثلاث قوى الثقل P توتر الخيط على الجهتين T و 'T .

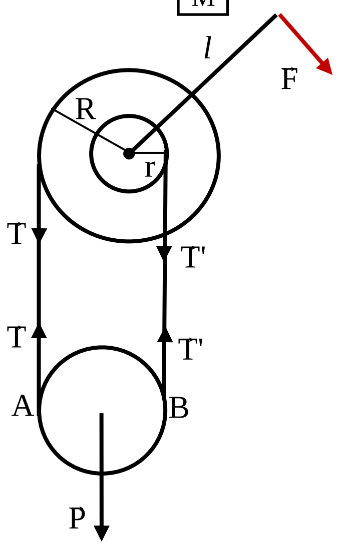
شرط التوازن : $P = T + T'$

الثقل P مطبق في مركز البكرة (على نفس البعد من T و 'T)

نستنتج أن : $T = T'$ و تصبح عبارة التوازن : $P = 2T$.

وكذلك الملفاف يخضع لثلاث قوى : التوترين T و 'T و القوة F .

شرط التوازن ينص على أن مجموع عزوم القوى التي تحاول تدوير الملفاف في جهة عقارب الساعة يساوي إلى مجموع عزوم القوى التي تدير الملفاف في الجهة المعاكسة .



$Fl + T'r = TR$ ، لكن $T = T' = \frac{P}{2}$ ومنه نستنتج $Fl = \frac{P}{2}(R - r)$

ونجد أخيرا : $F = \frac{P}{2l}(R - r)$

ت.ع : $F = 25\ \text{N}$

تكون القوة F صغيرة كلما كان الفرق بين نصف القطرين صغيرا .

- في حالة ما إذا كان $R = r$ يكون عزمي T و 'T متساويين بحيث مهما تكن القوة F صغيرة تدير الملفاف le treuil .

التمرين 17

1/ لا: لأن المزدوجة العظمى تكون عند سرعة دوران المحرك 3500tr/mn .

و الاستطاعة العظمى عندما يدور المحرك بسرعة 6000 tr/mn .

ملاحظة : ورد خطأ في النص حيث أن قيمة السرعة هي 6000 و ليس 600 .

2/ $\mathcal{M} = \frac{60}{2\pi N}P$ يوافق السرعة العظمى عند الاستطاعة العظمى P : $\mathcal{M} = \frac{60\times 120\times 1000}{6{,}28\times 6000} = 191\ \text{N.m}$

3/ $P = \mathcal{M}\frac{2\pi N}{60} = \frac{170\times 6{,}28\times 3500}{60} = 63{,}2\ \text{kW}$

4/ $P = Fv \Leftarrow F = \frac{P}{v} = \frac{120000\times 3600}{210000} = 2057\ \text{N}$

التمرين 18

1- الطاقة الحركية للكرة و هي تنزلق ولا تتدحرج أي أن لها حركة انسحابية و طاقتها الحركية تكتب على الشكل :

$$E_c = \frac{1}{2}Mv^2 = \frac{1}{2}0{,}5\times 5^2 = \frac{25}{4} = 6{,}25\ (\text{J})$$

2- لو كانت تدور حول محور فإن طاقتها الحركية تكتب على الشكل : $E_{cR} = \frac{1}{2}J_{/\Delta}\omega^2$

حيث $J_{/\Delta}$ عزم عطالة الكرة : $E_{cR} = \frac{1}{2}\left(\frac{2}{5}MR^2\right)\omega^2$ و منه نستنتج $\omega = \sqrt{\frac{5}{2}}\left(\frac{v}{R}\right) \approx 79\ \text{rd/s}$

التمرين 19

العمل الذي يبذله لقطع مسافة d : $W= Fd = 20\times 1000 = 20\ kJ$

الاستطاعة التي يبذلها : $P = Fv = 20\dfrac{25000}{3600} \approx 139\ W$

الاستطاعة التي سوف يبذلها : $P' = (F + P\times 5\,\%)v = (20 + 900\times\dfrac{5}{100})\dfrac{25000}{3600} \approx 451\ W$

عندما يصعد الدراج طريقا مائلا تضاف مركبة الثقل الموازية لاتجاه الحركة إلى قوة الاحتكاك .

التمرين 20

مبدأ انحفاظ الطاقة : الطاقة الابتدائية + الطاقة المكتسبة – الطاقة المفقودة = الطاقة النهائية

$E_c \quad = \quad 0 \quad - \quad Pt \quad + 0$

بما أن الحركة دورانية : $E_c = \dfrac{1}{2} J_{/\Delta}\omega^2$ و منه نستنتج الزمن اللازم للأسطوانة حتى تدور، انطلاقا من السكون ،

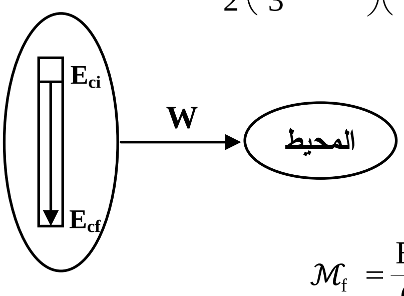
بسرعة $1750\ tr/mn$: $t = \dfrac{m\pi^2 N^2 R^2}{3600 P} = \dfrac{250\times 10\times 1750^2\times 0{,}75^2}{3600\times 3000} \approx 393\ s$

التمرين 21

1 - الطاقة الحركية للجملة : $E_c = E_{c\,b} + E_{c\,2m} = \dfrac{1}{2} J_{/\Delta}\omega^2 + 2\times\dfrac{1}{2} m' l^2\omega^2$ أي بعد الاختزال نجد :

$$E_c = \frac{1}{2}\left(\frac{m}{3} + 2m'\right)\left(\frac{2\pi N l}{60}\right)^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{0{,}5}{3} + 2\times 0{,}2\right)\left(\frac{6{,}28\times 100\times 0{,}5}{60}\right)^2 = 7{,}76\ J$$

2 - مبدأ حفظ الطاقة : $0 = P.t - 0 + E_c$



أي : $P = \dfrac{E_c}{t} = \dfrac{14{,}25}{600} = 13\ mW$

3 - عزم قوى الاحتكاك :

$$\mathcal{M}_f = \frac{E_c}{\theta} = \frac{14{,}25}{400\times 6{,}28} = 3\times 10^{-3}\ N.m \Leftarrow W = \mathcal{M}_f\,\theta = E_c$$

التمرين 22

1- يكون جسم متحرك في حالة توازن إذا تحقق الشرطان :

- مجموع القوى المؤثرة عليه معدوم ($\sum_i \vec F_i = \vec 0$) .
- مجموع الجبري لعزوم القوى الطبقة عليه معدوم ($\sum \mathcal{M}_{\vec F/\Delta} = 0$) .

2- $\vec F_1 + \vec F_2 + \vec F_3 + \vec R = \vec 0$ و $\mathcal{M}_{\vec F_1/O} + \mathcal{M}_{\vec F_2/O} - \mathcal{M}_{\vec F_3/O} + \mathcal{M}_{\vec R/O} = 0$

ملاحظة : $\mathcal{M}_{\vec R/O} = 0$ لأن نقطة تطبيقها هي نفسها النقطةO . نستنتج : $\mathcal{M}_{\vec F_3/O} = \mathcal{M}_{\vec F_1/O} + \mathcal{M}_{\vec F_2/O}$ أي :

$$\mathcal{M}_{\vec F_3/O} = F_1.d_1 + F_2.d_2 = F_1.OA\sin 60 + F_2.OB\sin 60$$

ت.ع : $\mathcal{M}_{\vec F_3/O} = 124\dfrac{\sqrt 3}{2}$

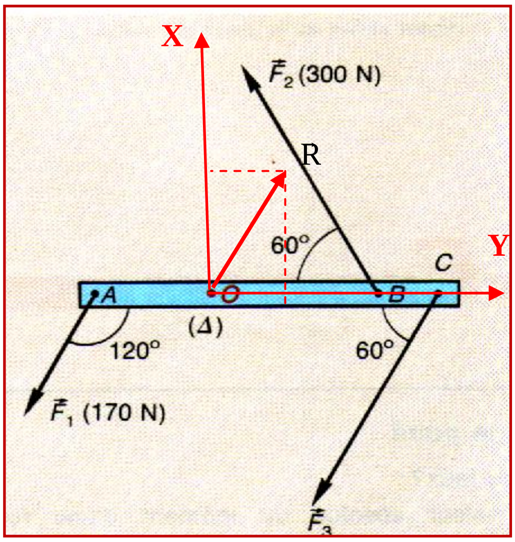
نستنتج شدة القوة من عبارة عزمها : $\mathcal{M}_{\vec F_3/O} = F_3 OC\sin 60 = 124\dfrac{\sqrt 3}{2}$ و نجد : $F_3 = 310\ N$

4 - عزم الفعل بالنسبة للمحور معدوما إذا ليس له أثر دوراني لكنه يحقق أحد شرطي التوازن :

$$\vec F_1 + \vec F_2 + \vec F_3 + \vec R = \vec 0$$

$$R_X = F_{1X} + F_{2X} + F_{3X} = \frac{1}{2}(F_1 + F_2 + F_3)$$

$$R_Y = F_{1Y} - F_{2Y} + F_{3Y} = \frac{\sqrt 3}{2}(F_1 - F_2 + F_3)$$



ت.ع : $R_X = \frac{1}{2}780 = 390\ N$

و $R_Y = \frac{\sqrt{3}}{2}180 \approx 156\ N$ و $R = 420\ N$

$tg(\overrightarrow{OC}, \vec{R}) = \frac{R_y}{R_X} \Rightarrow \theta = 21{,}8°$

التمرين 23

1 -$\mathcal{M}_{(\vec{F}_1,\vec{F}_2)} = F_1(2l) = 0{,}4 \times 6 = 2{,}4\ N.m$

$\mathcal{M}_{(\vec{F}_3,\vec{F}_4)} = -F_3(4l) = -0{,}8 \times 2 = -1{,}6\ N.m$

2 -$\mathcal{M}_{(\vec{F}_1,\vec{F}_2)} + \mathcal{M}_{(\vec{F}_3,\vec{F}_4)} = 2.4 - 1{,}6 = 0{,}8\,N.m$

3 - ليس في حالة توازن .

4 - لازم إضافة عزم $\mathcal{M} = 0{,}8\,N.m$

5 -$\mathcal{M}_{(\vec{F}_5,\vec{F}_6)} = 0{,}8\ N.m = F_5 \times (0{,}8)$ أي $F_5 = F_6 = 1\ N$