

الوحدة 03: العمل والطاقة الحركية (حركة دورانية).

الأستاذ: طواهرية عبد العزيز
المدة الاجمالية: 10 سا.

المستوى: السنة الثانية ثانوي تقني رياضي + رياضيات.
المجال: الميكانيك والطاقة.
الوحدة: العمل والطاقة الحركية (حركة دورانية).

النشاطات المقترحة:

☞ أمثلة عن دوران أجسام حول محور ثابت (دوران باب، ...)
☞ عزم عطالة بعض الأجسام الصلبة المتجانسة ذات الأشكال الهندسية المعروفة مثل: حلقة، قرص، بكرة، أسطوانة، قضيب منتظم، كرة، ...
☞ توازن مسطرة متجانسة طويلة بالنسبة لمحور ثابت مار من احدى نقاطها.
☞ توازن بكرة.

مؤشرات الكفاءة:

☞ يعبر ويحسب عمل قوّة عزم بالنسبة لمحور دوران.
☞ يعرف عزم عطالة جسم.
☞ يوظف نظرية هوينغز.
☞ يعرف ان التوازن في حالة دوران يفسّر بعزم قوّة لا بالقوّة نفسها.
☞ يحدد الشروط العامة لتوازن جملة ميكانيكية.

الوسائل المستعملة:

☞ جهاز الكمبيوتر المحمول.
☞ جهاز العرض.
☞ مختلف تجهيزات المخبر.

مراحل سير الوحدة:

- 1- مفاهيم أساسية في الحركة الدورانية.
- 2- عزم قوّة بالنسبة لمحور دوران ثابت.
- 3- عزم المزدوجة.
- 4- عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور ثابت مار من مركزه.
- 5- شروط توازن جسم صلب خاضع لعدّة قوى.
- 6- عبارة عمل المزدوجة.
- 7- عبارة الطاقة الحركية لجسم صلب يتحرك حركة دورانية.

المراجع:

☞ المنهاج.
☞ الوثيقة المرافقة.
☞ الكتاب المدرسي.
☞ وثائق من شبكة الأنترنت.

التقويم:

- مجموعة تطبيقات تحقق الكفاءات المستهدفة.

ملاحظات:

البطاقة التربوية رقم 01: مفاهيم أساسية في الحركة الدورانية.

المستوى: السنة الثانية ثانوي تقني رياضي + رياضيات.
المجال: الميكانيك والطاقة.
الوحدة: العمل والطاقة الحركية (حركة دورانية).
الموضوع: مفاهيم أساسية في الحركة الدورانية

الأستاذ: طواهرية عبد العزيز.
نوع النشاط: نظري.
المدة الاجمالية: 10 سا.
المدة: 1 سا.

مؤشرات الكفاءة:

✍ يحسب السرعة الزاوية، الفاصلة الزاوية، دور الحركة ...

النشاطات المقترحة:

✍ أمثلة عن حركة دائرية.

الوسائل المستعملة:

✍ جهاز الكمبيوتر المحمول.
 ✍ جهاز العرض.

المراجع:

✍ المنهاج.
 ✍ الوثيقة المرافقة.
 ✍ الكتاب المدرسي.
 ✍ وثائق من شبكة الأنترنت.

مراحل سير الدرس:**1- مفاهيم أساسية في الحركة الدورانية.**

- أ- الفاصلة المنحنية والزاوية.
 ب- السرعة الخطية v_m والسرعة الزاوية ω_m .
 ج- دور الحركة الدائرية المنتظمة.

التقويم:

- أسئلة خلال الأنشطة تحقق الكفاءات المستهدفة.

ملاحظات:

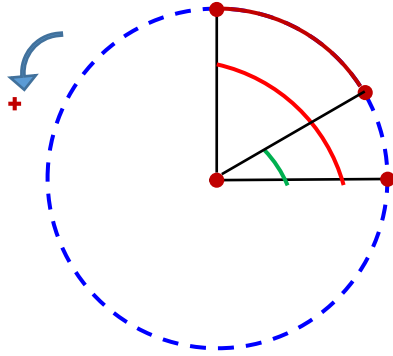
أكاديمية طواهرية
 للعلوم الفيزيائية
 WWW.TOUAHRIA.COM

1- مفاهيم أساسية في الحركة الدورانية:

أ- الفاصلة المنحنية والزاوية:

نعتبر جسم نقطي (أبعاده مهملة) ينتقل على مسار دائري نصف قطره R ومركزه O مارا بالمواضع M_1, M_2, \dots عند اللحظات t_1, t_2, \dots على الترتيب. (الشكل -01-).

- الفاصلة المنحنية التي نرمز لها بـ s وتقدر بالمتري (m) هي المسافة المنحنية (على المحيط) بين الموضع M_i و M_0 نعتبر مبدأ للفواصل المنحنية.



- الفاصلة الزاوية التي نرمز لها بـ θ وتقدر بالراديان (rad) هي الزاوي التي يصنعها نصف قطر (OM_i) المار من الموضع M_i مع نصف القطر (OM_0) المار من مركز الدائرة. والذي يعتبر مبدأ للفواصل الزاوية.

- يعبر عن الفاصلة الزاوية θ بدلالة الفاصلة المنحنية s بالعلاقة: $\theta = \frac{s}{R}$ حيث R نصف قطر الدائرة.

ب- السرعة الخطية v_m والسرعة الزاوية ω_m :

- السرعة الخطية المتوسطة التي نرمز لها بالرمز v_m ووحدتها (m/s) بين لحظتين t_1 و t_2 تعطى بالعلاقة التالية:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

حيث Δs هي المسافة المنحنية المقطوعة من الفاصلة المنحنية s_1 إلى الفاصلة المنحنية s_2 خلال المدة الزمنية Δt بين اللحظتين t_1 و t_2 .

- السرعة الزاوية المتوسطة التي نرمز لها بالرمز ω_m ووحدتها (rad/s) بين لحظتين t_1 و t_2 تعطى بالعلاقة التالية:

$$\omega_m = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1}$$

حيث $\Delta \theta$ هي الزاوية المسوحة من الفاصلة الزاوية θ_1 إلى الفاصلة الزاوية θ_2 خلال المدة الزمنية Δt بين اللحظتين t_1 و t_2 .

- يعبر عن السرعة الزاوية اللحظية ω بدلالة السرعة الخطية اللحظية v بالعلاقة التالية:

$$\omega = \frac{v}{R}$$

حيث ω هي السرعة الزاوية للمتحرک عن لحظة ما ووحدتها (rad/s) و v هي سرعة المتحرک الخطية عند نفس اللحظة ووحدتها (m/s) و R نصف قطر المسار الدائري.

ج- دور الحركة الدائرية المنتظمة:

- دور الحركة الدائرية المنتظمة الذي يرمز له بالرمز T ووحدتها الثانية (s) وهو المدة الزمنية اللازمة لقطع دورة واحدة، يعبر عنه بالعلاقة التالية:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{\omega}$$

حيث r نصف قطر المسار الدائري وحدته (m) و v سرعة المتحرك في المسار الدائري وحدتها (m/s).

تطبيق:

متحرك نقطي (M) يتحرك على مسار دائري بسرعة ثابتة $v = 5m/s$ على بعد ثابت $R = 2m$ من النقطة O .

1- ما طبيعة حركة النقطة M ؟

2- أحسب قيمة سرعته الزاوية.

3- استنتج دور الحركة.

4- فاصلة نقطة النقطة المتحركة عند مرورها بالنقطة C لأول مرة $\theta = 7,7rad$ باعتبار النقطة A مبدأ الأحداث المنحنية أحسب الفاصلة المنحنية عند النقطة C .

حل التطبيق:

1- طبيعة الحركة: المسار دائري والسرعة ثابتة ← حركة دائرية منتظمة.

2- $v = R \cdot \omega$ ومنه: $\omega = \frac{v}{R}$ ت ع: $\omega = \frac{5}{2} = 2,5rad/s$.

3- دور الحركة: $T = \frac{2\pi}{\omega}$ ت ع: $T = \frac{(2)(3,14)}{2,5} = 2,512s$.

4- الفاصلة المنحنية: $\widehat{AC} = \theta \cdot R$ ت ع: $\widehat{AC} = (7,7)(2) = 14,14m$.

توجيهات

في حالة تقديم هذا الدرس بهذا الشكل:

الدرس طويل نوعا ما مقارنة بالمدة المستغرقة (ساعة واحدة) لذا أقترح عليك أساذي الكريم كتابة الدرس كاملا قبل شرح أي شيء، ثم ترسم الشكل -01- وفق المراحل التالية.

1- ترسم الدائرة أولا مركزها O ونصف قطرها R واتجاه الحركة.

2- ترسم انتقال المتحرك M_0, M_1, M_2, \dots وتشرح ...

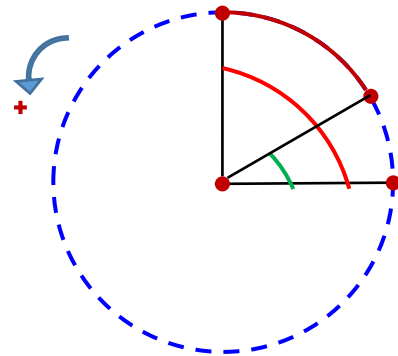
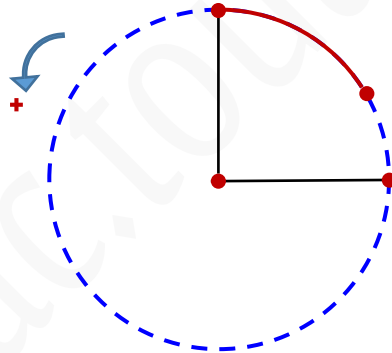
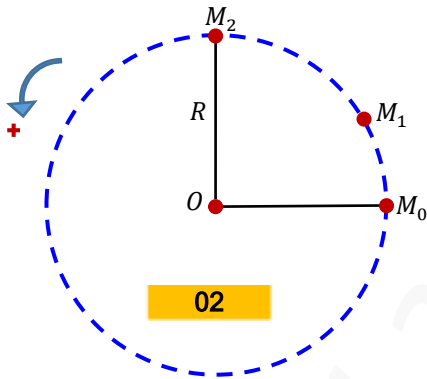
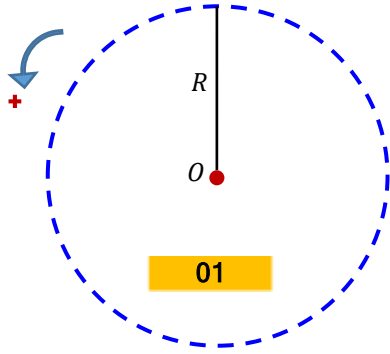
3- ترسم الفاصلة المنحنية s_0, s_1, s_2, \dots والمسافة الخطية المقطوعة Δs وتشرح

4- ترسم الفاصلة الزاوية $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \dots$ ثم تشرح علاقتها بالفاصلة المنحنية $\theta = \frac{s}{R}$.

5- اللان تشرح السرعة الخطية v_m والسرعة الزاوية ω_m والعلاقة بينهما.

6- تنتقل الى شرح دور الحركة.

7- تكتب التطبيق وتحله.



أكاديمية طواهرية

للعلوم الفيزيائية

WWW.TOUAHRIA.COM

البطاقة التربوية رقم 02: عزم قوّة بالنسبة لمحور دوران ثابت.

الأستاذ: طواهرية عبد العزيز.
نوع النشاط: نظري.
المدة الاجمالية: 10 سا.
المدة: 3سا.

المستوى: السنة الثانية ثانوي تقني رياضي + رياضيات.
المجال: الميكانيك والطاقة.
الوحدة: العمل والطاقة الحركية (حركة دورانية).
الموضوع: عزم قوّة بالنسبة لمحور دوران ثابت.

مؤشرات الكفاءة:

يعبر ويحسب عمل قوّة عزم بالنسبة لمحور دوران.

النشاطات المقترحة:

أمثلة عن دوران أجسام حول محور ثابت (دوران باب، ...)

الوسائل المستعملة:

جهاز الكمبيوتر المحمول.
 جهاز العرض.

المراجع:

المنهاج.
 الوثيقة المرافقة.
 الكتاب المدرسي.
 وثائق من شبكة الأنترنت.

مراحل سير الدرس:

2- عزم قوّة بالنسبة لمحور دوران ثابت.

1.2 - مفهوم العزم.

2.2 - عبارة عزم قوّة بالنسبة لمحور ثابت.

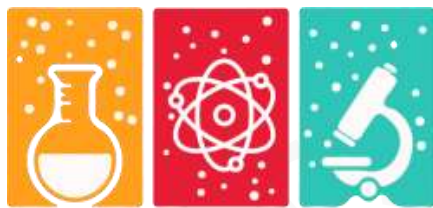
3.2 - كيفية تعيين المسافة d.

4.2 - تأثير عدّة قوى على جسم صلب يدور حول

محور ثابت.

التقويم:

- أسئلة خلال الأنشطة تحقق الكفاءات المستهدفة.

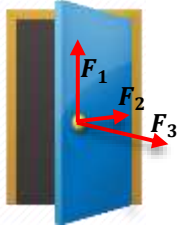
ملاحظات:

أكاديمية طواهرية
 للعلوم الفيزيائية
 WWW.TOUAHRIA.COM

2- عزم قوّة بالنسبة لمحور دوران ثابت:

1.2- مفهوم العزم:

النشاط 01:

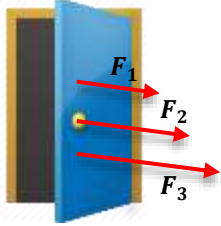


الشكل -01-

نطبّق على باب مجموعة قوَى F_1 ، F_2 و F_3 لها نفس الشدّة وبوضعيات مختلفة (الشكل -01).

1- أكمل الجدول التالي (خانة حالة الباب يدور أو لا يدور):

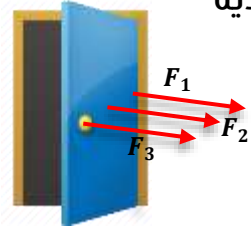
القوّة	وضعيتها	حالة الباب
القوّة F_1	حامل القوّة F_1 موازي لمحور دوران الباب.	لا يدور
القوّة F_2	حامل القوّة F_2 يقطع محور دوران الباب	لا يدور
القوّة F_3	حامل القوّة F_3 لا يوازي ولا يقطع محور دوران الباب.	يدور



الشكل -02-

2- أمسك الباب مرة أخرى من مقبضه وطبّق عليه قوّة F ذات شدّة مختلفة وتكون عمودية على الباب (الشكل -02).

ماذا تلاحظ؟ يكون دوران الباب أسهل كلما كانت شدّة القوّة أكبر.



الشكل -03-

3- نطبّق قوَى لها نفس الشدّة وعلى أبعاد مختلفة من محور الدوران (الشكل -03).

دوران الباب يكون أسهل كلما كانت نقطة تأثير القوّة أبعد عن محور الدوران.

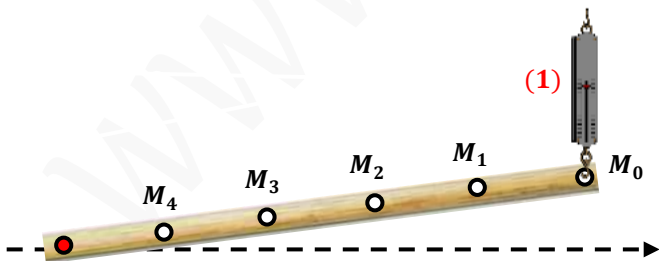
نتيجة: حتى يكون لقوّة F مطبقة على جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت Δ أثر دوراني على حركته يجب ألا تكون هذه القوّة موازية لمحور دورانه ولا مارة منه.

-يتعلق عزم قوّة $M_{F/\Delta}$ بالنسبة لمحور الدوران بشدّة هذه القوّة واتجاهها والبعد العمودي بين نقطة تأثيرها ومحور الدوران.

2.2- عبارة عزم قوّة بالنسبة لمحور Δ :

النشاط 02:

نحقق التركيب الموضح في الشكل -04- والمكون من ساق خشبية قابلة للدوران حول النقطة O بها ثقب ومهملة الكتلة معلقة من النقطة M_0 بواسطة ربيعة.

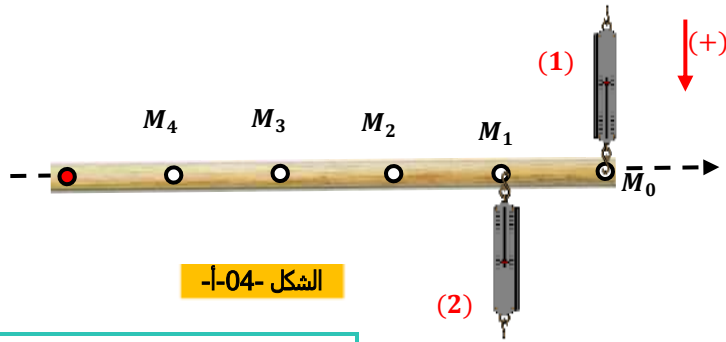


الشكل -04-

الجزء 01:

نعلق ربيعة ثانية في النقطة M_1 ثم نسحب باليد حتى تصبح الساق منطبقة على المحور الأفقي (ox) والذي نختاره موصفا مرجعيا الشكل -04-أ-. تصبح الربيعتان في هذه الحالة شاقوليتان. نسجل القيمة التي تشير لها كل ربيعة.

نكرر التجربة مع باقي النقاط M_2, M_3, \dots فنحصل على الجدول التالي:



الشكل -04-1-

الريــــــــــــــــة (2)		
$F_2(N)$	$OM_i(m)$	$F_2 \cdot OM_i(N \cdot m)$
6,25	0,4	2,5
8,33	0,3	2,499
12,5	0,2	2,5

الريــــــــــــــــة (1)		
$F_1(N)$	$OM_0(m)$	$F_1 \cdot OM_0(N \cdot m)$
5	0,5	2,5

1- أكمل الجدول (حساب الجداء). ماذا تلاحظ؟

نلاحظ أن الجداء $(F_2 \cdot OM_i)$ يبقى تقريبا ثابت ويساوي الجداء $(F_1 \cdot OM_0)$.

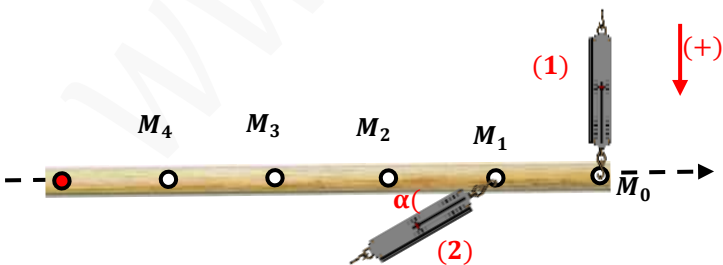
2- ما هو أثر القوتين المطبقتين من طرف الربيعة الأولى والثانية على المسطرة؟

الربيعة الأولى تدير المسطرة في الاتجاه السالب (-) والربيعة الثانية تدير المسطرة في الاتجاه الموجب (+).

الاستنتاج: نستنتج أن المجموع لعزوم القوة المطبقة على المسطرة معدوم عن التوازن¹.

الجزء 02:

نعيد نفس التجربة ولكن تميل الربيعة الثانية بحيث يصنع منحها زاوية $(\alpha = 30^\circ)$ مع المسطرة ثم نسحبها حتى ترجع المسطرة إلى الوضع الافقي المحدد. الشكل -05- فنحصل على الجدول التالي:



الشكل -05-

الريــــــــــــــــة (1)		
$F_1(N)$	$OM_0(m)$	$F_1 \cdot OM_0(N \cdot m)$
5	0,5	2,5

الريــــــــــــــــة (2)		
$F_2(N)$	$OM_i(m)$	$F_2 \cdot OM_1(N \cdot m)$
12,5	0,4	5

¹ التوازن تكون فيه جميع جسيمات النظام في حالة سكون، وتكون أيضا جميع القوى المؤثرة على أي جسيم فيه مساوية للصفر.

1- أكمل الجدول. ماذا تلاحظ؟

نلاحظ أن شدة القوة المطبقة من طرف الربيع الثانية تضاعفت كما تضاعف الجداء $(F_2 \cdot OM_1)$ أيضا.

2- أرسم القوة المطبقة من طرف الربيع الثانية وحلها الى مركبتين (شاقولية وأفقية) ماذا تلاحظ؟

نلاحظ أن المركبة F_{x2} ليس لها أي أثر دوراني لأن حاملها يمر من محور الدوران، عكس المركبة F_{y2} التي

لها أثر دوراني على المسطرة وشدتها هي نفسها قيمة F_2 في الحالة السابقة (في الجزء 01 لما كانت \vec{F}_2 شاقولية).

5- أحسب الجداء $(F_2 \cdot d)$ حيث d هو البعد العمودي بين حامل القوة ومحور الدوران.

لدينا: $d = OM_1 \cdot \sin \alpha = (0,4)(0,5) = 0,2m$ ومنه: $F_2 \cdot d = (12,5)(0,2) = 2,5N \cdot m$

الاستنتاج: عبارة عزم القوة التي تدير المسطرة يعبر عنه بالعلاقة: $M_{\vec{F}/\Delta} = F \cdot d$

3.2- كيفية تعيين المسافة d :

- النقطة O هي تقاطع محور الدوران Δ مع المستوي P العمودي على المحور على هذا المحور والحاوي للقوة \vec{F} .

- النقطة A هي نقطة تطبيق القوة.

- تمثل المسافة d البعد بين النقطة O والنقطة H ، حيث H هو المسقط العمودي للنقطة O على حامل القوة \vec{F} .

تطبيق:

السرعة الزاوية لنقطة متحركة M من جسم صلب في دوران حول محور ثابت هي: $\omega = 10rad/s$.

1- أحسب السرعة الخطية للنقطة المتحركة علما أن نصف قطر الدوران $R = 2cm$.

2- أحسب عزم قوة محركتها $F = 2N$.

حل التطبيق:

1- السرعة الخطية: $v = R \cdot \omega$ ت ع: $v = (0,02)(10) = 0,2m/s$

2- عزم القوة المحركة: $M_{\vec{F}/\Delta} = F \cdot d$ ت ع: $M_{\vec{F}/\Delta} = (2)(0,02) = 0,04N \cdot m$

4.2- 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 لعدّة قوى هو المجموع الجبري لعزوم هذه القوى بالنسبة للمحور Δ ونرمز له

$$M_{/\Delta} = M_{\vec{F}_1/\Delta} + M_{\vec{F}_2/\Delta} + M_{\vec{F}_3/\Delta} + \dots$$

العزم مقدار جبري وإشارته تدل على اتجاه دوران الجسم:

👉 إذا كان العزم موجبا يدور الجسم في الاتجاه الموجب المختار.

👉 إذا كان العزم سالبا يدور الجسم عكس الاتجاه المختار (الاتجاه السالب).



أكاديمية طواهرية

للعلوم الفيزيائية

WWW.TOUAHRIA.COM

البطاقة التربوية رقم 03: عزم مزدوجة.

الأستاذ: طواهرية عبد العزيز.
نوع النشاط: نظري.
المدة الاجمالية: 10 سا.
المدة: 1 سا.

المستوى: السنة الثانية ثانوي تقني رياضي + رياضيات.
المجال: الميكانيك والطاقة.
الوحدة: العمل والطاقة الحركية (حركة دورانية).
الموضوع: عزم مزدوجة.

مؤشرات الكفاءة:

☞ يعبر ويحسب عزم مزدوجة.

النشاطات المقترحة:

☞ أمثلة عن عزم مزدوجة (مقود عجلة مثلا)

المراجع:

☞ المنهاج.
 ☞ الوثيقة المرافقة.
 ☞ الكتاب المدرسي.
 ☞ وثائق من شبكة الأنترنت.

الوسائل المستعملة:

☞ جهاز الكمبيوتر المحمول.
 ☞ جهاز العرض.

التقويم:

- أسئلة خلال الأنشطة تحقق الكفاءات المستهدفة.

مراحل سير الدرس:

3- عزم المزدوجة.

ملاحظات:

أكاديمية طواهرية

للعلوم الفيزيائية

WWW.TOUAHRIA.COM

3- عزم المزدوجة:

نشاط:

- تؤثر مزدوجة قوتين (\vec{F}_1, \vec{F}_2) على مقود سيارة نصف قطره R . شكل -01-

1- اختر اتجاهها موجبا للدوران ثم أحسب عزم كل من القوتين \vec{F}_1 و \vec{F}_2 بالنسبة لمحور الدوران.

2- احسب مجموع عزمي القوتين.

3- استنتج عبارة عزم المزدوجة.

حل النشاط:

1- لدينا: $F_1 = F_2 = F$

إذا: $M_{\vec{F}_1/\Delta} = F_1 \cdot d_1 = F \cdot d_1$ و $M_{\vec{F}_2/\Delta} = F_2 \cdot d_2 = F \cdot d_2$

2- حساب مجموع عزمي القوتين:

$$M_{\vec{F}_1, \vec{F}_2/\Delta} = F \cdot d_1 + F \cdot d_2 = F(d_1 + d_2)$$

3 - استنتج عبارة عزم المزدوجة:

بوضع: $d_1 + d_2 = d$ نجد أن: $M_{\vec{F}_1, \vec{F}_2/\Delta} = F \cdot d$

الاستنتاج:

- المزدوجة عبارة عن قوتين متساويتين في الشدة ومتعاكستين في الاتجاه وحاملهما متوازيان ومحصلتهما معدومة.

- عزم المزدوجة هو عبارة عن مجموع عزمي القوتين، ويساوي إلى جداء شدة إحدى القوتين في البعد العمودي

$$M_{\vec{F}_1, \vec{F}_2/\Delta} = F \cdot d$$

ملاحظة:

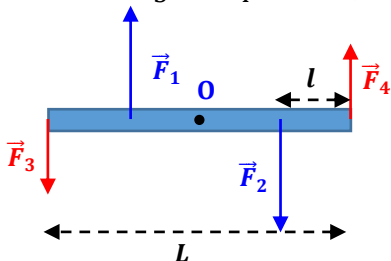
- عندما نتكلم عن عزم مزدوجة لا نذكر محور الدوران خلافا لعزم القوة.

- تدعى المسافة بين القوتين ذراع المزدوجة.

تطبيق:

طول القضيب الموضع على الشكل $L = 4l = 80cm$ يمكنه الدوران حول محور ثابت Δ ثابت يمر من مركز

عطالته في النقطة O ويخضع لأربع قوى حواملها عمودية عليه $F_1 = F_2 = 6N$ و $F_3 = F_4 = 2N$.



1- أحسب عزمي المزدوجتين.

2- أحسب مجموع عزمي المزدوجتين المؤثرتين على القضيب.

3- هل هذا القضيب في حالة توازن؟

4- إذا كان الجواب لا فما هو العزم اللازم اضافته حتى يتوازن القضيب؟

5- نحقق هذا العزم بقوتين F_5 و F_6 اتجاهيهما عمودين على القضيب ومطبقتين على طرفيه.

- مثل القوتين في رسم توضيحي ثم احسب شدتيهما.

حل التطبيق:

1- حساب عزمي المزدوجتين:

$$\text{لدينا: } M_{\vec{F}_1, \vec{F}_2 / \Delta} = F_1 \cdot d = F_1 \cdot (2l) = 2,4N \cdot m$$

$$\text{ولدينا: } M_{\vec{F}_3, \vec{F}_4 / \Delta} = -F_3 \cdot d = -F_3 \cdot (4l) = -1,6N \cdot m$$

2- حساب مجموع عزمي المزدوجتين:

$$\text{لدينا: } M_{/\Delta} = M_{\vec{F}_1, \vec{F}_2 / \Delta} + M_{\vec{F}_3, \vec{F}_4 / \Delta} = 2,4 - 1,6 = 0,8N \cdot m$$

3- القضيب ليس في حالة توازن لأن مجموع عزمي المزدوجتين غير معدوم.

4- العزم اللازم اضافته حتى يتوازن القضيب:

$$\text{لدينا: } M_{/\Delta} + M_{\vec{F}_5, \vec{F}_6 / \Delta} = 0 \Rightarrow M_{\vec{F}_5, \vec{F}_6 / \Delta} = -M_{/\Delta} = -0,8N \cdot m$$

5- تمثيل القوتين \vec{F}_5 و \vec{F}_6 وحساب شدتيهما:

$$\text{لدينا: } M_{\vec{F}_5, \vec{F}_6 / \Delta} = -F_5 \cdot d = -F_5 \cdot (4l)$$

$$\text{إذا: } -0,8 = -0,8F_5 \Rightarrow F_5 = F_6 = 1N \text{ ومنه: } F_5 = F_6 = 1N$$

البطاقة التربوية رقم 04: عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور ثابت مار من مركزه.**الأستاذ:** طواهرية عبد العزيز.**نوع النشاط:** نظري.**المدة الإجمالية:** 10 سا.**المدة:** 1 سا.**المستوى:** السنة الثانية ثانوي تقني رياضي + رياضيات.**المجال:** الميكانيك والطاقة.**الوحدة:** العمل والطاقة الحركية (حركة دورانية).**الموضوع:** عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور ثابت مار من مركزه.**مؤشرات الكفاءة:**

☞ يعرف عزم عطالة جسم.

☞ يوظف نظرية هوينغز.

النشاطات المقترحة:

☞ نشاط 2 ص 61 من الكتاب المدرسي.

المراجع:

☞ المنهاج.

☞ الوثيقة المرافقة.

☞ الكتاب المدرسي.

☞ وثائق من شبكة الأنترنت.

الوسائل المستعملة:

☞ جهاز الكمبيوتر المحمول.

☞ جهاز العرض.

التقويم:

- أسئلة خلال الأنشطة تحقق الكفاءات المستهدفة.

ملاحظات:**مراحل سير الدرس:****4- عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور ثابت مار****من مركزه.**

1.4 - مركز الكتل، الثقل والعطالة.

2.4 - عزم عطالة الأجسام الصلبة.

3.4 - نظرية هوينغز.

**أكاديمية طواهرية**

للعلوم الفيزيائية

WWW.TOUAHRIA.COM

4- عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور ثابت مار من مركزه:

1.4- مركز الكتل، الثقل والعطالة:

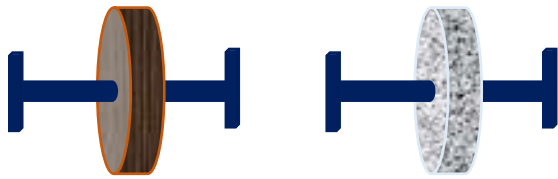
أ- مركز الكتل: مركز الكتل لتوزع كتل في الفضاء، هو النقطة التي اذا طبقت قوة عليها يتحرك الجسم كاملا باتجاه القوة ولا يدور.

ب- مركز الثقل: هي النقطة من الجسم التي يكون العزم فيها مساويا للصفر.

ج- مركز العطالة: في الأجسام الصلبة التي نعتبرها مجموعة نقط مادية، توجد نقطة وحيدة لها حركة مستقيمة منتظمة اذا كانت الجملة معزولة ندعوها مركز عطالة الجملة.

ينطبق مركز العطالة على مركز الكتل اذا كانت الكتلة لا تتعلق بسرعة الجسم كما هو الحال في دراستنا.

2.4- عزم عطالة الأجسام الصلبة:



الشكل -01-

نشاط:

1- جهز التركيب التالي (الشكل -01-) باستعمال بكرتين لهما نفس القطر ونفس السمك احدهما مصنوعة من الحديد والأخر من الخشب (البكرة الحديدية أثقل من البكرة الخشبية).

- ماهي الكتلة التي تصل أولا إلى سطح الأرض؟

→ الكتلة الموصولة بالبكرة الخشبية تصل أولا (البكرة الأخف).

2- نعيد نفس التجربة (الشكل -02-) ولكن باستعمال بكرتين من الخشب تختلفان في القطر حيث $R_2 > R_1$.

- ما هي الكتلة التي تصل أولا إلى سطح الأرض؟

→ الكتلة الموصولة بالبكرة ذات القطر الأكبر تصل أولا (ذات القطر

R_2).

نتيجة:

تبدي الأجسام الصلبة المتحركة حول محور (Δ) مقاومة للأثر الدوراني للقوة المطبقة عليها ندعوها العطالة الدورانية. تتعلق هذه العطالة في الأجسام الصلبة بكتلة ونصف قطر الجسم.

- تقاس هذه العطالة الدورانية بمقدار فيزيائي يدعى عزم عطالة الجسم بالنسبة لمحور الدوران (Δ) والذي يميز كتلة الجسم وشكله ووضعيته بالنسبة لمحور الدوران (Δ) ونرمز له بالرمز $J_{/\Delta}$ ويقدر بوحدة $Kg. m^2$.

الجدول (عزم عطالة بعض الأجسام الصلبة المتجانسة) وضعته بشكل مستقل فيمكنك أن يقدم مطبوع للتلاميذ

3.4- نظرية هوينغز:

عزم عطالة جسم صلب كتلته m بالنسبة لمحور (Δ') مواز للمحور (Δ) المار بمركز كتلته C يعطي بالعلاقة

$$J_{/\Delta'} = J_{/\Delta} + m. d^2$$

تطبيق:

نعتبر جملة ميكانيكية تتكون من ساق طولها $L = 30m$ وكتلتها $m_1 = 50g$ قابلة للدوران حول محور أفقي (Δ) يمر بإحدى نهايتها، مثبتة في نهايتها الأخرى كرية نصف قطرها $R = 5cm$ وكتلتها $m_2 = 400g$.

- أوجد عزم عطالة الجملة بالنسبة لمحور الدوران (Δ).

حل التطبيق:

- إيجاد عزم عطالة الجملة بالنسبة لمحور الدوران (Δ):

$$J_{/\Delta} = J_{1/\Delta} + J_{2/\Delta} \text{ لدينا:}$$

- إيجاد عزم عطالة الساق $J_{1/\Delta}$ بالنسبة لمحور الدوران (Δ):

$$J_{1/\Delta} = \frac{1}{12} m_1 \cdot L^2 + m_1 \cdot d^2 \text{ حيث: } d = \frac{L}{2} \text{ ومنه: } J_{1/\Delta} = \frac{1}{12} m_1 \cdot L^2 + m_1 \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^2 = \frac{1}{3} m_1 \cdot L^2$$

$$J_{1/\Delta} = \frac{1}{12} (0,05) \cdot (0,2)^2 = 1,5 \cdot 10^{-3} Kg \cdot m^2 \text{ ت ع:}$$

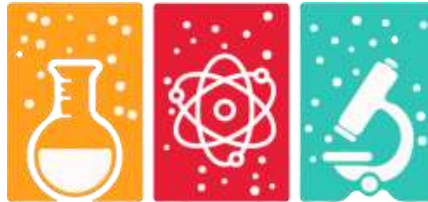
- إيجاد عزم عطالة الكرة $J_{2/\Delta}$ بالنسبة لمحور الدوران (Δ):

$$J_{2/\Delta} = \frac{2}{5} m_2 \cdot R^2 + m_2 \cdot (R + L)^2 \text{ حيث: } d' = R + L \text{ ومنه: } J_{2/\Delta} = \frac{2}{5} m_2 \cdot R^2 + m_2 \cdot d'^2$$

$$J_{2/\Delta} = \frac{2}{5} (0,4) (0,05)^2 + (0,4) (0,05 + 0,3)^2 = 4,94 \cdot 10^{-2} Kg \cdot m^2 \text{ ت ع:}$$

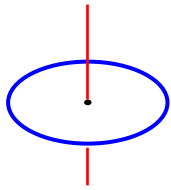
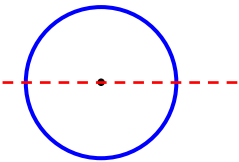
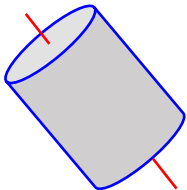


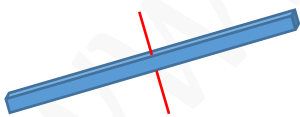
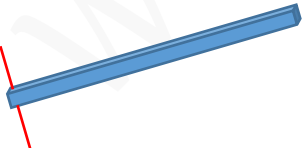

إذا عزم عطالة الجملة بالنسبة لمحور الدوران (Δ):

$$J_{/\Delta} = J_{1/\Delta} + J_{2/\Delta} = 1,5 \cdot 10^{-3} + 4,94 \cdot 10^{-2} = 5,09 \cdot 10^{-2} kg \cdot m^2$$



أكاديمية طواهرية
للعلوم الفيزيائية
WWW.TOUAHRIA.COM

عزم عطالة بعض الأجسام الصلبة المتجانسة:

الشكل	عزم العطالة	المحور	الجسم
	$J_{/\Delta} = MR^2$	محور الحلقة	حلقة نصف قطرها R وكتلتها M
	$J_{/\Delta} = \frac{MR^2}{2}$	محور قطري	حلقة نصف قطرها R وكتلتها M
	$J_{/\Delta} = MR^2$	محور الأسطوانة	أسطوانة مجوفة نصف قطرها R وكتلتها M
	$J_{/\Delta} = \frac{MR^2}{2}$	محور الأسطوانة	أسطوانة مصمتة نصف قطرها R وكتلتها M
	$J_{/\Delta} = \frac{MR^2}{2}$	محور القرص	قرص نصف قطره R وكتلته M
	$J_{/\Delta} = \frac{ML^2}{12}$	محور عمودي على القضيب ويمر من منتصفه	قضيب طوله L وكتلته M
	$J_{/\Delta} = \frac{ML^2}{3}$	محور عمودي على القضيب ويمر من أحد طرفيه	قضيب طوله L وكتلته M
	$J_{/\Delta} = \frac{2MR^2}{5}$	محور يمر من مركزها	كرة مصمتة نصف قطرها R وكتلتها M

البطاقة التربوية رقم 05: شروط توازن جسم صلب خاضع لعدّة قوى.

الأستاذ: طواهرية عبد العزيز.
نوع النشاط: نظري.
المدة الاجمالية: 10 سا.
المدة: 1سا.

المستوى: السنة الثانية ثانوي تقني رياضي + رياضيات.
المجال: الميكانيك والطاقة.
الوحدة: العمل والطاقة الحركية (حركة دورانية).
الموضوع: شروط توازن جسم صلب خاضع لعدّة قوى.

مؤشرات الكفاءة:

يحدد الشروط العامة لتوازن جملة ميكانيكية.

النشاطات المقترحة:

أمثلة عن عزم مزدوجة (مقود عجلة مثلا)

الوسائل المستعملة:

جهاز الكمبيوتر المحمول.
 جهاز العرض.

المراجع:

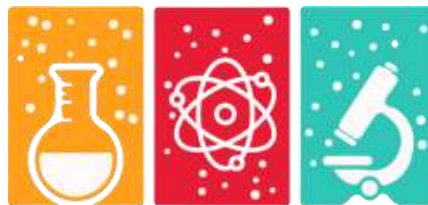
المنهاج.
 الوثيقة المرافقة.
 الكتاب المدرسي.
 وثائق من شبكة الأنترنت.

مراحل سير الدرس:

5- شروط توازن جسم صلب خاضع لعدّة قوى.

التقويم:

- أسئلة خلال الأنشطة تحقق الكفاءات المستهدفة.

ملاحظات:

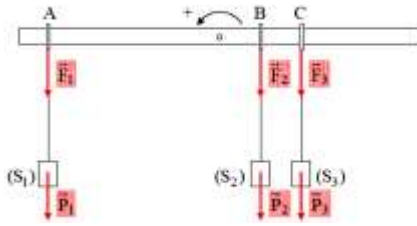
أكاديمية طواهرية

للعلوم الفيزيائية

WWW.TOUAHRIA.COM

5- شروط توازن جسم صلب خاضع لعدة قوى:

نشاط:



نعلق بواسطة خيط عديم الامتطاط جسم (S_1) كتلته $m_1 = 50g$ في النقطة (A) من المسطرة تبعد بمقدار d_1 عن محور الدوران (O) وبالمثل نعلق جسمين آخرين (S_2) ، (S_3) كتلتها $m_2 = 200g$ ، $m_3 = 100g$ في نقطتين B و C من نفس المسطرة تبعدان عن محور الدوران (Δ) بالمقدارين d_2 ، d_3 على الترتيب الشكل -01-

- نختار الاتجاه الموجب في الجهة المعاكسة لحركة عقارب الساعة.

- نلاحظ أن المسطرة تكون متوازنة في وضع أفقي من أجل: $d_1 = 16cm$ و $d_2 = 3cm$ و $d_3 = 2cm$.

(يعطى: $g = 10N/kg$ ونهمل كل قوى الاحتكاك)

1- أكمل الجدول التالي:

عزوم القوى المؤثرة على المسطرة	شدة القوى التي تؤثر بها الأجسام على المسطرة
$M_{/\Delta}(\vec{F}_1) = +F_1 \cdot d_1 = +(0,5)(0,16) = +0,08N \cdot m$	$F_1 = P_1 = m_1 \cdot g = (0,05)(10) = 0,5N$
$M_{/\Delta}(\vec{F}_2) = -F_2 \cdot d_2 = -(2)(0,03) = -0,06N \cdot m$	$F_2 = P_2 = m_2 \cdot g = (0,2)(10) = 2N$
$M_{/\Delta}(\vec{F}_3) = -F_3 \cdot d_3 = -(1)(0,02) = -0,02N \cdot m$	$F_3 = P_3 = m_3 \cdot g = (0,1)(10) = 1N$

2- غير مواضع الأجسام في نقاط أخرى حيث تكون المسطرة متوازنة ثم أعد حساب المجموع الجبري لعزوم القوى.

- ماذا تلاحظ؟ نلاحظ أن المجموع الجبري لعزوم القوى \vec{F}_1 ، \vec{F}_2 و \vec{F}_3 يكون دوما معدوما عندما تكون المسطرة متوازنة.

3- ماذا تستنتج؟ نلاحظ أن:

$$M_{/\Delta}(\vec{F}_1) + M_{/\Delta}(\vec{F}_2) + M_{/\Delta}(\vec{F}_3) = 0$$

وهو شرط توازن المسطرة.

نتيجة:

يتوازن جسم صلب قابل للدوران حول محور Δ ثابت وخاضع إلى تأثير قوى خارجية عندما يكون المجموع الجبري لعزوم هذه القوى معدوم أي:

$$\sum M_{/\Delta}(\vec{F}_{ext}) = 0$$

نذكره أنه حسب مبدأ العطالة يكون الجسم الصلب متوازنا إذا كان المجموع الشعاعي للقوى الخارجية المؤثرة عليه معدوم أي: $\sum \vec{F}_{ext} = 0$.

البطاقة التربوية رقم 06: عبارة عزم مزدوجة.

الأستاذ: طواهرية عبد العزيز.
نوع النشاط: نظري.
المدة الإجمالية: 10 سا.
المدة: 2 سا.

المستوى: السنة الثانية ثانوي تقني رياضي + رياضيات.
المجال: الميكانيك والطاقة.
الوحدة: العمل والطاقة الحركية (حركة دورانية).
الموضوع: عمل قوّة تدير جسما.

مؤشرات الكفاءة:

- يعبر ويحسب عمل مزدوجة.
- يعبر ويحسب الطاقة الحركية لجسم صلب في حالة حركة دورانية.

النشاطات المقترحة:

يمكنك استعمال نشاطات الكتاب المدرسي.

المراجع:

- المنهاج.
- الوثيقة المرافقة.
- الكتاب المدرسي.
- وثائق من شبكة الأنترنت.

الوسائل المستعملة:

- جهاز الكمبيوتر المحمول.
- جهاز العرض.

التقويم:

- أسئلة خلال الأنشطة تحقق الكفاءات المستهدفة.

مراحل سير الدرس:

6- عمل قوّة تدير جسم.

- 1.6 عبارة عمل قوّة في حالة الحركة الدورانية.
- 2.6 عبارة عمل مزدوجة.
- 3.6 استطاعة مزدوجة.

7- عبارة الطاقة الحركية لجسم صلب في حالة حركة دورانية.

ملاحظات:

أكاديمية طواهرية

للعلوم الفيزيائية
 WWW.TOUAHRIA.COM

6- عمل قوّة تدير جسم:**1.6- عبارة عمل قوّة في حالة الحركة الدورانية:**

عندما يدور جسم بزاوية θ حول المحور (Δ) تكتب عبارة عمل القوّة المطبقة عليه بالشكل التالي:

$$w(\vec{F}) = M_{\vec{F}/\Delta} \cdot \theta$$

حيث: $M_{\vec{F}/\Delta}$ هو عزم القوّة بالنسبة لمحور الدوران.

2.6- عبارة عمل مزدوجة:

عبارة عمل مزدوجة مطبقة على جسم يدور بزاوية θ حول محور (Δ) تكتب على الشكل التالي:

$$W_m = M_{\vec{F}_1, \vec{F}_2/\Delta} \cdot \theta$$

حيث: $M_{\vec{F}_1, \vec{F}_2/\Delta}$ هو عزم المزدوجة حول محور الدوران.

3.6- استطاعة مزدوجة:

عبارة سرعة التحويل للطاقة (الاستطاعة) المحولة لجسم صلب في حالة حركة دورانية هي:

$$P = M_{\vec{F}/\Delta} \cdot \omega$$

تطبيق:

نستعمل ملفافا طول ذراعها $L = 40cm$ لرفع جسم صلب كتلته $m = 50Kg$ مثبت بجبل ملفوف على أسطوانة نصف قطرها $R = 10cm$. نطبّق قوّة شدتها $F = 200N$ بشكل عمودي على ذراع الملفاف فيصعد الجسم بسرعة ثابتة قدرها $v = 2m/s$ ارتفاعا قدره $h = 10m$.

1- ما هو عدد الدورات التي ندير بها الملفاف لرفع هذا الجسم؟

2- حدد القوّة التي تنجز عملا محركا والقوّة التي تنجز عملا مقاوما.

3- أحسب عمل الثقل.

4- أحسب عزم القوّة \vec{F} ثم استنتج عملها.

5- أحسب الاستطاعة المقدمة لرفع هذا الجسم.

6- أحسب المردود والذي يمثل النسبة بين العمل المقاوم والعمل المحرك. (يعطى: $g = 10N/kg$)

حل التطبيق:

1- عدد الدورات التي ندير بها الملفاف لرفع هذا الجسم:

$$\text{لدينا: } n = \frac{\theta}{2\pi} \text{ ولدينا: } \theta = \frac{h}{R} = 100rad \text{ ومنه: } n = 15,9tr$$

2- القوة التي تنجز عملا محركا هي القوّة \vec{F} والقوّة التي تنجز عملا مقاوما هي ثقل الجسم \vec{P} .

3- حساب عمل الثقل:

$$W_{AB}(\vec{P}) = P \cdot h = mgh = (-50)(10)(10) = -5 \cdot 10^3 \text{ J}$$

4- حساب عزم القوة \vec{F} :

$$M_{\vec{F}/\Delta} = F \cdot L = (200)(0,4) = 80 \text{ N.m}$$

- استنتاج عمل القوة \vec{F} :

$$W(\vec{F}) = M_{\vec{F}/\Delta} \cdot \theta = (80)(100) = 8 \cdot 10^3 \text{ J}$$

5- حساب الاستطاعة المقدمة لرفع هذا الجسم:

$$P = M_{\vec{F}/\Delta} \cdot \omega = M_{\vec{F}/\Delta} \cdot \frac{v}{R} = \left(\frac{2}{0,1}\right) (80) = 1600 \text{ Watt}$$

$$\eta = \frac{W(\vec{F})}{W(\vec{P})} = \frac{(5 \cdot 10^3)}{(8 \cdot 10^3)} = 0,625 = 62,5\%$$

7- عبارة الطاقة الحركية لجسم صلب في حالة حركة دورانية:

نشاط:

يدور جسم نقطي كتلته m حول محور ثابت بسرعة v ثابتة ويرسم مسارا دائريا نصف قطره R .

- جد عبارة طاقته الحركية:

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2$$

- بالاعتماد على علاقة السرعة بالسرعة الزاوية بين أن الطاقة الحركية تكتب بالشكل التالي: $E_c = \frac{1}{2} J_{/\Delta} \omega^2$.

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

$$\text{لدينا: } E_c = \frac{1}{2} mv^2 \text{ و } v = R \cdot \omega$$

$$\text{ومنه: } E_c = \frac{1}{2} m(R \cdot \omega)^2 = \frac{1}{2} mR^2 \omega^2 = \frac{1}{2} J_{/\Delta} \omega^2$$

نتيجة:

الطاقة الحركية لجسم صلب يدور حول محور ثابت (Δ) بسرعة زاوية ω هي:

$$E_c = \frac{1}{2} J_{/\Delta} \omega^2$$



أكاديمية طواهرية

للعلوم الفيزيائية

WWW.TOUAHRIA.COM