الوحدة 3

العمل و الطاقة الحركية
(حالة الحركة الدورانية)

الكفاءات المستهدفة :

- يعبر و يحسب عزم قوة بالنسبة لمحور دوران .
- يعرف عزم عطالة جسم.
- يوظف نظرية هويغنز.
- يعرف أن التوازن في حالة الدوران يفسر بعزم القوة لا بالقوة نفسها.
- يحدد الشرطين العامين لتوازن جملة ميكانيكية.

■ هل يمكن تخزين الطاقة الحركية الدورانية؟

بطاقة تقنية

الحركة الدائرية لنقطة مادية

1 – تعريف النقطة المادية

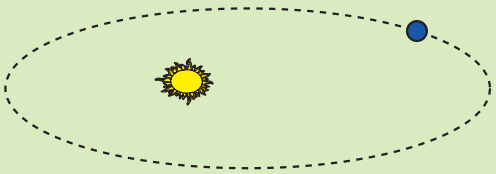
النقطة المادية هي كل جسم مادي أبعاده مهملة أمام كل المسافات المعتبرة في الدراسة.

أمثلة :

– كرة تنس بالنسبة لمتفرج في المدرجات

– الأرض بالنسبة للشمس (الشكل 1)

–الإلكترون بالنسبة للنواة في نموذج بور

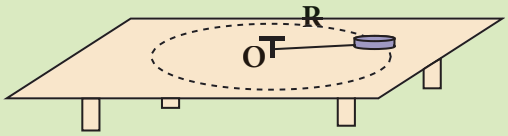


الشكل 1

2 – مميزات الحركة الدائرية لنقطة مادية

مثال :

نقذف أسطوانة صغيرة مربوطة بخيط وطرفه الثاني مثبت في مسمار حيث يبقى الخيط مشدودا خلال الحركة (الشكل2).



الشكل 2

أ – المسار

مسار الجسم دائري و حركته دائرية

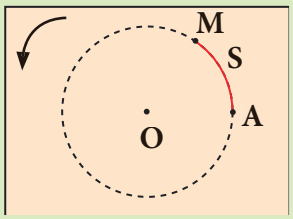
ب – كيف نحدد موضع الجسم النقطي في لحظة معينة ؟

1 – الفاصلة المنحنية :

– نختار نقطة A على المسار الدائري نعتبرها مبدأ الفواصل.

– نختار اتجاها موجبا على المسار.

– نحدّد موضع الجسم M على المسار بالقوس $s = \overset{\frown}{AM}$ ندعوه الفاصلة المنحنية.



الشكل 3

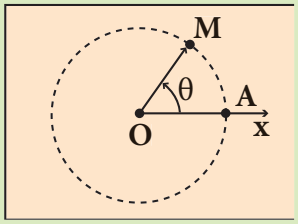
2 – الفاصلة الزاوية :

– نختار نقطة المبدأ O منطبقة مع مركز الدوران.

– نختار محورا ox نعتبره مرجعا لحساب الزوايا.

– نعين الشعاع $\overrightarrow{OM}$ و ندعوه شعاع الموضع .

– نحدّد موضع الجسم M على المسار بقيمة الزاوية θ التي يصنعها الشعاع $\overrightarrow{OM}$ مع المحور ox $\theta = (\overrightarrow{Ox}, \overrightarrow{OM})$ و نسمّيها الفاصلة الزاوية الشكل 4.



الشكل 4

– تعد θ موجبة إذا مُسحت الزاوية في الاتجاه الموجب.

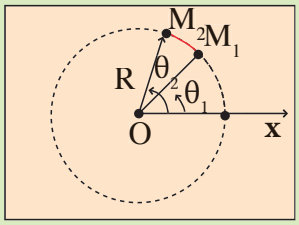
– تعد θ سالبة إذا مُسحت الزاوية في الاتجاه السالب.

– العلاقة بين المسافة المقطوعة على المسار والزاوية الممسوحة بين لحظتين t_1 و t_2 .

ينتقل جسم نقطي من الموضع M_1 في اللحظة t_1 الى الموضع M_2 في اللحظة t_2 .

المسافة المقطوعة على المسار بين اللحظتين t_1 و t_2 ممثلة بالقوس

$s_2 - s_1 = \Delta s = \overset{\frown}{M_1M_2}$ (الشكل 5).



الشكل 5

الزاوية الممسوحة بين اللحظتين t_1 و t_2 ممثلة بالقيمة :

$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$

العلاقة بين المسافة المقطوعة على المسار و الزاوية الممسوحة بين لحظتين t_1 و t_2 هي :

$$\overset{\frown}{M_1M_2} = R\,\Delta\theta \qquad \text{أي} \qquad R\,\Delta\theta = \Delta s$$

حيث R يمثل نصف قطر المسار الدائري.

د – السرعة

- السرعة المتوسطة

السرعة المتوسطة هي حاصل قسمة المسافة Δs المقطوعة وفق المسار بين لحظتين t_1 و t_2 على المدة الزمنية $\Delta t = t_2 - t_1$ اللازمة لقطع هذه المسافة أي : $V_m = \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$

- السرعة الزاوية المتوسطة

السرعة الزاوية المتوسطة هي حاصل قسمة الزاوية $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ الممسوحة بين لحظتين t_1 و t_2 على المدة الزمنية $\Delta t = t_2 - t_1$ اللازمة لقطع هذه المسافة أي : $\omega_m = \dfrac{\Delta\theta}{\Delta t}$

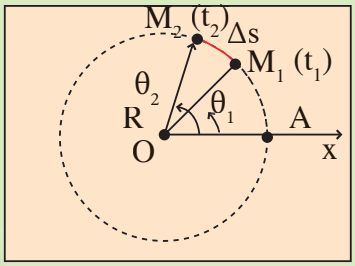
ج – العلاقة بين السرعة المتوسطة و السرعة الزاوية المتوسطة في الحركة الدائرية

رأينا أن السرعة المتوسطة تعطى بالعلاقة : $V_m = \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$ و علما أن $R\,\Delta\theta = \Delta s$

نستنتج أن : $V_m = R\omega_m$

- السرعة اللحظية

عندما يتحرك جسم على مسار دائري وهو يشغل الموضع M_1 في اللحظة t_1 و الموضع M_2 في اللحظة t_2 حيث المجال الزمني المعتبر $\Delta t = t_2 - t_1$ صغير كفاية أي t_1 و t_2 متقاربان، السرعة اللحظية لا تتغير كثيرا في هذا المجال و منه نقبل أن السرعة المتوسطة تساوي السرعة اللحظية في منتصف المجال الزمني الشكل6.



■ الشكل 6

$$\omega = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$ حيث ω هي السرعة الزاوية اللحظية

و $$v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$ حيث v هي السرعة اللحظية الخطية

– وحدة القياس

نعبّر في نظام الوحدات الدولي على الزاوية بالراديان (rd) و الزمن Δt بالثانية (s) فتكون وحدة السرعة الزاوية الراديان على الثانية (rd/s)

كما نعبر على طول القوس Δs بالمتر و الزمن Δt بالثانية فتكون وحدة السرعة : المترعلى الثانية (m/s)

و – ما هي العلاقة بين السرعة اللحظية الخطية والسرعة اللحظية الزاوية ؟

تبقى العلاقة بين السرعة المتوسطة و السرعة الزاوية المتوسطة صحيحة عندما يصبح المجال الزمني $t_2 - t_1$ صغيرا حيث تؤول السرعة المتوسطة الى السرعة اللحظية و السرعة الزاوية المتوسطة الى السرعة الزاوية اللحظية و منه : $v = R\omega$

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

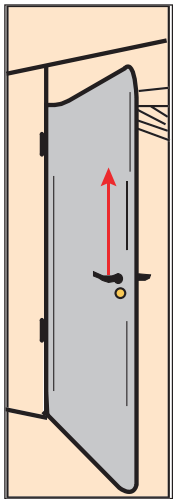
1 – عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت.

1 – 1 – مفهوم العزم

نشاط 1

تعلم أن الأبواب تدور حول محور ثابت ، ندعوه المحور Δ، يمر من مفاصلها.

- امسك بابا من مقبضه وطبق عليها قوة نحو الأعلى بحيث يكون حامل القوة موازيا لمحور دوران الباب (الشكل7). هل يدور الباب؟
- غير الآن اتجاه القوة بحيث يقطع حاملها محور دوران هذا الباب كما هو مبين في (الشكل8). هل يدور الباب؟
- كيف يجب أن يكون اتجاه القوة حتى يكون لها فعل على دوران الباب؟

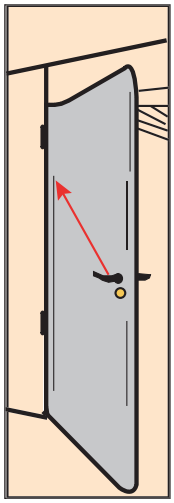


الشكل 7

نشاط 2 :

ارجع إلى النشاط السابق و طبق هذه المرة قوة كيفية $\vec{F}$ على مقبضها بحيث لا يقطع حاملها محور دوران الباب و ليست موازية له.

هل لهذه القوة أثر على دوران الباب؟



الشكل 8

استنتج بإكمال الفراغات :

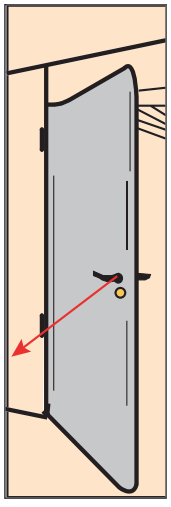
حتى يكون لقوة $\vec{F}$، مطبقة على جسم صلب متحرك حول..... ثابت، أثر دوراني على حركته يجب أن لا تكون هذه القوة ..... لمحور الدوران ولا .... هذا المحور.

نقول أن لقوة $\vec{F}$ مطبقة على جسم صلب متحرك حول محور ثابت عزم بالنسبة لهذا المحور إذا كان لها أثر على ..... هذا الجسم. نرمز لعزم قوة بالنسبة ..... Δ بالرمز: $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}$.

1 – 2 – عبارة عزم قوة بالنسبة لمحور

نشاط 1 :

طبق في نفس الظروف قوة عمودية على مستوي هذا الباب مرة على مقبضها ومرة في نقطة قريبة من محور دورانها.



الشكل 9

1 – هل لهذه القوة أثر على دوران الباب في كلتا الحالتين؟

2 – هل الباب يدور بنفس السهولة ؟

3 – هل الأثر الدوراني لهذه القوة على الباب يختلف في كل مرحلة؟

4 – ما الذي تستنتجه بالنسبة لعزم القوة ؟

نشاط 2 :

ارجع للباب السابق و طبق على مقبضه قوة عمودية على مستوي الباب. أعد التجربة بتطبيق في نفس النقطة قوة في نفس الاتجاه و بشدة أكبر.

1 – هل يوجد فرق في الأثر الدوراني للقوة على الباب في كل حالة؟

2 – ما الذي تستنتجه بالنسبة لعزم القوة ؟

نشاط 3 :

ارجع للباب السابق و طبق على مقبضه قوة عمودية على مستوي الباب. أعد التجربة بتطبيق في نفس النقطة قوة لها نفس الشدة و اتجاه معاكس لاتجاه القوة السابقة.

1 – هل يدور الباب في نفس الاتجاه؟

2 – هل يوجد فرق في الأثر الدوراني للقوة على الباب في كل حالة؟

3 – ما الذي تستنتجه بالنسبة لعزم القوة ؟

4 – استنتج من النشاطات الأربعة مميزات عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت.

استنتج بإكمال الفراغات :

يتعلق عزم قوة بالنسبة لمحور الدوران Δ حاملها ..... و ..... هذا المحور بـ..... و..... هذه القوة و ..... بين حامل القوة و المحور Δ

1 – 3 – عمل تجريبي :

نشاط :

– الأدوات المستعملة :

– خذ قضيبا من خشب أبعاده (1cm x 1cm x 50cm) تقريبا نهمل ثقله بالنسبة للقوى المعتبرة في هذه التجربة واجعل فيه ثقوبا صغيرة تسمح لك بتعليق خيوط مطاطية (أو نوابض).

– خذ لوحا (قطعة مسطحة) من خشب مستطيلة الشكل وغلفها بورقة بيضاء تسمح لك بتسجيل قياساتك عليها.

– اغرز في النقطة O مسمارا يسمح للقضيب الدوران حوله، واجعل اللوح في وضع شاقولي.

– حضّر قارورة بلاستيكية معايرة تقيس بها شدّة القوى.

– العمل التجريبي

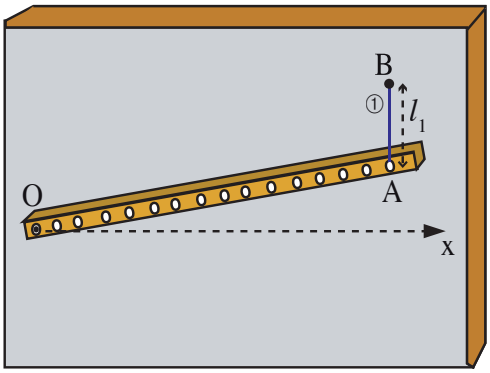
الجزء أ :

علق القضيب بواسطة خيط مطاطي① مربوط في النقطتين A و B (الشكل10). علق مطاطا آخر② في النقطة M_1 ثم اسحبه بيدك حتى يصبح القضيب منطبقا مع المحور الأفقي(ox) الذي نختاره وضعا مرجعيا (الشكل11) .يكون المطاطان في هذه الحالة شاقوليين.

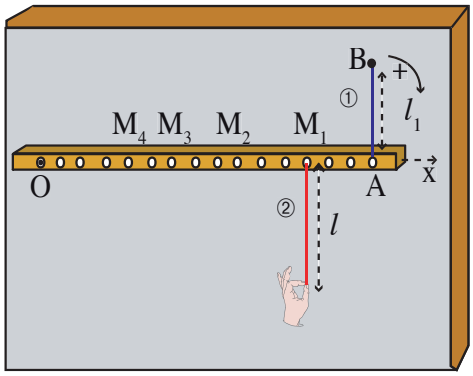
– علّم على الورقة طول كل مطاط l_i وارسم الخط الحامل له.

– أعد التجربة بتعليق المطاط② في المواضع M_2 , M_3 , M_4 وسجّل في كل مرة طول المطاط② ، الذي من أجله يكون القضيب أفقيا.

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية



■ الشكل 10

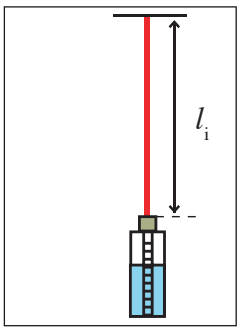


■ الشكل 11

– استعمل القارورة البلاستيك المعايرة سابقا بوحدة النيوتن (ربيعة)، وحدّد شدّة القوة الموافقة لكل طول و ذلك بملأ القارورة بالكمية المناسبة من الماء التي تجعل المطاط يستطيل بالطول المناسب l_i (الشكل12).

– أرسم على ورقة التجربة باستعمال سلم مناسب القوى المطبقة على القضيب من طرف المطاطات.

– دوّن نتائجك في الجدولين التاليين وأكملهما :



■ الشكل 12

l_1 (cm)	F_1 (N)	OA (m)	F_1.OA (N.m)

l_{2i} (m)	F_{2i} (N)	OM_i (m)	F_{2i} .OM_i (N.m)

– قارن قيم جداء شدّة القوة F_{2i} المطبقة من طرف النابض ② على المسطرة في البعد OM_i أي (F_{2i} .OMi) ماذا تلاحظ ؟

– قارن هذه القيمة مع الجداء (F_1.OA) المتعلق بالنابض ①

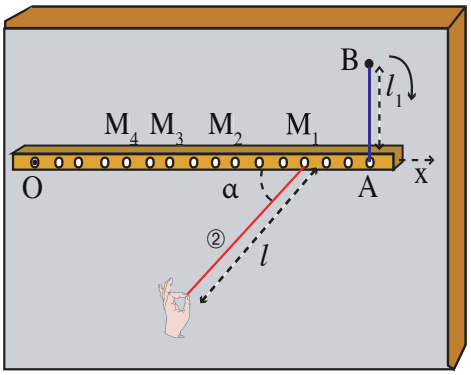
– ما هو أثر القوة المطبقة من طرف النابض ① على المسطرة ؟

– ما هو أثر القوة المطبقة من طرف النابض ② على المسطرة ؟

– ماذا تستنتج ؟

الجزء ب :

نميل المطاط ② بحيث يصنع منحاه زاوية α مع المسطرة ثم نسحبه حتى ترجع المسطرة إلى الوضع الأفقي المحدّد (الشكل13).



■ الشكل 13

– ما هي شدة القوة التي يطبقها المطاط ② في هذه الحالة ؟

– أحسب الجداء (F_2 .OM_1) وقارنه مع (F_1.OA) . ماذا تلاحظ ؟

– أرسم القوة المطبقة من طرف النابض ② ثم حلّلها إلى مركبتين (أفقية وشاقولية). بماذا تتميز كل مركبة ؟

– أي المركبتان لها أثر تدويري ؟ قارن قيمتها مع القيمة F_2 في الحالة السابقة.

الجزء ج :

– مثل H المسقط العمودي للنقطة O على حامل القوة F_2. (الشكل13) نسمّي OH= d ذراع القوة

– أحسب الجداء (F_2 .d)، ماذا تلاحظ؟

– ماذا تستنتج؟

استنتج بإكمال الفراغات :

يحسب عزم قوة بالنسبة ..... Δ بجداء ..... هذه القوة في البعد العمودي d بين ..... هذه القوة و ..... Δ

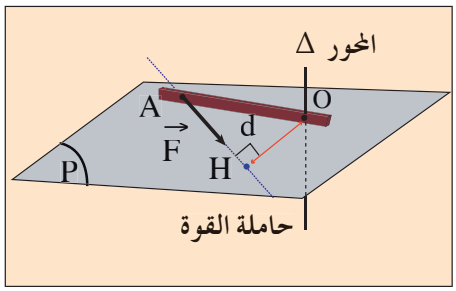
وتكتب العبارة على الشكل : $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}$ = ...

بعد اختيار اتجاه موجب للدوران يكون عزم القوة موجبا إذا كانت القوة تدير الجسم في الاتجاه الموجب و يكون سالبا إذا كانت تديره في الاتجاه السالب. نكتب حينئذ عبارة عزم القوة كما يلي :

$$\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = \pm .....$$

في الوحدات الدولية يعبر عن العزم بالوحدة : (N. m) نيوتن متر

1 – 4 – كيف نعيِّن المسافة d؟



■ الشكل 14

النقطة O هي تقاطع محور الدوران Δ مع المستوي P العمودي على هذا المحور و الحاوي للقوة $\vec{F}$. النقطة A هي نقطة تطبيق القوة انظر (الشكل14)

تمثِّل المسافة d البعد بين النقطة O و النقطة H، حيث H هو المسقط العمودي للنقطة O على حامل القوة $\vec{F}$.

1 – 5 – تأثير عدة قوى على جسم صلب يدور حول محور ثابت

إذا أثرت عدة قوى على جسم صلب متحرك حول محور ثابت Δ، يتعلق اتجاه دوران الجسم بالتأثير الدوراني الإجمالي لهذه القوى بالنسبة لهذا المحور.

نقبل أن التأثير الدوراني الإجمالي لعدة قوى هو المجموع الجبري لعزوم هذه القوى بالنسبة للمحور Δ و نرمز له بالرمز $\mathcal{M}_{/\Delta}$:

$$\mathcal{M}_{/\Delta} = \mathcal{M}_{\vec{F}_1/\Delta} + \mathcal{M}_{\vec{F}_2/\Delta} + \mathcal{M}_{\vec{F}_3/\Delta} + ...$$

العزم مقدار جبري و إشارته تدل على اتجاه دوران الجسم :

– إذا كان العزم موجبا، يدور الجسم في الاتجاه الموجب المختار.

– إذا كان العزم سالبا، يدور الجسم في الاتجاه السالب.

2 – مزدوجة قوتين

2 – 1 – تعريف المزدوجة

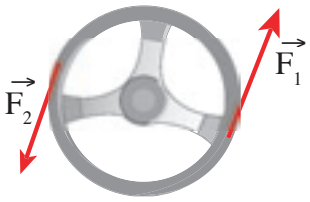
تدعى جملة قوتين محصلتهما معدومة و ليس لهما نفس الحامل مزدوجة قوتين (أو مزدوجة).

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

نقتصر في هذه الدراسة على المزدوجات $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ الموجودة في المستوي العمودي على محور دوران الجسم الصلب (الشكل 15).

مثال : لاحظ على الشكل تأثير القوتين $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ على مقود سيارة.

تمثل هاتان القوتان مزدوجة $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$.



■ الشكل 15

2 – 2 – عزم المزدوجة

نشاط 1

تأثر مزدوجة قوتين $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ على مقود سيارة نصف قطره R (الشكل16).

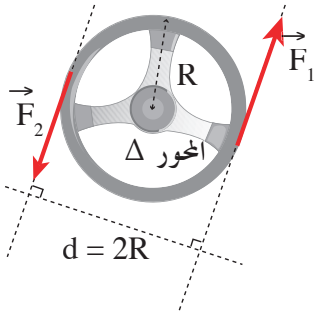
– اختر اتجاه دوران موجب.

– أحسب عزم القوة $\vec{F}_1$ بالنسبة لمحور الدوران.

– أحسب عزم القوة $\vec{F}_2$ بالنسبة لمحور الدوران.

– أحسب مجموع عزمي القوتين.

– استنتج عبارة عزم المزدوجة.



■ الشكل 16

استنتج بإكمال الفراغات :

يرجع حساب عزم مزدوجة قوتين $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ تؤثرعلى جسم صلب يدورحول محور Δ إلى حساب ..... الجبري لـ ..... القوتين.

يتعلق عزم هذه ..... بـ .... إحدى القوتين و..... العمودي بين ..... القوتين وتكتب العبارة على الشكل : $M_{/\Delta}$ = ...

ملاحظة

نلاحظ في (الشكل 16) أن قطر المقود d يمثل المسافة (البعد العمودي) بين حاملي القوتين $\vec{F}_1$ و$\vec{F}_2$.

نشاط 2 :

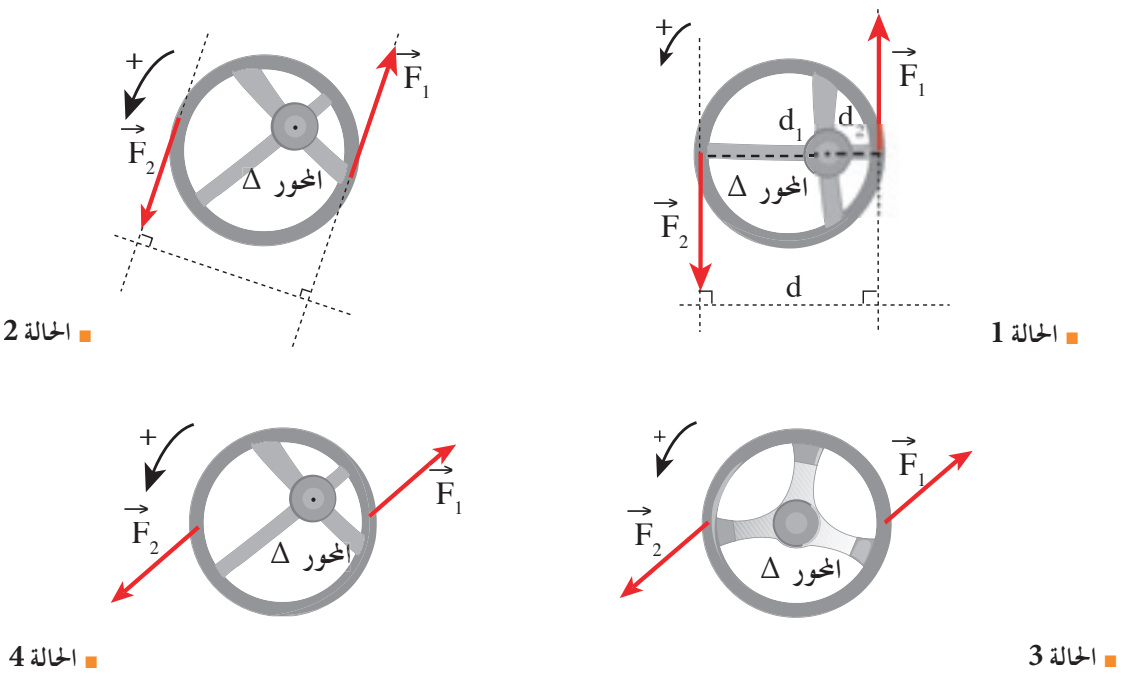
تخيل أن المقود السابق يدور حول محور لا يمر من مركزه (الشكل 17).

لاحظ الأشكال الأربعة التالية ثم أتبع نفس الخطوات السابقة لحساب عزم مزدوجة القوتين اللتين تؤثران على المقود في كل حالة.

– هل يتعلق عزم مزدوجة القوتين بموضع محور الدوران؟

– استنتج صيغة لعلاقة عزم مزدوجة

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية



الشكل 17

استنتج بإكمال الفراغات :

لا ..... عزم مزدوجة قوتين موجودتين في ..... العمودي على محور الدوران Δ لجسم صلب ..... هذا المحور.

يحسب عزم المزدوجة بجداء .... إحدى ..... في البعد العمودي d بين ..... القوتين : $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = \pm$.....

ملاحظة

1 – عندما نتكلم عن عزم مزدوجة لا نذكر المحور خلافا عن عزم القوة التي يجب دائما ذكر المحور الذي يُحسب بالنسبة إليه العزم.

2 – تدعى المسافة بين القوتين ذراع المزدوجة.

3 – عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور ثابت

3 – 1 – مركز الكتل

تعريف

يعرف مركز كتل جملة نقاط مادية كتلة كل منها $m_1, m_2, m_3, \ldots$ و موضع كل منها على التوالـــــى $M_1, M_2, M_3, \ldots$ على أنه مركز الأبعاد المتناسبة للنقاط M_i المرفقة بالكتل m_i.

إذا اعتبرنا موضع مركز الكتل النقطة C يحسب موضعه بالعبارة التالية :

$$m_1\overrightarrow{CM_1} + m_2\overrightarrow{CM_2} + m_3\overrightarrow{CM_3} + \ldots\ldots = \vec{0}$$

بالنسبة لنقطة O نختارها كمبدأ تكتب العلاقة السابقة على الشكل : $\overrightarrow{OC} = \dfrac{\sum m_i\overrightarrow{OM_i}}{\sum m_i}$

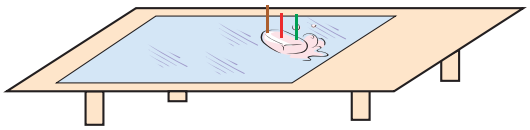
العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

3 – 2 – مركز العطالة

نشاط

ضع صفيحة من زجاج على طاولة ثم خذ قطعة صابون واغرز فيها ثلاثة أعمدة صغيرة (أعمدة ثقاب كبريت، مصاصات مشروبات، ...) في مواضع مختلفة حيث أحد الأعمدة يكون في مركز القطعة (الشكل 18).

بلّل قطعة الصابون ثم ضعها على اللوح الزجاجي وادفعها لتتحرك عليه.



الشكل 18

1 – هل لكل الأعمدة مسارات متشابهة خلال الحركة؟

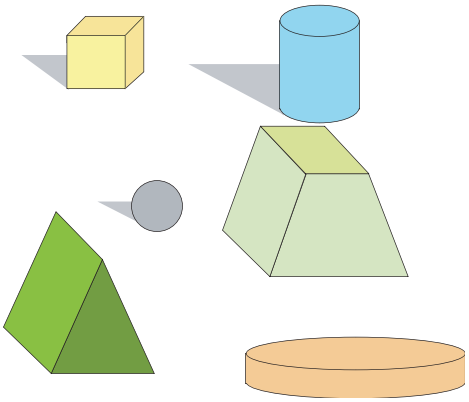
2 – ما هو العمود الذي له مسار خاص؟ و ما نوع هذا المسار؟

استنتج بإكمال الفراغات :

في الأجسام الصلبة التي نعتبرها مجموعة ..... مادية، توجد .... لها حركة خاصة (حركة مستقيمة منتظمة اذا كانت الجملة معزولة) ندعوها ... . الجملة و نرمز لها عادة بالرمز C. إذا كانت الكتلة لا تتعلق بسرعة الجسم كما هو الحال في دراستنا، ينطبق مركز ..... مع . ..... الكتل.

– مركز عطالة بعض الأجسام البسيطة

نعتبر في دراستنا حالة الأجسام الصلبة المتجانسة (الشكل19)



الشكل 19

1 – الأجسام الصلبة التي تملك مركز تناظر

يكون مركز عطالة هذه الأجسام منطبقا مع مركز تناظرها

2 – الأجسام الصلبة التي لها محور تناظر أو مستوي تناظر

ينتمي مركز عطالة هذه الأجسام لمحور التناظر أو مستوي التناظر.

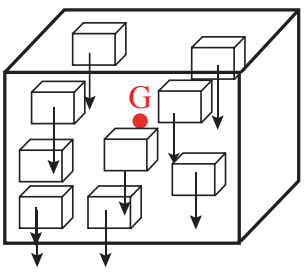
ملاحظة

ينطبق مركزالعطالة مع مركز الكتل في كل الحالات التي ندرسها.

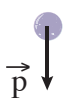
3 – 3 – مركز ثقل الأجسام الصلبة المتواجدة بجوار الأرض

نعلم أن الأجسام الصلبة المتواجدة بجوار الأرض تخضع لقوة جذب الأرض لها، والتي ندعوها ثقلها و نرمز له بالرمز $\vec{p}$ و لتعيين مركز ثقل G لهذه الأجسام ندرس المثال التالي :

نعتبر جسمين، واحد على شكل كرة صغيرة جدّا نصف قطرها من رتبة الميليمتر و الآخر على شكل مكعب أبعاده من رتبة الديسيمتر مثلا (الشكل 20).



الشكل 20



– أين تكون نقطة تطبيق الثقل في كلا الحالتين؟

– حالة الكرة

نظرا للأبعاد الصغيرة لهذه الكرة بالنسبة للملاحظ، فيمكن اعتبارها نقطة مادية و تكون نقطة تطبيق الثقل هي موضع هذا الجسم.

– حالة المكعب

نعتبر المكعب مكون من مجموعة من مكعبات صغيرة جدا ومتماثلة (أو كريات صغيرة) يمكن اعتبارها نقاط مادية. تخضع كل هذه النقاط المادية لقوى جذب الأرض لها $\vec{P}_i$ متساوية.

بما أن أبعاد المكعب صغيرة نسبيا (قيمة الجاذبية ثابتة في حدود أبعاد المكعب) ينطبق مركز ثقل الجسم G مع مركز الكتل C.

3 – 4 – المواضع النسبية للمراكز الثلاثة

عرفنا في الفقرة السابقة ثلاث نقاط مميزة في الجسم الصلب : مركز الكتل، مركز العطالة و مركز الثقل. ما هي المواضع النسبية لهذه النقاط في جسم صلب؟

– موضع مركز الكتل يتعلق بالشكل الهندسي للجسم.

– موضع مركز العطالة يتعلق بالحالة الحركية للجسم فهو منطبق على مركز الكتل ما دامت كتلة الجسم لا تتعلق بسرعته.

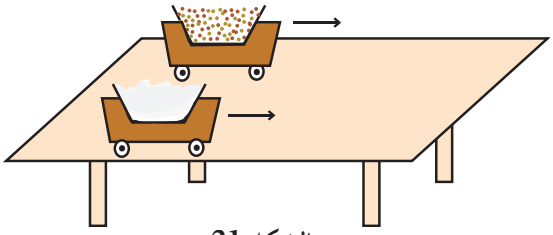
– موضع مركز الثقل يتعلق بقيمة الجاذبية الأرضية فهو ينطبق على مركز الكتل في الأجسام التي تشغل حيزا تكون فيه قيمة الجاذبية الأرضية ثابتة (الأجسام الصغيرة الأبعاد).

3 – 5 – عطالة الأجسام الصلبة

نشاط1

خذ عربتين متماثلتين و ضع عليهما إنائين متماثلين فارغين.

إملأ أحد الإنائين بالرمل و الآخر بالصوف (الشكل 21).



الشكل 21

ادفع بيدك العربة الأولى ثم ادفع بنفس الكيفية العربة الثانية (أي بتطبيق قوة مماثلة للحالة الأولى).

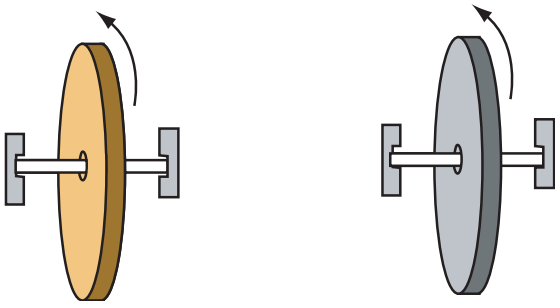
– ماهي العربة التي أحسست أنها "تسارعت" حركتها أكثرعند الإقلاع؟

– ما هي العربة التي أحسست أنها تقاوم أكثر التغيّر في السرعة ؟ هل هي العربة الثقيلة أم الخفيفة؟

نشاط 2

جزء أ

1 – خذ قرصين متماثلين (نفس القطر و نفس السمك) واحد من خشب و الآخر من رصاص مثلا (الشكل22)، اجعل كل قرص يدور حول محور أفقي يمر من مركزه. طبق على حافة كل قرص و بنفس الكيفية قوة لها نفس القيمة تجعلهما يدوران حول هذين المحورين.



الشكل 22

– أي قرص يبدي مقاومة أكبر للأثر الدوراني لهذه القوة؟

– في رأيك بماذا تتعلق هذه المقاومة للأثر الدوراني ؟

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

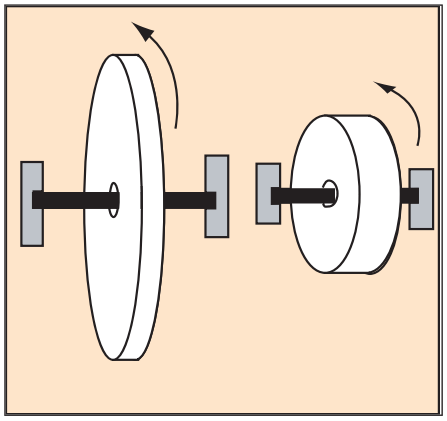
جزء ب

2 – خذ كمية من الجبس، امزجه بالماء ثم اقسمه إلى نصفين متساويين. اصنع بهما قرصين أحدهما قطره R و الآخر قطره 2R تقريبا (الشكل 23).

طبق على حافة كل قرص و بنفس الكيفية قوة لها نفس القيمة تجعلهما يدوران حول محوريهما.

– أي قرص يبدي مقاومة أكبر للأثر الدوراني للقوة المطبقة عليه ؟

– في رأيك بماذا تتعلق هذه المقاومة للأثر الدوراني؟



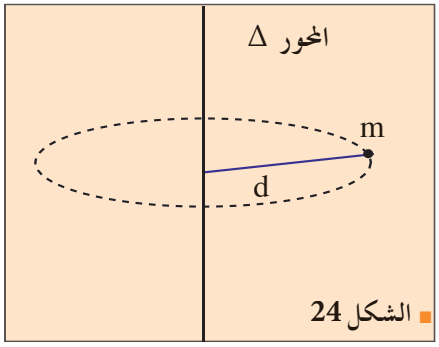
الشكل 23

استنتج بإكمال الفراغات :

تبدي الأجسام الصلبة المتحركة حول محور Δ ..... للأثر الدوراني للقوى المطبقة عليها ندعوها ..... الدورانية. تتعلق هذه العطالة في الأجسام الصلبة ..... و ..... الجسم.

3 – 6 – عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور

تُقاس العطالة الدورانية لجسم صلب يتحرك بالنسبة لمحور Δ ثابت بمقدار فيزيائي يدعى عزم عطالة الجسم بالنسبة للمحور Δ.



الشكل 24

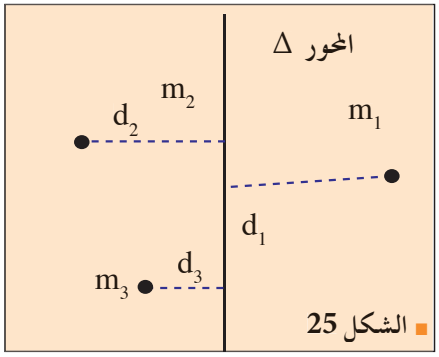
تعريف

يُعرَّف عزم العطالة $J_{/\Delta}$ بالنسبة لمحور Δ لجسم نقطي كتلته m و يبعد مسافة d عن هذا المحور بالعبارة التالية : $J_{/\Delta} = md^2$ الشكل 24

وحدة عزم العطالة في النظام الدولي هي $kg\ m^2$

يُحسب عزم عطالة جملة نقاط مادية كتلة كل نقطة $m_1, m_2, m_3 \ldots$ تبعد كل منها عن محور الدوران على التوالي مسافة $d_1, d_2, d_3 \ldots$ (الشكل 25) بجمع عزوم عطالة كل نقطة بالنسبة لنفس المحور :

$$J_{/\Delta} = \sum m_i d^2_i$$



الشكل 25

ملاحظة

عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور هو مقدار ثابت يميز الجسم.

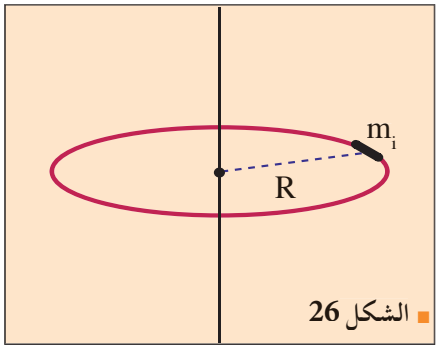
مثال :

حساب عزم عطالة حلقة نصف قطرها R و كتلتها M (الشكل 26).

لحساب هذا العزم نتبع الخطوات التالية :

– نقسم الحلقة إلى عناصر صغيرة كتلها m_i يمكن اعتبارها نقاطا مادية تبعد كلها نفس المسافة R عن المحور Δ.

– تعتبر الحلقة جملة نقاط مادية و يحسب عزم عطالتها بالعبارة التالية : $J_{/\Delta} = m_1R^2 + m_2R^2 + m_3R^2 + \ldots\ldots$

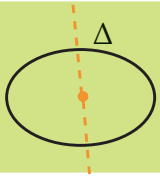
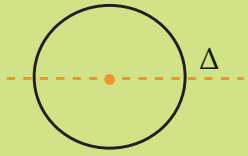
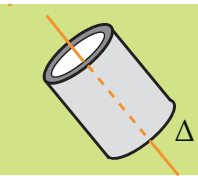
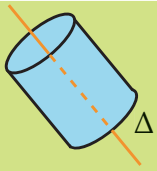
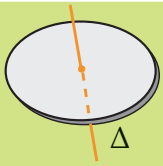
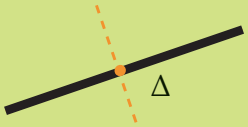


الشكل 26

أي $J_{/\Delta} = \sum m_iR^2 = (\sum m_i)R^2 = MR^2$

حيث $\sum m_i = M$ هي كتلة الحلقة.

الجدول 1 : عزم عطالة بعض الأجسام الصلبة المتجانسة

الجسم	المحور	عزم العطالة	الشكل
حلقة نصف قطرها R وكتلتها M	محور الحلقة	$J_{/\Delta} = MR^2$	
حلقة نصف قطرها R وكتلتها M	محور قطري	$J_{/\Delta} = \frac{MR^2}{2}$	
اسطوانة مجوفة نصف قطرها R و كتلتها M	محور الاسطوانة	$J_{/\Delta} = MR^2$	
اسطوانة مصمتة نصف قطرها R و كتلتها M	محور الاسطوانة	$J_{/\Delta} = \frac{MR^2}{2}$	
قرص نصف قطره R وكتلته M	محور القرص	$J_{/\Delta} = \frac{MR^2}{2}$	
قضيب كتلته M وطوله L	محور عمودي على القضيب و يمر من منتصفه	$J_{/\Delta} = \frac{ML^2}{12}$	
قضيب كتلته M وطوله L	محور عمودي على القضيب و يمر من احد طرفيه	$J_{/\Delta} = \frac{ML^2}{3}$	
كرة مصمتة نصف قطرها R وكتلتها M	محور يمر من مركزها	$J_{/\Delta} = \frac{2MR^2}{5}$	

3 – 7 – نظرية هيوغنز Huygens

تُحسب عزوم عطالة الأجسام الصلبة بالنسبة لمحاور تمر من مركز كتلها و توضع في جداول.

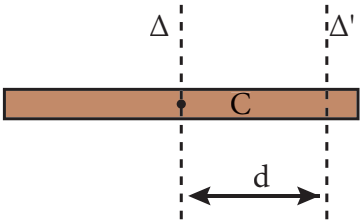
كيف نحسب عزم عطالة جسم صلب يدور حول محور لا يمر من مركز كتله؟

نستعين بنظرية هيوغنز التالية لحساب عزوم عطالة هذه الأجسام.

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

النظرية :

عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور Δ' لا يمر بمركز كتله يساوي عزم عطالة هذا الجسم بالنسبة لمحور Δ مواز للمحور Δ' و يمر من مركز كتله زائدا جداء كتلة الجسم في مربع المسافة الفاصلة بين هذين المحورين (الشكل 27): $J_{/\Delta'} = J_{/\Delta} + Md^2$



الشكل 27

مثال :

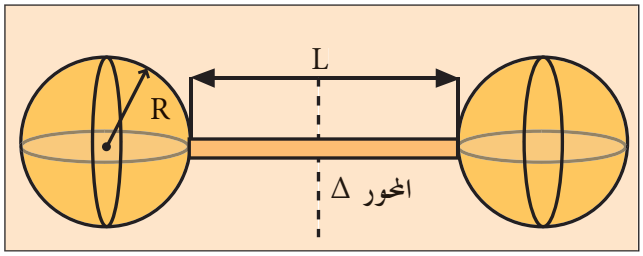
يمثل الشكل 28 جسما متكونا من كرتين متماثلتين كتلة كل واحدة منهما m و نصف قطريهما R مرتبطتين بقضيب طوله L و كتلته M .

جد عزم عطالة الجسم بالنسبة للمحور Δ، المار من منتصف القضيب.

الحل :

عزم عطالة هذا الجسم مركب من ثلاث حدود :

$$J_{/\Delta} = J_1 + J_2 + J_3$$

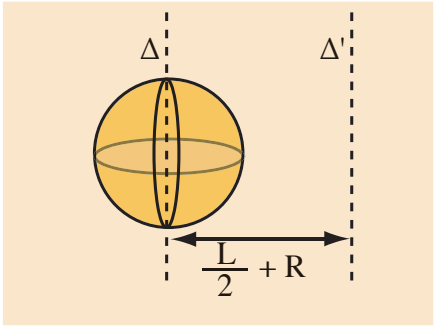


الشكل 28

– الحد الأول هو عزم عطالة القضيب بالنسبة لمحور عمودي عليه و يمر من منتصفه : $J_1 = \frac{ML^2}{12}$

– الحد الثاني و الثالث هما عزما عطالة الكرتين بالنسبة لمحور لا يمر من مركزي كتلهما . نطبق نظرية هيوغنز لحساب عزم عطالة كل كرة :

– عزم عطالة الكرة بالنسبة للمحور Δ' يساوي عزم عطالة الكرة بالنسبة للمحور Δ ($\frac{2mR^2}{5}$ حسب الجدول السابق) (انظر الشكل 29) زائدا جداء كتلة الكرة في مربع المسافة بين المحورين $m\left(\frac{L}{2} + R\right)^2$



الشكل 29

أي : $J_2 = \frac{2mR^2}{5} + m\left(\frac{L}{2} + R\right)^2$

– نجمع العزوم الثلاث : $J_{/\Delta} = J_1 + 2J_2$

أي : $J_{/\Delta} = \frac{ML^2}{12} + \frac{4mR^2}{5} + 2m\left(\frac{L}{2} + R\right)^2$

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

4 – توازن الجسم الصلب

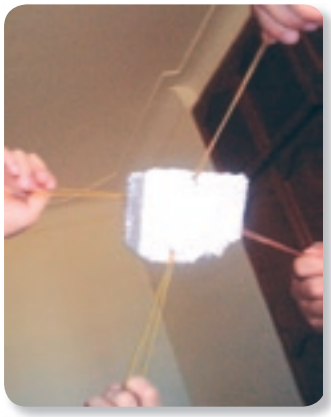
نعتبر جسما ساكنا في معلم عطالي (معلم مخبري مثلا) أي لا ينسحب و لا يدور، نقول عنه أنه في حالة توازن.

حسب مبدأ العطالة المدروس في السنة الماضية، هذا يعني أن الأثر الإجمالي الانسحابي عليه معدوم أي أن المجموع الشعاعي للقوى المطبقة على هذا الجسم معدوم: ($\sum_i \vec{F}_i = \vec{0}$) .

بما أنه لا يدور، يعني أن التأثير الإجمالي الدوراني عليه معدوم أي أن المجموع الجبري لعزوم القوى المؤثرة عليه معدوم $\sum M_{\vec{F}/\Delta} = 0$

نشاط1

خذ جسما خفيفا من فلين أو «بوليستيران»، استعن بزميل لك و طبقا عليه بواسطة مطاطات (خيوط مطاطية) أربع قوى كيفية (الشكل 30).



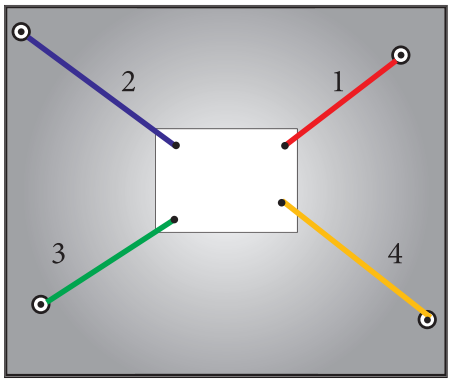
■ الشكل 30

– حقق توازن الجسم في وضعية كيفية للأيدي. هل يمكنكما الحصول على توازن حيث لا تكون حوامل القوى في نفس المستوي؟

نشاط 2

للقيام بالحسابات نقتصر على دراسة أوضاع التوازن التي تكون فيها القوى في نفس المستوي.

خذ هذه المرة جسما مسطحا خفيفا من فلين أو ورق مقوى. طبق أربع قوى بواسطة خيوط مطاطية مثبتة بدبابيس على لوح من خشب (طاولة، صبورة ...) عليه ورقة بيضاء تسمح لك بتعيين موضع الجسم و الخيوط (الشكل 31).



■ الشكل 31

1 – علم على الورقة بقلم شكل الجسم و حوامل الخيوط المطاطية و نقاط تثبيتها. رقّم المطاطات.

2 – استنتج شدة القوى المطبقة على الجسم باستعمال القارورة المعايرة.

3 – مثل على الورقة أشعة القوى المطبقة على الجسم باختيار سلم.

4 – جد المجموع الشعاعي للقوى الأربع. ماذا تلاحظ؟

5 – احسب عزم كل قوة بالنسبة إلى نقطة كيفية تختارها.

6 – احسب المجموع الجبري لهذه العزوم. ماذا تلاحظ؟

7 – استنتج عبارتي شرطي توازن جسم صلب خاضع لأربع قوى تقع في نفس المستوي.

8 – هل يبقى الجسم في حالة توازن إذا تحقق شرط واحد من شرطي التوازن؟

9 – اقترح طريقة عملية تبين فيها ذلك.

نشاط 3

عوض في التجربة السابقة قوتين بقوة واحدة (تعويض المطاطين1 و2 مثلا بمطاط واحد5) محافظا على نفس وضعية توازن الجسم السابقة (المرسومة على الورقة). لتعيين خصائص هذه القوة نتبع المراحل التالية:

- **تعيين حامل هذه القوة:**

1 – ارسم على الورقة المجموع الشعاعي للقوتين المحذوفتين.

2 –كيف يجب أن يكون حامل المطاط 5 لتحقيق التوازن.

- **تعيين نقطة تطبيق هذه القوة:**

استعمل شرط التوازن الثاني $\sum M_{\vec{F}/\Delta} = 0$ لتعيين نقطة تثبيت الخيط المطاطي 5 على الجسم حتى يتحقق التوازن السابق؟ (يخضع الجسم لتأثير المطاطات 3، 4 و 5).

- **تعيين شدة هذه القوة:**

حقق التوازن المطلوب بسحب المطاط 5 بيدك (بدون تغيير استطالتي المطاطين 3 و 4) .

1 – استنتج شدة و جهة هذه القوة.

2 – علم على نفس الورقة حامل الخيط المطاطي 5 بعد تحقيق التوازن.

3 – مثل شعاع هذه القوة في نقطة تطبيقها باستعمال نفس السلم.

4 – ارسم المحصلة الشعاعية للقوتين المحذوفتين.

5 – قارن خصائص هذه القوة مع خصائص محصلة القوتين المحذوفتين.

6 – مدد على الورقة حوامل القوى الثلاث. ماذا تلاحظ؟

7 – هل عبارتي شرطي توازن الجسم الصلب تبقى محققة؟

8 – استنتج صيغة أخرى لشرطي توازن جسم صلب خاضع لثلاث قوى غير متوازية.

9 – كيف تصبح هذه الصيغة إذا كانت القوى متوازية؟

نشاط4

عوض هذه المرة في تجربة النشاط3 القوتين المؤثرتين على الجسم من طرف المطاطين 3 و 4 بقوة واحدة باستعمال مطاط 6 محافظا دائما على نفس وضعية توازن الجسم السابقة (المرسومة على الورقة). ابحث على وضعية التوازن بسحب المطاط 6 بيدك (بدون تغيير استطالة المطاط5).

1 – ابحث عن نقطة تثبيت الخيط المطاطي 6 على الجسم حتى يتحقق التوازن السابق؟

2 – علم على نفس الورقة حامل الخيط المطاطي 6 بعد تحقيق التوازن.

3 – استنتج خصائص القوة التي يطبقها هذا المطاط على الجسم.

4 – مثل شعاع هذه القوة في نقطة تطبيقها باستعمال نفس السلم.

5 – ارسم المحصلة الشعاعية للقوتين المحذوفتين.

6 – قارن خصائص قوتي المطاطين 5 و 6.

7 – هل عبارتي شرطي توازن الجسم الصلب تبقى محققة؟

8 – استنتج صيغة أخرى لشرطي توازن جسم صلب خاضع لقوتين.

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

نشاط :

ارجع إلى النشاط المدروس في 1 – 3 (الشكل11)

عندما كانت المسطرة في الوضع الأفقي (ندعوه الآن وضع توازن).

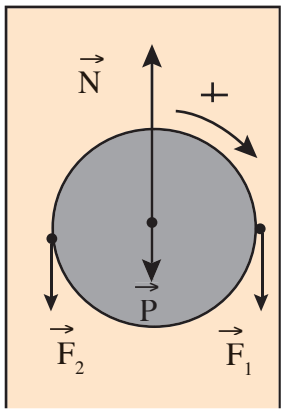
– هل يطبق المسمار قوة على القضيب ؟ علل

– إذا كان الجواب نعم مثل هذه القوة واحسب شدّتها.

– احسب المجموع الجبري لعزوم القوى المطبقة على القضيب بالنسبة لنقطة كيفية و لتكن M_3 مثلا.

– ماذا تستنتج؟

– 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.



الشكل 32

تطبيق : توازن بكرة

يبين (الشكل 32) بكرة نصف قطرها a في حالة توازن.

استنتج صيغة أخرى لشرطي توازن هذه البكرة.

الحل

القوى المؤثرة على البكرة هي :

1 – $\vec{P}$ تأثير الأرض على البكرة ، نقطة تطبيقها مركز البكرة،

2 – $\vec{N}$ تأثير المحور على البكرة ، نقطة تطبيقها مركز البكرة،

3 – $\vec{F_1}$ و $\vec{F_2}$ قوتي تأثير الحبل على البكر.

من شرطي توازن البكرة نستنتج ما يلي :

أ – الشرط الأول : محصلة القوى المؤثرة على البكرة معدومة :

$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{P} + \vec{N} = \vec{0}$$

ب – الشرط الثاني : محصلة عزوم القوى المؤثرة على البكرة، بالنسبة لمحور يمر من مركزها، تساوي الصفر :

$$\sum M_{/\Delta} = 0 \Rightarrow F_1 a - F_2 a + P.0 + N.0 = 0 \quad \text{أي} \quad F_1 a = F_2 a =$$

و منه نستنتج أن القوتين لهما نفس الشدة

الصيغة الجديدة لشرطي توازن بكرة هي :

1 – مجموع القوي معدوم

2 – لقوتي تأثير الحبل على البكرة نفس الشدة .

استنتج بإكمال الفراغات :

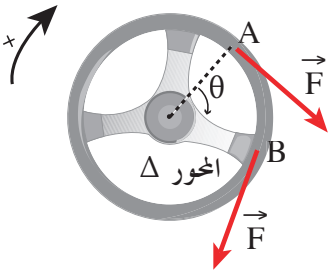
يكون جسم متحرك في حالة توازن إذا تحقق الشرطان :

.... المؤثرة عليه معدوم و ..... الجبري ..... القوى الطبقة عليه معدوم.

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

5 – عبارة عمل مزدوجة

تعرفنا في الفصل السابق عن عبارة عمل قوة ثابتة شدتها F.
في حالة قوة موازية لمسار انتقال نقطة تأثيرها المستقيم طوله d
و في جهة الحركة يحسب هذا العمل بالعبارة التالية : $W = F\,d$

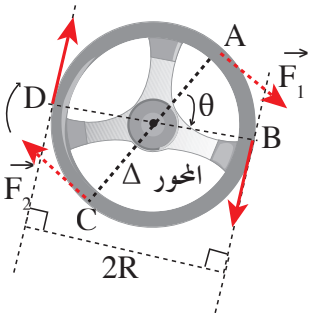


الشكل 33

نشاط 1

طبق قوة بيدك على مقود شاحنته تديره بزاوية θ. نفرض أن القوة التي تطبقها على المقود، الدائري الشكل الذي نصف قطره R، تبقى شدتها ثابتة و اتجاهها دائما مماسي للمقود عند نقطة التطبيق. (الشكل33)

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



الشكل 34

– باعتبار عمل القوة من A إلى B (الشكل33) هو مجموع أعمال القوة على كل جزء، جد عبارة عمل القوة من A إلى B.

– بين أن هذه العبارة تكتب على الشكل التالي : $W_M = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}\,\theta$

حيث $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}$ هو عزم القوة بالنسبة لمحور الدوران.

نشاط 2

طبق هذه المرة بيديك الإثنتين مزدوجة قوتين على المقود لتديره بزاوية θ (الشكل34) .

– اتبع نفس خطوات النشاط السابق لحساب عمل هذه المزدوجة.

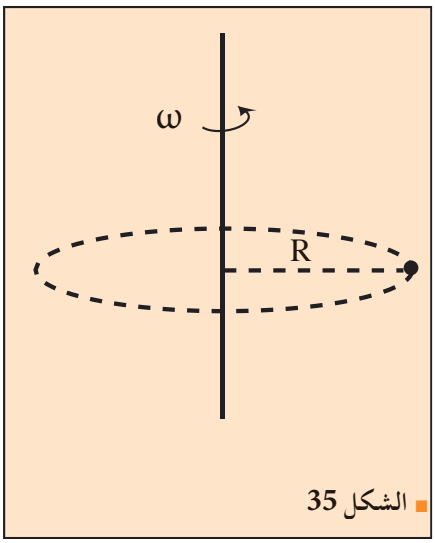
– بين أن عبارة عمل هذه المزدوجة تكتب على الشكـــل : $W_M = M\theta$ حيث M عزم المزدوجة .

– جد عبارة الاستطاعة علما أنها تساوي عمل المزدوجة على وحدة الزمن .

5 – 1 – عبارة الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة دورانية

نشاط 1

يدور جسم نقطي كتلته m حول محور ثابت بسرعة v ثابتة و يرسم مسارا دائريا نصف قطره R (الشكل35).



الشكل 35

جد عبارة طاقته الحركية.

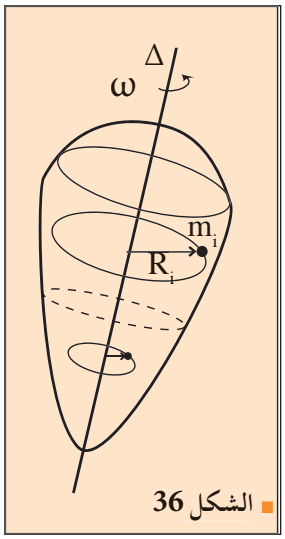
بالاعتماد على علاقة السرعة v بالسرعة الزاوية ω بين أن الطاقة الحركية تكتب على الشكل التالي : $E_c = \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2$

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

العمل والطاقة الحركية في حالة الحركة الدورانية

نشاط 2

يدور جسم صلب حول محور ثابت Δ بسرعة زاوية ω ثابتة عزم عطالته J_Δ بالنسبة لهذا المحور (الشكل 36).



الشكل 36

– لاحظ أن الجسم الصلب عبارة عن جملة نقاط مادية كتلتها m_i. تبعد مسافة R_i عن محور الدوران. علما أن الطاقة الحركية للجسم الصلب (جملة نقاط مادية) هي مجموع الطاقات الحركية لهذه النقاط المادية جد عبارة الطاقة الحركية لهذا الجسم الصلب.

– بين أن عبارة الطاقة الحركية في الحركة الدورانية لجسم صلب تكتب على الشكل :

$E_c = \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2$ حيث $J_{/\Delta} = \sum m_i R_i^2$ يمثل عزم عطالة هذا الجسم بالنسبة للمحور الثابت Δ .

استنتج بإكمال الفراغات :

الطاقة الحركية ..... لجسم صلب ..... حول محور ثابت Δ هو جداء .... هذا الجسم بالنسبة لنفس المحور في ..... السرعة الزاوية (السرعة الدورانية) لهذا الجسم :

E_c = ...

ملاحظة

لاحظ التشابه بين عبارتي الطاقة الحركية الانسحابية $\left(E_c = \frac{1}{2} mv^2\right)$ والطاقة الحركية الدورانية $\left(E_c = \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2\right)$ حيث عوّض :

– المقدار الذي يقيس العطالة الانسحابية، الكتلة m، بالمقدار الذي يقيس العطالة الدورانية، عزم العطالة J_Δ

– السرعة الخطية v بالسرعة الدورانية ω.

أحتفظ بالأهم

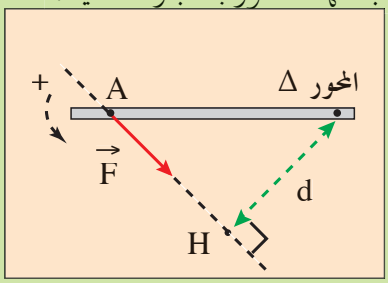
1 – السرعة اللحظية الخطية والسرعة اللحظية الدورانية

العلاقة التي تربط السرعة الخطية اللحظية بالسرعة اللحظية الدورانية هي : $v = R\omega$

تمثل ω السرعة اللحظية الدورانية و R نصف قطر المسار الدائري.

2 – عزم قوة بالنسبة لمحور ثابت

في حالة قوة $\vec{F}$ عمودية على محور الدوران Δ يحسب عزم هذه القوة بالنسبة لهذا المحور بالعبارة التالية :



$\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = F\,d$ يمثل d البعد العمودي بين محور الدوران وحامل القوة

– يكون عزم القوة موجبا إذا كانت القوة تدير الجسم في الاتجاه الموجب المختار

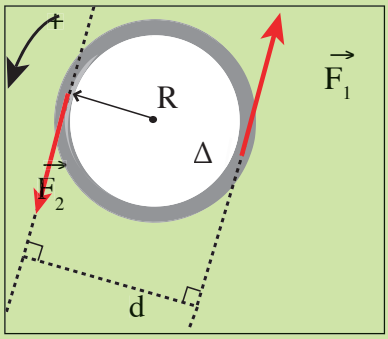
– يكون عزم القوة سالبا إذا كانت القوة تدير الجسم عكس الاتجاه الموجب المختار.

3 – المزدوجة

هي جملة قوتين في نفس المستوي، لهما نفس الشدة، متعاكستان في الاتجاه و ليس لهما نفس الحامل.

4 – عزم مزدوجة

عبارة عزم مزدوجة تكتب على الشكل $\mathcal{M}_{/\Delta} = Fd$ ، حيث d البعد العمودي بين حاملي القوتين

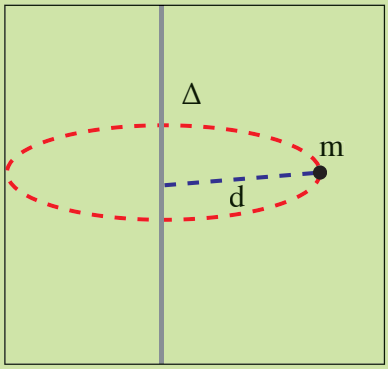


5 – عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور

تبدي الأجسام الصلبة المتحركة حول محور Δ مقاومة للأثر الدوراني للقوى المطبقة عليها ندعوها العطالة الدورانية.

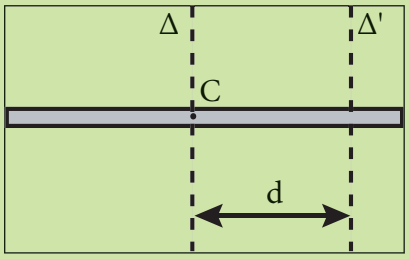
تُقاس هذه العطالة الدورانية بمقدار فيزيائي يدعى عزم عطالة الجسم بالنسبة للمحورΔ ونرمز له بالرمز $J_{/\Delta}$.

– عزم عطالة جسم نقطي كتلته m ، يبعد مسافة d عن المحور يحسب بالعبارة التالية : $J_{/\Delta} = md^2$



أحتفظ بالأهم

6 – نظرية هويغنز



عزم عطالة جسم صلب كتلته m بالنسبة لمحور Δ' مواز للمحور Δ الذي يمر من مركز كتله يعطى بالعبارة :

$M_{/\Delta'} = J_{/\Delta} + Md^2$ حيث :

– $J_{/\Delta}$ عزم عطالة هذا الجسم بالنسبة للمحور Δ

– d المسافة الفاصلة بين المحورين

7 – شرطا توازن جسم صلب

يكون جسم متحرك في حالة توازن إذا تحقق الشرطان :

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

8 – عبارة عمل قوة في حالة الحركة الدورانية

عندما يدور جسم بزاوية θ حول محور Δ تكتب عبارة عمل القوة المطبقة عليه على الشكل :

$W = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}\,\theta$ حيث $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}$ هو عزم القوة بالنسبة لمحور الدوران

9 – عبارة عمل مزدوجة

– عبارة عمل مزدوجة عندما يدور جسم بزاوية θ حول محور Δ تكتب على الشكل :

$W_M = \mathcal{M}\theta$ حيث $\mathcal{M}$ عزم المزدوجة

– عبارة استطاعة مزدوجة : $P = \mathcal{M}\omega$

ω السرعة الزاوية التي يدور بها الجسم

10 – عبارة الطاقة الحركية (حالة الدوران)

عبارة الطاقة الحركية الدورانية لجسم صلب يدور حول محور ثابت Δ هي : $E_c = \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2$

J_Δ عزم عطالة الجسم بالنسبة لمحور الدوران.

أحتفظ بالأهم

تمارين... تمارين..

1 اجب بصحيح أو خطأ ثم علل :

– يبقى شعاع السرعة ثابتا في الحركة الدائرية المنتظمة.

– في الحركة الدائرية المنتظمة العلاقة بين السرعة الخطية و السرعة الزاوية هي : $\omega = v/R$.

– الطاقة الحركية مقدار شعاعي.

– وحدة الطاقة الحركية هي Watt

– تتعلق الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة انسحابية بقيمة سرعة نقطة كيفية من الجسم.

– تتعلق الطاقة الحركية لجسم في حركة دورانية بكتلة الجسم وسرعته الزاوية فقط.

– يميز عزم العطالة، عطالة الأجسام الصلبة في حركات دورانية.

– الطاقة الحركية الانسحابية مستقلة عن معلم الدراسة.

– الطاقة الحركية الدورانية مستقلة عن موضع محور الدوران.

– الطاقة الحركية لجسم في حركة انسحابية ثابتة.

– يتعلق تغير الطاقة الحركية فقط بالحالة الابتدائية والحالة النهائية .

2 احسب السرعة الزاوية لدوران عقارب ساعة.

3 احسب السرعة الزاوية لدوران الأرض في المعلم المركزي الأرضي.

4 ما هي السرعة الزاوية لجسم يدور و ينجز 300 دورة في الثانية؟

5 كم دورة في الدقيقة يدورها جسم سرعته الزاوية 10 rd/s.

6 يدور جسم تحت تأثير مزدوجة عزمها $\mathcal{M} = 100Nm$ بسرعة زاوية $\omega = 6rd/s$. ما هي استطاعة المزدوجة التي تديره؟

7 تطبق قوة مماسية شدتها $F = 100N$ على بعد $d = 10cm$ من محور دوران جسم أسطواني ما هو العمل المنجز خلال 10 دورات لهذا الجسم؟

8 يُفرمل جسم بتأثير مزدوجة شدة قوتيها $F = 15N$ و متباعدتان بمسافة $d = 10cm$.

– ما هي إشارة العمل؟

– احسب هذا العمل من أجل 50 دورة.

9 يخضع جسم :

– لقوة مفرملة مماسية شدتها $f = 5N$ تبعد بمسافة $d = 10cm$ عن محور الدوران.

–لمزدوجة قوتين محرِّكة شدة قوتيها $F = 7N$ و المسافة بينهما $d = 3cm$.

احسب العمل المنجز خلال 10 دورات لهذا الجسم في كلّ حالة.

10 ما هي المعطيات اللازمة لحساب :

1 – السرعة الزاوية لدوران الأرض حول الشمس

2 – سرعة رأس العقرب الكبير للساعة.

3 – عزم مزدوجة محرك سيارة.

4 – عزم مزدوجة القوى المطبقة على مثقب كهربائي.

11 نعتبر الجملة المكونة من اسطوانتين لهما نفس المحور Δ. نصف قطر الاسطوانة الاولى R_1=25cm نصف قطر الثانية R_2=50 cm. نلف على كل اسطوانة حبلا يحمل في أحد طرفيه جسما. عندما تدور الجملة يلف الحبلين في اتجاهين مختلفين. احسب سرعة كل جسم عندما تكون السرعة الزاوية للجملة N=20 tr/mn (عشرون دورة في الدقيقة).

12 يبقي قمر اصطناعي أرضي ثابتا على الشاقول المار من نقطة محددة على خط الاستواء. يدور هذا القمر على بعد 36000 km فوق سطح الأرض. نصف قطر الأرض عند خط الاستواء يساوي 6400km.

1 – احسب السرعة الزاوية للقمر الاصطناعي.

2 – ما هي سرعته الخطية؟

13 تتحرك سيارة بسرعة ثابتة v=100km/h، نصف قطر عجلات السيارة R=35cm.

1 – احسب السرعة الزاوية لكل عجلة.

2 – ما هي الزاوية الممسوحة من نقطة على العجلة عند قطع مسافة 1km.

14 لدراجة مهرج سيرك عجلتين مختلفتي القطر الأولى قطرها 50cm و الثانية قطرها 1m. تتحرك هذه الدراجة بسرعة 7.5km/h.

1 – احسب السرعة الزاوية لكل عجلة.

2 – ما هي الزاوية الممسوحة من نقطة على العجلة الكبيرة عندما تدور العجلة الصغيرة بدورة واحدة؟

15 لبكرة محزان يلتف حولهما الحبل، الأول نصف قطره 50cm و الثاني نصف قطره 10cm. نرفع بهذه البكرة حمولة كتلتها 100kg.

1 – على أي محز يستحسن لف الحبل الذي يرفع الحمولة؟

2 – احسب قوة السحب عندما يصعد الجسم بسرعة ثابتة.

3 – ترفع الحمولة إلى ارتفاع h = 2m ما هو طول الحبل المسحوب؟

4 – ما هي الزاوية الممسوحة من نقطة على البكرة؟

16 ملفاف تفاضلي مكون من اسطوانتين مترابطتين لهما نفس المحور نصف قطراهما مختلفان، الأول R=15cm و الثاني r=10cm. يُلف على كل منهما طرفي حبل حامل لبكرة متحركة. طول مقبض التدوير *l*=50cm.

1 – ما هي القوة التي يجب تطبيقها عموديا على المقبض حتى يُرفع ثقل P = 500N؟

2 – ماذا يحدث لو كان R = r؟ فسر النتيجة.

17 ينتج محرك سيارة استطاعة قدرها P = 120kW عندما يدور محركه بسرعة N = 600tr/mn. قيمة المزدوجة المحركة العظمى عندما يدور المحرك بسرعة N'=3500tr/mn هي : 170mN. اقصى سرعة للسيارة على الطريق هي v = 210km/h.

1 – هل توافق المزدوجة المحرِّكة العظمى السرعة العظمى؟

2 – احسب المزدوجة المحرِّكة عند السرعة العظمى.

3 – احسب الاستطاعة التي توافق المزدوجة المحركة العظمى.

4 – احسب محصلة قوى الاحتكاك المطبقة على السيارة عند السرعة العظمى باعتبار الحركة مستقيمة منتظمة على طريق أفقي.

تمارين... تمارين..

18 تنزلق كرة كتلتها M= 500g نصف قطرها R=10cm بحركة انسحابية و بسرعة قدرها v=5m/s.

1 – جد الطاقة الحركية لهذه الكرة.

2 – عين سرعتها الزاوية لو كانت تدور بنفس الطاقة الحركية حول محور يمر من مركزها.

19 ينتقل دراج، كتلته هو و دراجته 90kg، على طريق أفقي بسرعة v=25km/h. يكافئ الاحتكاك و مقاومة الهواء قوة تعاكس حركته شدتها f=20N.

1 – جد العمل الذي يبذله الدراج لقطع مسافة 1km.

2 – جد الاستطاعة P التي يبذلها في هذه الظروف.

3 – جد الاستطاعة P' التي سوف يبذلها إذا احتفظ بنفس السرعة و صعد طريقا مائلا ميله 5%.

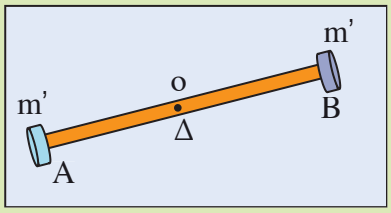
20 يدير محرك كهربائي، استطاعته P=3kW ثابتة، اسطوانة متجانسة نصف قطرها R=75cm و كتلتها m=250kg. بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة جد أقصر مدة زمنية يستلزم للأسطوانة حتى تدور، انطلاق من السكون، بسرعة 1750tr/mn . عزم عطالة الاسطوانة $J_\Delta = 1/2MR^2$.

21 قضيب AB طوله 2l=1m و كتلته m=500g يدور حول محور Δ أفقي يمر من مركزه O. يعطى عزم عطالة بالنسبة للمحور $J_\Delta = 1/3\ ml^2$. يحمل القضيب على طرفيه جسمين نعتبرهما نقطيين كتلة كل منهما m'=200g.

1 – ندير الجملة بسرعة 100tr/mn ما هي حينئذ الطاقة الحركية للجملة (القضيب + الكتلتين)؟

2 – تعرقل قوى الاحتكاك حركة الجملة بحيث يتوقف خلال 10mn. ما هي الاستطاعة المتوسطة لقوى الاحتكاك؟

3 – يتوقف القضيب بعد ما يدور 400 دورة. احسب عزم قوى الاحتكاك باعتباره ثابتا.



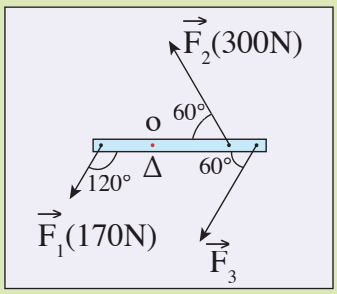
الشكل 1

22 مسطرة مهملة الكتلة يمكنها الدوران حول محور ثابت Δ يمر من النقطة O. تتوازن هذه المسطرة تحت تأثير ثلاث قوى موجودة في المستوي العمودي للمحور.تعطى: OC=40 cm و OB=30cm و OA=20cm الشكل 2.

1 – اذكر شروط توازن جسم متحرك حول محور ثابت.

2 – احسب عزم القوة F_3 ثم استنتج شدتها.

3 – عين مميزات الفعل R للمحور على المسطرة. يمكن اسقاط القوة $\vec{R}$ على محورين ملائمين تختارهما ثم استنتج شدة R و الزاوية التي يصنعها حامل R مع المستقيم OC.



الشكل 2

23 طول القضيب الموضح على الشكل3 L=4l=80cm يمكنه الدوران حول محور Δ ثابت يمر من مركز عطالته في النقطة O و يخضع لأربع قوى حواملها عمودية عليه. $F_1 = F_2 = 6.0$ N و $F_3 = F_4 = 2.0$ N.

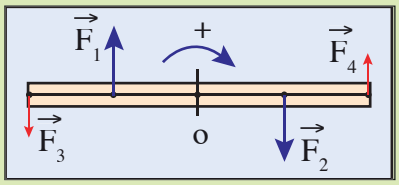
1 – احسب عزمي المزدوجتين.

2 – احسب مجموع عزمي المزدوجتين المؤثرتين على القضيب.

3 – هل هذا القضيب في حالة توازن ؟

4 – إذا كان الجواب لا فما هو العزم اللازم إضافته حتى يتوازن القضيب؟

5 – نحقق هذا العزم بقوتين F_5 و F_6 اتجاهيهما عموديين على القضيب و مطبقتين على طرفيه. مثل القوتين في رسم توضيحي ثم احسب شدتيهما.



الشكل 3