

عزم القصور الذاتي والقانون الثاني لنيوتن في الحركة الدورانية



تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية

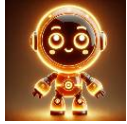
موقع المناهج ← المناهج الإماراتية ← الصف الحادي عشر المتقدم ← فيزياء ← الفصل الثالث ← ملفات متنوعة ← الملف

تاريخ إضافة الملف على موقع المناهج: 2026-06-28 12:57:35

ملفات اكتب للمعلم اكتب للطالب ا اختبارات الكترونية ا اختبارات ا حلول ا عروض بوربوينت ا أوراق عمل
منهج انجليزي ا ملخصات وتقارير ا مذكرات وبنوك ا الامتحان النهائي للمدرس

المزيد من مادة
فيزياء:

التواصل الاجتماعي بحسب الصف الحادي عشر المتقدم



صفحة المناهج
الإماراتية على
فيسبوك

الرياضيات

اللغة الانجليزية

اللغة العربية

التربية الاسلامية

المواد على تلغرام

المزيد من الملفات بحسب الصف الحادي عشر المتقدم والمادة فيزياء في الفصل الثالث

حل تمارين الوحدة السابعة: كمية الحركة والتصادمات

1

كمية الحركة والتصادمات

2

ملخص وتدريب الزخم والتصادمات

3

تجميع قوانين الفيزياء

4

BE READY END OF TERM 3 REVISION - ANSWERS PHYSICS

5

عزم القصور الذاتي والقانون الثاني لنيوتن في الحركة الدورانية Moment of Inertia and Newton's Second Law for Rotational Motion

عندما يؤثر عزم محصل ثابت في جسم؛ فإنه يكتسب تسارعاً زاوياً ثابتاً. وهذا يناظر القانون الثاني لنيوتن في الحركة الانتقالية؛ فالقوة المحصلة الثابتة تُكسب الجسم تسارعاً خطياً ثابتاً.

في الحركة الانتقالية يكتب القانون الثاني لنيوتن في الصورة الآتية: $\sum F = ma$ ؛ ويمكن التوصل إلى صيغة مقابلة لهذه الصيغة للحركة الدورانية، حيث مقدار العزم المُحصّل يناظر القوة المحصلة، والتسارع الزاوي يُناظر التسارع الخطي. أما الكتلة (m) التي تعد مقياساً لممانعة الجسم للتغير في حركته الانتقالية فيقابلها ما يعرف بعزم القصور الذاتي.

يعدُّ **عزم القصور الذاتي** (I) **Moment of inertia** مقياساً لممانعة الجسم لتغيير حالته الحركية الدورانية، تماماً كما الكتلة (m) مقياس لممانعة الجسم لتغيير حالته الحركية الانتقالية. وبذلك يمكن كتابة العلاقة الآتية للحركة الدورانية والتي تقابل القانون الثاني لنيوتن في الحركة الانتقالية:

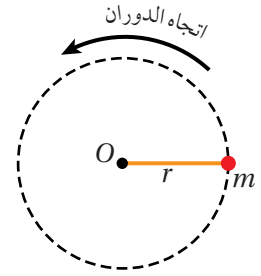
$$\sum \tau = I\alpha$$

حيث $\sum \tau$ مقدار العزم المحصل المؤثر في جسم أو نظام. يُحسب عزم القصور الذاتي (I) لجسيم نُقطي، كتلته (m)، يبعد مسافة عمودية (r) عن محور دوران عمودي على مستوى الصفحة يمر بالنقطة (O) كما يبين الشكل (23)، باستخدام العلاقة الآتية:

$$I = mr^2$$

ويُقاس بوحدة (kg.m^2) حسب النظام الدولي للوحدات. ويوضّح الجدول (1) عزم القصور الذاتي لأجسام مختلفة.

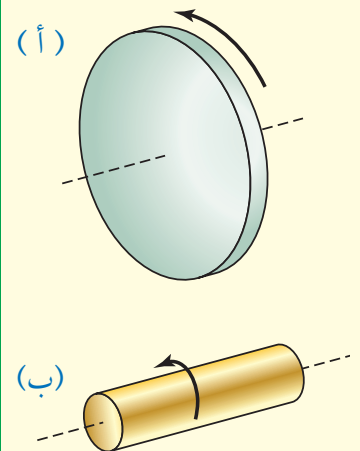
يعتمد عزم القصور الذاتي على كيفية توزيع الكتلة حول محور الدوران، فكلما توزّعت كتلة الجسم بعيداً عن محور دورانه؛ فإن عزم القصور الذاتي له يكون أكبر. فمثلاً، عزم القصور الذاتي لحلقة رقيقة نصف قطرها (r) وكتلتها (m) كما هو مبين في الجدول (1) يساوي (mr^2). أمّا عزم القصور الذاتي لأسطوانة مُصمّنة كتلتها (m)، ونصف قطرها (r)؛ فيساوي ($\frac{1}{2} mr^2$).



الشكل (23): جسيم نُقطي يدور حول محول ثابت.

أفكر: يبين الشكل (24) أسطوانتين (أ) و (ب) متساويتان في الكتلة. مُعتمداً على الشكل؛ أُجيب عن الاسئلة الآتية، موضّحاً إجابتي:

- أيهما أصعب؛ تحريك الأسطوانة (أ) أم (ب) بالسرعة الزاوية نفسها؟
- أيهما أصعب؛ إيقاف الأسطوانة (أ) أم (ب) عندما تتحركان حركة دورانية بالسرعة الزاوية نفسها؟

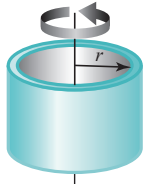
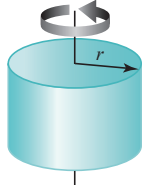
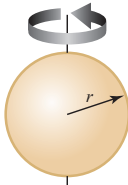
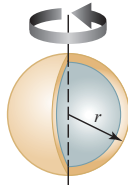
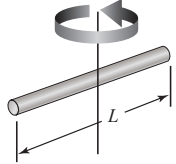
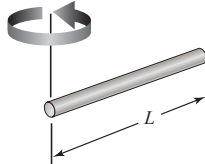


الشكل (24): اسطوانتان متساويتان في الكتلة ومختلفتان في نصف القطر.

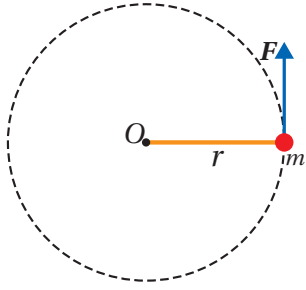
كذلك يعتمد عزم القصور الذاتي على موقع محور الدوران، كما هو موضَّح في الجدول (1). فعزم القصور الذاتي لقضيب كتلته (m) ، وطوله (L) ، يدور حول محور عموديٍّ على القضيب مارًّا بمنتصفه يساوي $(\frac{1}{12} mL^2)$ ، أمَّا عندما يكون محور الدوران عموديًّا على القضيب ويمرُّ بطرفه؛ فإنَّ عزم القصور الذاتي له يساوي $(\frac{1}{3} mL^2)$ ، وهذا يعني أنه يلزم عزم أقلَّ لتدوير القضيب حول محور عموديٍّ عليه، ويمرُّ في منتصفه مقارنةً مع الحالة عندما يكون محور الدوران عموديًّا عليه ويمرُّ في أحد طرفيه.

✓ **أنحقّق:** ما المقصود بعزم القصور الذاتي؟

الجدول 1: عزم القصور الذاتي لأجسام مختلفة كتلة كلٍّ منها (m) .*

عزم القصور الذاتي	الشكل	موضع محور الدوران	الجسم
$I = mr^2$		يمرُّ بالمركز عموديًّا على مستوى قاعدتها.	حلقة رقيقة أو أسطوانة مجوّفة.
$I = \frac{1}{2} mr^2$		يمرُّ بالمركز عموديًّا على مستوى قاعدتها.	أسطوانة مُصمّنة منتظمة أو قرص دائري.
$I = \frac{2}{5} mr^2$		يمرُّ بمركزها.	كرة مُصمّنة منتظمة.
$I = \frac{2}{3} mr^2$		يمرُّ بمركزها.	كرة مجوّفة.
$I = \frac{1}{12} mL^2$		عموديٌّ على القضيب ويمرُّ بمنتصفه.	قضيب منتظم.
$I = \frac{1}{3} mL^2$		عموديٌّ على القضيب ويمرُّ بطرفه.	قضيب منتظم.

المثال 8



كرة كتلتها (3.0 kg) مثبتة في نهاية قضيب فلزي خفيف طوله (0.80 m)، وتتحرك حركة دورانية في مستوى أفقي بتأثير قوة مماسية (F) ثابتة في المقدار حول محور ثابت (O) عمودي على مستوى الصفحة يمر في النهاية الأخرى للقضيب، كما هو موضح في الشكل (25). إذا بدأت الكرة حركتها من السكون بتسارع زاوي ثابت؛ بحيث أصبحت سرعتها الزاوية (8π rad/s) خلال (5.0 s)؛ فأحسب مقدار ما يأتي بإهمال كتلة القضيب الفلزي:

- التسارع الزاوي للكرة.
- العزم المحصل المؤثر في الكرة.
- القوة المماسية (F) المؤثرة في الكرة.

المعطيات: $m = 3.0 \text{ kg}$, $r = 0.80 \text{ m}$, $\omega_i = 0.0$, $\omega_f = 8\pi \text{ rad/s}$, $t = 5.0 \text{ s}$.

المطلوب: $\alpha = ?$, $\sum \tau = ?$, $F = ?$

محور دورانها كما يأتي:

$$I = m r^2 = 3.0 \times (0.80)^2 = 1.9 \text{ kg.m}^2$$

ثم أحسب مقدار العزم المحصل المؤثر في الكرة.

$$\sum \tau = I\alpha = 1.9 \times 5.0 = 9.5 \text{ N.m}$$

ج. أستخدم علاقة العزم لحساب مقدار القوة المماسية المؤثرة.

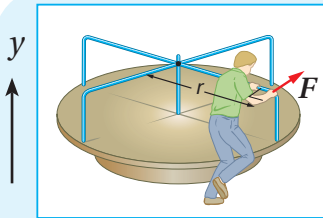
$$\begin{aligned} \sum F = F &= \frac{\sum \tau}{r} \\ &= \frac{9.5}{0.80} = 11.9 \text{ N} \approx 12 \text{ N} \end{aligned}$$

الحل:

أ. الكرة تدور بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة؛ فتكون سرعتها الزاوية موجبة، وأستخدم المعادلة الآتية لحساب مقدار التسارع الزاوي.

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \frac{\omega_f - \omega_i}{t} \\ &= \frac{8\pi - 0.0}{5.0} = 5.0 \text{ rad/s}^2 \end{aligned}$$

ب. بدايةً أحسب عزم القصور الذاتي للكرة حول



الشكل (26): لعبة القرص الدوار.

أ. العزم المحصل المؤثر في اللعبة.

ب. التسارع الزاوي للعبة.

ج. السرعة الزاوية للعبة بعد (2.0 s) من بدء دورانها.

د. التسارع الزاوي للعبة عندما يجلس طفل كتلته (20.0 kg)

على بُعد (1.5 m) من محور الدوران، بافتراض الطفل جسيماً نقطياً.

لتدرب

أستخدم الأرقام لعبة القرص الدوار الموضحة في الشكل (26)؛ تتكوّن من قرص مصمّم قابل للدوران حول محور ثابت يمر في مركزه باتجاه محور y. أثر شخص بقوة مماسية (F) ثابتة في المقدار عند حافة القرص مقدارها (250 N). إذا علمت أن كتلة القرص الدوار (50.0 kg) ونصف قطره (2.0 m)، وبإهمال قوى الاحتكاك وافترض قرص اللعبة منتظم توزيع الكتلة، وبدأت اللعبة الدوران من السكون بتسارع زاوي ثابت بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة، فأحسب مقدار ما يأتي: