مراجعة مركزة في الراديان وتحويل الزوايا



تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية	
موقع المناهج ⇦ المناهج الإماراتية ⇦ الصف الحادي عشر المتقدم ⇦ فيزياء ⇦ الفصل الأول ⇦ ملفات متنوعة ⇦ الملف	
تاريخ إضافة الملف على موقع المناهج: 2026-11-10 10:03:54	
المزيد من مادة فيزياء:	ملفات ا كتب للمعلم ا كتب 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 ا للمدرس
	إعداد: أحمد اليازوري

التواصل الاجتماعي بحسب الصف الحادي عشر المتقدم					
صفحة المناهج الإماراتية على فيسبوك					
المواد على تلغرام	التربية الاسلامية	اللغة العربية	اللغة الانجليزية	الرياضيات	

المزيد من الملفات بحسب الصف الحادي عشر المتقدم والمادة فيزياء في الفصل الأول	
1	ملخص وشرح درس الزخم وحفظه مع أمثلة تدريبية
2	ملخص وشرح القوى الكهروستاتيكية والكهرباء الساكنة
3	أسئلة وتدريبات الوحدة الثانية المجال الكهربائي
4	انسباير Describing Rotational Motion
5	انسباير Rotational Dynamics

تحميل تطبيق المناهج للهواتف الذكية	
تطبيق المناهج على Store App (آبل)	تطبيق المناهج على Play Google (أندرويد)

GRADE 11 ADVANCED PHYSICS · 2026–2027

العراب

Quick Revision

مراجعة مركزة للفصل الدراسي الأول

20 exam questions · 200 practice questions

Bilingual questions & conceptual answers · English calculations

شرح وأسئلة وإجابات نظرية باللغتين · الحسابات بالإنجليزي

الأستاذ أحمد اليازوري

0506428618

almanahj.com/ae
2026 2025
موقع المناهج الإماراتية

REFERENCE

Contents & Constants

Topic	Exam row(s)	Questions	Page
01 · Radians & Angle Conversion	1	10	3
02 · Linear & Angular Velocity	2	10	5
03 · Tangential & Angular Acceleration	3	10	7
04 · Frequency & Rotational Variables	4	10	9
05 · Points on a Rigid Rotating Body	5	10	11
06 · Signed & Net Torque	6	10	13
07 · Moment of Inertia: Point Masses	7	10	15
08 · Centre of Mass & Stability	8	10	17
09 · Static Equilibrium	9	10	19
10 · Coriolis Effect	10	10	21
11 · Collisions & Impulse	11	10	23
12 · Impulse from Force–Time Data	12	10	25
13 · Linear Momentum Conservation	13	10	27
14 · Impulse in Safety & Sport	14	10	29
15 · Changing Shape While Rotating	15	10	31
16 · Angular Momentum Conservation	16	10	33
17 · Angular Displacement, Torque & Equilibrium	17	10	35
18 · Rotational Dynamics & Angular Impulse	18	10	38
19 · Linear Momentum & Impulse Calculations	19	10	41
20 · Conservation, Recoil & Collision Impulse	20	10	43

$g = 9.8\ m\ s^{-2}$ · 1 revolution = 360° = 2π rad

1 minute = 60 s · 1 Hz = 1 revolution per second

Counterclockwise positive · Clockwise negative

Impulse: $N\ s = kg\ m\ s^{-1}$ · Angular impulse: $N\ m\ s = kg\ m^2\ s^{-1}$

Use constants provided in the question when different. Use signed velocities and torques; assume negligible external impulse only where stated.

Scope: supplied 11A_Haykal.pdf, Term 1 2026–2027. Textbook printed pages 3–24 and 30–47. Each exam question has its own outcomes and ten practice questions.

لكل سؤال في الهيكل نواتجه وعشرة أسئلة تدريبية، مرقمة برقم سؤال الهيكل ثم رقم التدريب.

almanahj.com/ae 2026 2025 موقع المناهج الإماراتية

EXAM QUESTION 01 · QUICK REVISION

Radians & Angle Conversion

الراديان وتحويل الزوايا

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. Define a radian; convert degrees to radians and vice versa.

تعريف الراديان والتحويل بين الدرجات والراديان.

Quick Notes خلاصة الشرح

One radian subtends an arc equal to the radius. A full turn is 360° = 2π rad.

الراديان زاوية تقابل قوسًا طوله يساوي نصف القطر. الدورة الكاملة 360° = 2π rad.

$$\theta = \frac{s}{r};\ \theta(rad) = \theta(°) \times \frac{\pi}{180};\ \theta(°) = \theta(rad) \times \frac{180}{\pi}$$

10 Practice Questions

1.1 Define one radian using a circle.

عرّف الراديان باستخدام دائرة.

1.2 An arc is 0.40 m long on a circle of radius 0.40 m. Find the angle in radians.

قوس طوله 0.40 m في دائرة نصف قطرها 0.40 m. أوجد الزاوية بالراديان.

1.3 Convert 60° to radians.

حوّل 60° إلى راديان.

1.4 Convert 225° to radians.

حوّل 225° إلى راديان.

1.5 Convert $\frac{3\pi}{2}$ rad to degrees.

حوّل $\frac{3\pi}{2}$ rad إلى درجات.

1.6 Convert 2.50 rad to degrees.

حوّل 2.50 rad إلى درجات.

1.7 A wheel turns 1.75 revolutions counterclockwise. Express its angular displacement in degrees and radians.

تدور عجلة 1.75 دورة عكس عقارب الساعة. عبّر عن إزاحتها الزاوية بالدرجات والراديان.

1.8 Convert a clockwise displacement of 120° to signed radians. Take counterclockwise as positive.

حوّل إزاحة 120° مع عقارب الساعة إلى راديان بإشارته، باعتبار عكس عقارب الساعة موجبًا.

1.9 An angle of 4π rad is reported as 360°. Correct the conversion.

حُوّلت زاوية 4π rad إلى 360°. صحّح التحويل.

1.10 Two circles subtend the same 1 rad angle. One radius is twice the other. Compare their arc lengths.

تقابل دائرتان الزاوية نفسها 1 rad، ونصف قطر إحداهما ضعف الأخرى. قارن طولي القوسين.

EXAM QUESTION 01 · ANSWERS

Radians & Angle Conversion

1.1 *It is the central angle subtending an arc whose length equals the circle's radius.*

هو الزاوية المركزية التي تقابل قوسًا طوله يساوي نصف قطر الدائرة.

1.2 $\theta = \frac{s}{r} = \frac{0.40}{0.40} = 1\ rad$

1.3 $\theta = 60 \times \frac{\pi}{180} = \frac{\pi}{3}\ rad$

1.4 $\theta = 225 \times \frac{\pi}{180} = \frac{5\pi}{4}\ rad$

1.5 $\theta = \frac{3\pi}{2} \times \frac{180}{\pi} = 270°$

1.6 $\theta = 2.50 \times \frac{180}{\pi} = 143.2°$

1.7 $\Delta\theta = 1.75 \times 360° = +630°$

$\Delta\theta = 1.75 \times 2\pi = +3.5\pi\ rad$

1.8 $\Delta\theta = -120 \times \frac{\pi}{180} = -\frac{2\pi}{3}\ rad$

1.9 $4\pi \times \frac{180}{\pi} = 720° = 2\ revolutions$

1.10 *Since $s = r\theta$, the larger circle's arc is twice as long. The radian angle is unchanged.*

لأن $s = r\theta$، فقوس الدائرة الأكبر ضعف الآخر، وتبقى الزاوية بالراديان نفسها.

EXAM QUESTION 02 · QUICK REVISION

Linear & Angular Velocity

السرعة الخطية والزاوية

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. Relate linear velocity v to angular velocity ω and distance r from the rotation axis.

ربط السرعة الخطية v بالسرعة الزاوية ω والبعد r عن محور الدوران.

Quick Notes خلاصة الشرح

Tangential speed is $v = r\omega$, with ω in rad s^{-1}. Velocity is tangent to the circular path.

السرعة المماسية $v = r\omega$، حيث ω بالراديان لكل ثانية. اتجاه السرعة مماس للمسار الدائري.

$$v = r\omega$$

$$\omega = \frac{v}{r};\ r = \frac{v}{\omega}$$

10 Practice Questions

2.1 What is the direction of linear velocity at a point on a rotating rim?

ما اتجاه السرعة الخطية لنقطة على حافة جسم دوّار؟

2.2 A point is 0.20 m from the axis and rotates at 6.0 rad s^{-1}. Find its speed.

تبعد نقطة 0.20 m عن المحور وتدور بسرعة زاوية 6.0 $rad\ s^{-1}$. أوجد سرعتها الخطية.

2.3 A rim point moves at 3.0 m s^{-1} on a wheel of radius 0.50 m. Find ω.

تتحرك نقطة على حافة عجلة بسرعة 3.0 $m\ s^{-1}$ ونصف قطر العجلة 0.50 m. أوجد ω.

2.4 A point has speed 2.4 m s^{-1} when ω = 8.0 rad s^{-1}. Find its distance from the axis.

سرعة نقطة 2.4 $m\ s^{-1}$ عندما $\omega = 8.0\ rad\ s^{-1}$. أوجد بعدها عن المحور.

2.5 A disk rotates at 120 rpm. Find the speed of a point 0.15 m from its axis.

يدور قرص بسرعة 120 دورة في الدقيقة. أوجد سرعة نقطة تبعد 0.15 m عن المحور.

2.6 Points A and B are at radii 0.10 m and 0.40 m on one rotating disk. Find $\frac{vB}{vA}$.

تقع نقطتان A وB على قرص دوّار عند بعدين 0.10 m و0.40 m. أوجد نسبة vB إلى vA.

2.7 What is the linear speed of a point exactly on a fixed rotation axis?

ما السرعة الخطية لنقطة تقع تمامًا على محور دوران ثابت؟

2.8 The angular speed doubles while a point's radius halves. How does its linear speed change?

تتضاعف السرعة الزاوية ويقل نصف قطر نقطة إلى النصف. كيف تتغير سرعتها الخطية؟

2.9 A 0.30 m wheel rim travels 12 m in 4.0 s at constant speed. Find v and ω.

تقطع نقطة على حافة عجلة نصف قطرها 0.30 m مسافة 12 m خلال 4.0 s بسرعة ثابتة. أوجد v وω.

2.10 A student uses 90° s^{-1} directly in $v = r\omega$ for r = 0.40 m. Find the correct speed.

عوّض طالب مباشرة عن ω بالقيمة 90° s^{-1} في $v = r\omega$ عندما $r = 0.40\ m$. احسب السرعة الصحيحة.

EXAM QUESTION 02 · ANSWERS

Linear & Angular Velocity

2.1 *Tangent to the circular path and perpendicular to the radius at that point.*

مماس للمسار الدائري وعمودي على نصف القطر عند تلك النقطة.

2.2 $v = r\omega = 0.20 \times 6.0 = 1.20\ m\ s^{-1}$

2.3 $\omega = \dfrac{3.0}{0.50} = 6.0\ rad\ s^{-1}$

2.4 $r = \dfrac{2.4}{8.0} = 0.30\ m$

2.5 $\omega = 120 \times \dfrac{2\pi}{60} = 4\pi\ rad\ s^{-1}$

$v = 0.15 \times 4\pi = 1.88\ m\ s^{-1}$

2.6 $\dfrac{vB}{vA} = \dfrac{rB}{rA} = \dfrac{0.40}{0.10} = 4$

2.7 *Zero: its distance from the axis is zero, so $v = r\omega = 0$.*

صفر؛ لأن بعدها عن المحور صفر، ومن ثم $v = r\omega = 0$.

2.8 *It is unchanged: the two factors in $v = r\omega$ cancel.*

لا تتغير؛ لأن تأثير العاملين في $v = r\omega$ يتعادل.

2.9 $v = \dfrac{12}{4.0} = 3.0\ m\ s^{-1}$

$\omega = \dfrac{3.0}{0.30} = 10\ rad\ s^{-1}$

2.10 $\omega = 90 \times \dfrac{\pi}{180} = \dfrac{\pi}{2}\ rad\ s^{-1}$

$v = 0.40 \times \dfrac{\pi}{2} = 0.628\ m\ s^{-1}$

EXAM QUESTION 03 · QUICK REVISION

Tangential & Angular Acceleration

التسارع المماسي والزاوي

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. Relate linear tangential acceleration a to angular acceleration α and radius r.

ربط التسارع الخطي المماسي a بالتسارع الزاوي α ونصف القطر r.

Quick Notes خلاصة الشرح

$a_t = r\alpha$ changes speed. Radial acceleration changes direction and may exist even when $\alpha = 0$.

التسارع المماسي $a_t = r\alpha$ يغير مقدار السرعة. والتسارع المركزي يغير اتجاهها وقد يوجد عندما $\alpha = 0$.

$$a_t = r\alpha$$

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t};\ a_r = \frac{v^2}{r} = r\omega^2$$

10 Practice Questions

3.1 What does tangential acceleration change: speed or direction around the circle?

ماذا يغير التسارع المماسي: مقدار السرعة أم اتجاهها حول الدائرة؟

3.2 A point at r = 0.25 m has α = 4.0 rad s⁻². Find a_t.

نقطة عند $r = 0.25\ m$ وتسارعها الزاوي $4.0\ rad\ s^{-2}$. أوجد a_t.

3.3 At r = 0.40 m, $a_t = 1.2$ m s⁻². Find α.

عند $r = 0.40\ m$ يكون $a_t = 1.2\ m\ s^{-2}$. أوجد α.

3.4 A rotating point has $a_t = 2.0$ m s⁻² when α = 5.0 rad s⁻². Find r.

لنقطة دوارة $a_t = 2.0\ m\ s^{-2}$ عندما $\alpha = 5.0\ rad\ s^{-2}$. أوجد r.

3.5 A wheel changes from 2 to 14 rad s⁻¹ in 3 s. Find its average α and a_t at r = 0.20 m.

تتغير سرعة عجلة من 2 إلى $14\ rad\ s^{-1}$ خلال 3 s. أوجد متوسط α وa_t عند $r = 0.20\ m$.

3.6 A disk slows from +10 to +4 rad s⁻¹ in 2 s. Find signed α and a_t at r = 0.50 m.

يتباطأ قرص من +10 إلى $+4\ rad\ s^{-1}$ خلال 2 s. أوجد α وa_t بإشارتيهما عند $r = 0.50\ m$.

3.7 Two points on a rigid disk have radii r and 3r. Compare their angular and tangential accelerations.

نقطتان على قرص صلب تبعدان r و3r. قارن تسارعيهما الزاويين والمماسيين.

3.8 A wheel rotates at constant nonzero angular speed. Is every component of acceleration zero?

تدور عجلة بسرعة زاوية ثابتة غير صفرية. هل جميع مركبات التسارع تساوي صفرًا؟

3.9 A point at r = 0.30 m starts from rest with constant α = 2.0 rad s⁻². Find its speed after 5.0 s.

تبدأ نقطة عند $r = 0.30\ m$ من السكون بتسارع زاوي ثابت $2.0\ rad\ s^{-2}$. أوجد سرعتها بعد 5.0 s.

3.10 At an instant r = 0.50 m, ω = 4.0 rad s⁻¹ and α = 3.0 rad s⁻². Find tangential and radial accelerations separately.

عند لحظة معينة $r = 0.50\ m$ و$\omega = 4.0\ rad\ s^{-1}$ و$\alpha = 3.0\ rad\ s^{-2}$. احسب التسارعين المماسي والمركزي كلًا على حدة.

EXAM QUESTION 03 · ANSWERS

Tangential & Angular Acceleration

3.1 *It changes the speed; the radial component changes the velocity direction.*

يغير مقدار السرعة؛ أما المركبة المركزية فتغير اتجاه السرعة.

3.2 $a_t = r\alpha = 0.25 \times 4.0 = 1.0\ m\ s^{-2}$

3.3 $\alpha = \dfrac{1.2}{0.40} = 3.0\ rad\ s^{-2}$

3.4 $r = \dfrac{2.0}{5.0} = 0.40\ m$

3.5 $\alpha = \dfrac{14 - 2}{3} = 4\ rad\ s^{-2}$

$a_t = 0.20 \times 4 = 0.80\ m\ s^{-2}$

3.6 $\alpha = \dfrac{4 - 10}{2} = -3\ rad\ s^{-2}$

$a_t = 0.50(-3) = -1.5\ m\ s^{-2}$

3.7 *Their angular accelerations are equal; the outer point has three times the tangential acceleration.*

تسارعاهما الزاويان متساويان، وتسارع النقطة الخارجية المماسي ثلاثة أمثال الداخلي.

3.8 *No. Tangential acceleration is zero, but off-axis points have inward radial acceleration.*

لا؛ التسارع المماسي صفر، لكن النقاط البعيدة عن المحور لها تسارع مركزي نحو الداخل.

3.9 $\omega = 0 + \alpha t = 10\ rad\ s^{-1}$

$v = r\omega = 0.30 \times 10 = 3.0\ m\ s^{-1}$

3.10 $a_t = r\alpha = 1.5\ m\ s^{-2}$

$a_r = r\omega^2 = 0.50 \times 4^2 = 8.0\ m\ s^{-2}$

EXAM QUESTION 04 · QUICK REVISION

Frequency & Rotational Variables

التردد ومتغيرات الدوران

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. Define angular frequency and relate f to ω.	تعريف التردد الزاوي وربط التردد f بالسرعة الزاوية ω.
2. Solve problems involving rotational variables.	حل مسائل متغيرات الحركة الدورانية.

Quick Notes خلاصة الشرح

Frequency counts revolutions per second; angular frequency counts radians per second. T is time for one revolution.

التردد عدد الدورات في الثانية؛ والتردد الزاوي عدد الراديانات في الثانية. الزمن الدوري T زمن دورة واحدة.

$$\omega = 2\pi f;\ f = \frac{1}{T} = \frac{N}{t};\ \Delta\theta = 2\pi N$$

10 Practice Questions

4.1 Distinguish frequency and angular frequency, including their units.

ميّز بين التردد والتردد الزاوي مع ذكر الوحدات.

4.2 A rotor makes 15 revolutions in 3.0 s. Find f and ω.

يصنع دوّار 15 دورة في 3.0 s. أوجد f وω.

4.3 A fan operates at 3.0 Hz. Find its period.

تعمل مروحة بتردد 3.0 Hz. أوجد زمنها الدوري.

4.4 A wheel has angular frequency 8π rad s^{-1}. Find f and T.

التردد الزاوي لعجلة $8\pi\ \text{rad s}^{-1}$. أوجد f وT.

4.5 Convert 1800 rpm to Hz and rad s^{-1}.

حوّل 1800 دورة في الدقيقة إلى Hz وrad s^{-1}.

4.6 A rotor has period 0.20 s. How many revolutions does it complete in 12 s?

الزمن الدوري لدوّار 0.20 s. كم دورة يتم خلال 12 s؟

4.7 How long does a rotor at 2.5 Hz take to turn through 20π rad?

كم يستغرق دوّار بتردد 2.5 Hz ليدور زاوية $20\pi\ \text{rad}$؟

4.8 A wheel has radius 0.10 m and frequency 5 Hz. Find the rim speed.

نصف قطر عجلة 0.10 m وترددها 5 Hz. أوجد سرعة الحافة.

4.9 A period is reduced to one quarter of its original value. How do f and ω change?

ينخفض الزمن الدوري إلى ربع قيمته الأصلية. كيف يتغير f وω؟

4.10 A rotor turns at 6 rad s^{-1} for 10 s. Find its angular displacement and number of revolutions.

يدور جسم بسرعة $6\ \text{rad s}^{-1}$ لمدة 10 s. أوجد الإزاحة الزاوية وعدد الدورات.

EXAM QUESTION 04 · ANSWERS

Frequency & Rotational Variables

4.1 *Frequency is revolutions per second (Hz); angular frequency is angular change per second (rad s^{-1}).*

التردد عدد الدورات في الثانية بوحدة Hz، والتردد الزاوي تغير الزاوية في الثانية بوحدة $rad\ s^{-1}$.

4.2 $f = \frac{15}{3} = 5.0\ Hz$

$\omega = 2\pi f = 10\pi = 31.4\ rad\ s^{-1}$

4.3 $T = \frac{1}{3.0} = 0.333\ s$

4.4 $f = \frac{8\pi}{2\pi} = 4\ Hz$

$T = \frac{1}{4} = 0.25\ s$

4.5 $f = \frac{1800}{60} = 30\ Hz$

$\omega = 60\pi = 188.5\ rad\ s^{-1}$

4.6 $N = \frac{t}{T} = \frac{12}{0.20} = 60\ revolutions$

4.7 $N = \frac{20\pi}{2\pi} = 10$

$t = \frac{N}{f} = \frac{10}{2.5} = 4.0\ s$

4.8 $\omega = 2\pi(5) = 10\pi\ rad\ s^{-1}$

$v = r\omega = \pi = 3.14\ m\ s^{-1}$

4.9 *Both become four times their original values.*

يصبح كل منهما أربعة أمثال قيمته الأصلية.

4.10 $\Delta\theta = \omega t = 60\ rad$

$N = \frac{60}{2\pi} = 9.55\ revolutions$

EXAM QUESTION 05 · QUICK REVISION

Points on a Rigid Rotating Body

النقاط على جسم صلب دوّار

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. Show that points move different distances but through the same angle.	توضيح أن النقاط تقطع مسافات مختلفة وتدور الزاوية نفسها.
2. Explain that all points rotate at the same angular rate.	توضيح أن نقاط الجسم الصلب تدور بالمعدل الزاوي نفسه.

Quick Notes خلاصة الشرح

All points share Δθ, ω and α about one fixed axis; arc distance, tangential speed and tangential acceleration depend on r.	تشترك النقاط في Δθ وω وα حول محور ثابت؛ ويعتمد طول القوس والسرعة والتسارع المماسيان على r.

$$s = r\Delta\theta;\ v = r\omega;\ a_t = r\alpha$$

10 Practice Questions

5.1 Two marks lie on the same rigid disk. Why must their angular displacements match over one interval?

علامتان على القرص الصلب نفسه. لماذا تتساوى إزاحتاهما الزاويتان خلال الفترة نفسها؟

5.2 Points A and B lie 0.10 m and 0.30 m from the axis. The disk turns 2 rad. Find both arc lengths.

تبعد A وB مسافتَي 0.10 m و0.30 m عن المحور. يدور القرص 2 rad. أوجد طولي القوسين.

5.3 If the outer point completes one revolution, how many revolutions does an inner point complete?

إذا أكملت النقطة الخارجية دورة واحدة، فكم دورة تكمل نقطة داخلية؟

5.4 A disk rotates at 4 rad s^{-1}. Compare ω and v at radii 0.20 m and 0.50 m.

يدور قرص بسرعة 4 $rad\ s^{-1}$. قارن ω وv عند بعدين 0.20 m و0.50 m.

5.5 An outer point travels 1.2 m while an inner point travels 0.40 m. Find the ratio of their radii.

تقطع نقطة خارجية 1.2 m بينما تقطع الداخلية 0.40 m. أوجد نسبة نصفي القطر.

5.6 Do two people at the equator and at latitude 60° have the same angular speed about Earth's axis? Ignore Earth's orbital motion.

هل لشخصين عند خط الاستواء وخط عرض 60° السرعة الزاوية نفسها حول محور الأرض؟ أهمل حركة الأرض حول الشمس.

5.7 Use r = R cos(latitude). Compare the rotational linear speeds at latitude 60° and at the equator.

استخدم r = R cos(خط العرض). قارن السرعتين الخطيتين الدورانيتين عند خط عرض 60° والاستواء.

5.8 A disk turns through π rad in 2 s. Find the average angular velocity of points at radii 0.10 m and 0.40 m.

يدور قرص π rad خلال 2 s. أوجد متوسط السرعة الزاوية لنقطتين عند بعدين 0.10 m و0.40 m.

5.9 A student says the outer point has greater angular speed because it travels farther. Correct the statement.

يقول طالب إن النقطة الخارجية أسرع زاويًا لأنها تقطع مسافة أكبر. صحّح العبارة.

5.10 At equal angular displacement, one point travels 0.90 m at r = 0.30 m. How far does a point at r = 0.50 m travel?

تقطع نقطة 0.90 m عند r = 0.30 m. عند الإزاحة الزاوية نفسها، كم تقطع نقطة عند r = 0.50 m؟

EXAM QUESTION 05 · ANSWERS

Points on a Rigid Rotating Body

5.1 *Their relative positions remain fixed, so both rotate through the same angle.*

تبقى مواضعهما النسبية ثابتة، لذا تدوران الزاوية نفسها.

5.2 $sA = 0.10 \times 2 = 0.20\ m$

$sB = 0.30 \times 2 = 0.60\ m$

5.3 *One revolution; the period and angular rate are shared.*

دورة واحدة؛ لأن الزمن الدوري والمعدل الزاوي مشتركان.

5.4 $\omega A = \omega B = 4\ rad\ s^{-1}$

$vA = 0.80\ m\ s^{-1}$; $vB = 2.0\ m\ s^{-1}$

5.5 $\frac{rout}{rin} = \frac{sout}{sin} = \frac{1.2}{0.40} = 3$

5.6 *Yes. Both complete one rotation with Earth in the same time.*

نعم؛ كلاهما يكمل دورة مع الأرض في الزمن نفسه.

5.7 $\frac{v60}{vequator} = \cos 60° = 0.50$

5.8 $\omega avg,A = \omega avg,B = \frac{\pi}{2} = 1.57\ rad\ s^{-1}$

5.9 *It has greater linear speed, but the same angular speed as the inner point.*

لها سرعة خطية أكبر، لكن سرعتها الزاوية تساوي سرعة النقطة الداخلية.

5.10 $\Delta\theta = \frac{0.90}{0.30} = 3\ rad$

$s = 0.50 \times 3 = 1.50\ m$

EXAM QUESTION 06 · QUICK REVISION

Signed & Net Torque

إشارة العزم والعزم المحصل

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. Assign torque signs according to rotation tendency: clockwise negative.	تحديد إشارة العزم حسب اتجاه الدوران المحتمل؛ مع عقارب الساعة سالب.
2. Calculate net torque about one rotation axis.	حساب العزم المحصل حول محور دوران واحد.

Quick Notes خلاصة الشرح

Choose the axis first. Counterclockwise is positive; clockwise is negative. Add torques algebraically about the same axis.	حدد المحور أولًا. عكس عقارب الساعة موجب ومعها سالب. اجمع العزوم جبريًا حول المحور نفسه.

$\tau = rF\sin\theta;\ \Sigma\tau = \tau_1 + \tau_2 + \dots$

10 Practice Questions

6.1 What sign is assigned to a torque tending to rotate an object clockwise?

ما إشارة عزم يميل إلى تدوير جسم مع عقارب الساعة؟

6.2 An upward force acts to the right of a pivot. State its torque sign.

تؤثر قوة لأعلى على يمين محور ارتكاز. حدد إشارة عزمها.

6.3 A downward force acts to the left of a pivot. State its torque sign.

تؤثر قوة لأسفل على يسار محور ارتكاز. حدد إشارة عزمها.

6.4 Torques +12 N m and −7 N m act on a body. Find the net torque and tendency.

يؤثر العزمان $+12\ \text{N m}$ و$-7\ \text{N m}$ على جسم. أوجد المحصلة واتجاه الدوران المحتمل.

6.5 Torques +6, −10 and +2 N m act about one axis. Find their resultant.

تؤثر عزوم $+6$ و-10 و$+2\ \text{N m}$ حول محور واحد. أوجد محصلتها.

6.6 A 10 N downward force acts 0.40 m right of a pivot, and a 6 N downward force acts 0.50 m left of it. Find net torque.

تؤثر قوة $10\ \text{N}$ لأسفل على بعد $0.40\ \text{m}$ يمين المحور، وقوة $6\ \text{N}$ لأسفل على بعد $0.50\ \text{m}$ يساره. أوجد العزم المحصل.

6.7 A force's line of action passes through the pivot. What is its torque, regardless of force magnitude?

يمر خط عمل قوة بمحور الارتكاز. ما عزمها مهما كان مقدار القوة؟

6.8 A 20 N force acts perpendicularly at 0.30 m to produce clockwise rotation. What counterclockwise torque balances it?

تؤثر قوة $20\ \text{N}$ عموديًا عند بعد $0.30\ \text{m}$ لتدوير الجسم مع عقارب الساعة. ما العزم المعاكس اللازم للاتزان؟

6.9 A 5 N m clockwise torque acts with an unknown torque. Net torque must be +3 N m. Find the unknown.

يؤثر عزم $5\ \text{N m}$ مع عقارب الساعة وعزم مجهول. المطلوب محصلة $+3\ \text{N m}$. أوجد المجهول.

6.10 Can zero net torque coexist with nonzero individual torques? Give a numerical example.

هل يمكن أن تكون محصلة العزم صفرًا مع وجود عزوم منفردة غير صفرية؟ أعط مثالًا عدديًا.

EXAM QUESTION 06 · ANSWERS

Signed & Net Torque

6.1 *Negative under the stated convention.*

سالب وفق الاصطلاح المعتمد.

6.2 *Positive: the tendency is counterclockwise.*

موجب؛ لأنها تميل إلى التدوير عكس عقارب الساعة.

6.3 *Positive: it also tends to rotate counterclockwise.*

موجب أيضًا؛ لأنها تميل إلى التدوير عكس عقارب الساعة.

6.4 $\Sigma\tau = 12 - 7 = +5\ N\ m$; *counterclockwise.*

المحصلة موجبة؛ أي تميل إلى التدوير عكس عقارب الساعة.

6.5 $\Sigma\tau = 6 - 10 + 2 = -2\ N\ m$; *clockwise.*

الإشارة السالبة تعني الميل إلى التدوير مع عقارب الساعة.

6.6 $\Sigma\tau = +(6 \times 0.50) - (10 \times 0.40) = -1.0\ N\ m$

6.7 *Zero, because the perpendicular lever arm is zero.*

صفر؛ لأن ذراع العزم العمودي يساوي صفرًا.

6.8 $\tau_{clockwise} = -20 \times 0.30 = -6.0\ N\ m$
$\tau_{balance} = +6.0\ N\ m$

6.9 $\tau_{unknown} - 5 = 3 \Rightarrow \tau_{unknown} = +8\ N\ m$

6.10 *Yes: +8 N m and −8 N m cancel.*

نعم؛ العزمان +8 N m و−8 N m يتعادلان.

EXAM QUESTION 07 · QUICK REVISION

Moment of Inertia: Point Masses

عزم القصور للكتل النقطية

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. Calculate I = mr² for a single point mass.	حساب عزم قصور كتلة نقطية بالعلاقة $I = mr^2$.
2. Find the total moment of inertia of several point masses.	حساب عزم القصور الكلي لعدة كتل نقطية.

Quick Notes خلاصة الشرح

Use perpendicular distance to the chosen axis. Add mr² for every mass; distances are squared, not signed.	استخدم البعد العمودي عن المحور المختار. اجمع mr^2 لكل كتلة؛ تُربع المسافات ولا تؤخذ بإشارات.

> *I = mr²; ITotal = Σmᵢrᵢ²; unit: kg m²*

10 Practice Questions

7.1 What does moment of inertia measure, and what two factors determine it for a point mass?

ماذا يقيس عزم القصور، وعلى أي عاملين يعتمد للكتلة النقطية؟

7.2 Find I for a 2.0 kg point mass 0.30 m from the axis.

أوجد I لكتلة نقطية 2.0 kg تبعد 0.30 m عن المحور.

7.3 A 0.50 kg point mass has I = 0.080 kg m². Find r.

لكتلة نقطية 0.50 kg عزم قصور 0.080 kg m². أوجد r.

7.4 A mass at r = 0.20 m has I = 0.12 kg m². Find its mass.

لكتلة عند r = 0.20 m عزم قصور 0.12 kg m². أوجد الكتلة.

7.5 Two 1.5 kg point masses are each 0.40 m from an axis. Find total I.

كتلتان نقطيتان، كل منهما 1.5 kg، تبعدان 0.40 m عن محور. أوجد I الكلي.

7.6 Masses 2 kg and 3 kg are at perpendicular distances 0.20 m and 0.40 m. Find total I.

كتلتان 2 kg و3 kg عند بعدين عموديين 0.20 m و0.40 m. أوجد I الكلي.

7.7 A 4 kg point mass lies on the axis and a 1 kg point mass lies 0.50 m away. Find total I.

كتلة نقطية 4 kg على المحور، وأخرى 1 kg تبعد 0.50 m عنه. أوجد I الكلي.

7.8 If a point mass doubles and its radius triples, by what factor does I change?

إذا تضاعفت الكتلة النقطية وأصبح بعدها ثلاثة أمثال، فبأي عامل يتغير I؟

7.9 Two 0.30 kg masses are attached to the ends of a massless 0.80 m rod. Find I about its midpoint and then about one end.

تثبت كتلتان 0.30 kg عند طرفي قضيب مهمل الكتلة طوله 0.80 m. أوجد I حول المنتصف ثم حول أحد الطرفين.

7.10 Why does moving the same masses closer to a rotation axis make angular acceleration easier for the same torque?

لماذا يجعل تقريب الكتل نفسها من المحور تسريعها زاويًا أسهل عند العزم نفسه؟

EXAM QUESTION 07 · ANSWERS

Moment of Inertia: Point Masses

7.1 *Resistance to angular acceleration; it depends on mass and squared distance from the axis.*
مقاومة تغير الحركة الدورانية؛ ويعتمد على الكتلة ومربع بعدها عن المحور.

7.2 $I = mr^2 = 2.0(0.30)^2 = 0.18\ kg\ m^2$

7.3 $r = \sqrt{\left(\frac{I}{m}\right)} = \sqrt{\left(\frac{0.080}{0.50}\right)} = 0.40\ m$

7.4 $m = \frac{I}{r^2} = \frac{0.12}{0.20^2} = 3.0\ kg$

7.5 $I = 2 \times 1.5 \times 0.40^2 = 0.48\ kg\ m^2$

7.6 $I = 2(0.20)^2 + 3(0.40)^2 = 0.08 + 0.48 = 0.56\ kg\ m^2$

7.7 $I = 4(0)^2 + 1(0.50)^2 = 0.25\ kg\ m^2$

7.8 $I_{new} = (2m)(3r)^2 = 18mr^2 = 18 I_{old}$

7.9 $I_{mid} = 2(0.30)(0.40)^2 = 0.096\ kg\ m^2$
$I_{end} = 0.30(0)^2 + 0.30(0.80)^2 = 0.192\ kg\ m^2$

7.10 *It reduces I; since* $\alpha = \frac{\tau_{net}}{I}$, *the same torque produces greater angular acceleration.*
يقل I؛ وبحسب $\alpha = \tau_{net}/I$ ينتج العزم نفسه تسارعًا زاويًا أكبر.

EXAM QUESTION 08 · QUICK REVISION

Centre of Mass & Stability

مركز الكتلة والاستقرار

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. Locate the centre of mass experimentally by suspension from different points.	تحديد مركز الكتلة تجريبيًا بالتعليق من نقاط مختلفة.
2. Explain how centre-of-mass location affects stability.	تفسير أثر موضع مركز الكتلة في استقرار الجسم.

Quick Notes خلاصة الشرح

For a freely suspended lamina, the centre of mass lies on the vertical line below suspension. Two plumb lines intersect at it.	في صفيحة معلقة بحرية، يقع مركز الكتلة على الخط الرأسي أسفل التعليق. تقاطع خطي الشاقول يحدده.
An object remains supported while its weight's line of action falls inside its base. A low centre and wide base resist tipping.	يبقى الجسم مستقرًا ما دام خط عمل وزنه داخل قاعدة الارتكاز. المركز المنخفض والقاعدة الواسعة يقللان الانقلاب.

Tipping begins when the weight line passes beyond the support edge.

10 Practice Questions

8.1 Describe how to locate the centre of mass of an irregular cardboard sheet using two suspension points.
صف تحديد مركز كتلة صفيحة كرتون غير منتظمة باستخدام نقطتي تعليق.

8.2 Why must the suspended sheet be allowed to come to rest before drawing the vertical line?
لماذا تُترك الصفيحة المعلقة حتى تسكن قبل رسم الخط الرأسي؟

8.3 What is gained by drawing a third suspension line?
ما فائدة رسم خط تعليق ثالث؟

8.4 Why can the centre of mass of a ring lie in empty space?
لماذا يمكن أن يقع مركز كتلة حلقة في فراغ؟

8.5 Two identical empty trucks carry the same load, one low and one high. Which is more resistant to tipping, and why?
تحمل شاحنتان متماثلتان الحمولة نفسها، إحداهما منخفضة والأخرى مرتفعة. أيهما أكثر مقاومة للانقلاب ولماذا؟

8.6 Why does spreading the legs of a tripod improve its stability?
لماذا يحسن إبعاد أرجل الحامل الثلاثي استقراره؟

8.7 A tilted block's weight line falls just inside its supporting edge. Predict what happens when released gently.
يمر خط وزن كتلة مائلة داخل حافة ارتكازها بقليل. ماذا يحدث عند تركها برفق؟

8.8 The same weight line moves just outside the supporting edge. Predict the motion.
ينتقل خط الوزن نفسه إلى خارج حافة الارتكاز بقليل. توقع الحركة.

8.9 Why does a person lean forward when standing up from a chair?
لماذا يميل الشخص للأمام عند النهوض من كرسي؟

8.10 A loaded vehicle must carry heavy and light boxes. Where should the heavy boxes be placed to improve stability?

مركبة تحمل صناديق ثقيلة وخفيفة. أين توضع الثقيلة لتحسين الاستقرار؟

EXAM QUESTION 08 · ANSWERS

Centre of Mass & Stability

8.1 *Suspend it freely from one point and draw the plumb line. Repeat from another point. Their intersection gives the centre of mass.*

علّقها بحرية من نقطة وارسم خط الشاقول، ثم كرر من نقطة أخرى. التقاطع هو مركز الكتلة.

8.2 *At rest, net torque is zero and the weight line passes through the support point.*

عند السكون تكون محصلة العزم صفرًا ويمر خط الوزن بنقطة التعليق.

8.3 *It checks the intersection and helps detect experimental error.*

للتحقق من نقطة التقاطع وكشف الخطأ التجريبي.

8.4 *The centre of mass is an average position of the distributed mass; it need not lie in material.*

مركز الكتلة موضع متوسط لتوزيع الكتلة، ولا يشترط أن يقع داخل مادة.

8.5 *The low-loaded truck: its lower centre of mass allows more tilt before the weight line leaves the base.*

الشاحنة ذات الحمولة المنخفضة؛ لأن مركزها الأقل ارتفاعًا يسمح بميل أكبر قبل خروج خط الوزن من القاعدة.

8.6 *It widens the support base, so a greater tilt is needed for the weight line to leave the base.*

يوسع قاعدة الارتكاز، فيلزم ميل أكبر لخروج خط الوزن من القاعدة.

8.7 *Gravity produces a restoring torque and the block returns toward its original position.*

تنتج الجاذبية عزم إرجاع فيعود الجسم نحو وضعه الأصلي.

8.8 *Gravity now produces a tipping torque and the block falls over.*

تصبح للجاذبية محصلة عزم تقلب الجسم فينقلب.

8.9 *To bring the centre of mass over the feet, which become the support base.*

لينقل مركز الكتلة فوق القدمين اللتين تصبحان قاعدة الارتكاز.

8.10 *Low in the vehicle and balanced across its base, keeping the centre of mass low and within the support region.*

أسفل المركبة وموزعة باتزان على القاعدة، ليبقى مركز الكتلة منخفضًا وضمن منطقة الارتكاز.

EXAM QUESTION 09 · QUICK REVISION

Static Equilibrium

الاتزان السكوني

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. State both translational and rotational conditions for static equilibrium.

ذكر شرطي الاتزان الانتقالي والدوراني للاتزان السكوني.

Quick Notes خلاصة الشرح

Static equilibrium requires rest with zero net force and zero net torque. Neither condition alone is sufficient.

يتطلب الاتزان السكوني السكون مع انعدام محصلتي القوة والعزم. لا يكفي أي شرط وحده.

$$\Sigma Fx = 0;\ \Sigma Fy = 0;\ \Sigma\tau = 0;\ v = 0;\ \omega = 0$$

10 Practice Questions

9.1 State the two balance conditions for an object at rest in static equilibrium.

اذكر شرطي الاتزان لجسم ساكن في اتزان سكوني.

9.2 A book rests on a horizontal table. Identify the forces and their balance.

كتاب ساكن على طاولة أفقية. حدد القوى وعلاقة اتزانها.

9.3 Two equal opposite forces act along different parallel lines. Is zero net force enough for static equilibrium?

تؤثر قوتان متساويتان متعاكستان على خطين متوازيين مختلفين. هل انعدام محصلة القوة يكفي للاتزان السكوني؟

9.4 Can net torque be zero while a body accelerates in a straight line? Give an example.

هل يمكن أن يكون العزم المحصل صفرًا بينما يتسارع الجسم خطيًا؟ أعط مثالًا.

9.5 Forces +8 N, −3 N and F act along one horizontal line through a body's centre. Find F for force balance.

تؤثر القوى $+8\ \text{N}$ و$-3\ \text{N}$ وقوة F على خط أفقي واحد يمر بمركز جسم. أوجد F لاتزان القوى.

9.6 A 40 N downward load is held by two vertical upward forces. One is 15 N. Find the other for vertical balance.

يحمل حملًا $40\ \text{N}$ لأسفل قوتان رأسيّتان لأعلى، إحداهما $15\ \text{N}$. أوجد الأخرى للاتزان الرأسي.

9.7 Torques +9 N m and τ act on a body at rest. Find τ required for rotational equilibrium.

يؤثر العزمان $+9\ \text{N m}$ وτ على جسم ساكن. أوجد τ اللازمة للاتزان الدوراني.

9.8 A body moves at constant nonzero velocity with no rotation. Is it in static equilibrium?

يتحرك جسم بسرعة ثابتة غير صفرية دون دوران. هل هو في اتزان سكوني؟

9.9 A wheel rotates at constant angular speed with zero net force and torque. Is its equilibrium static?

تدور عجلة بسرعة زاوية ثابتة ومحصلتا القوة والعزم صفر. هل اتزانها سكوني؟

9.10 A beam balances about its centre but has a net upward force of 6 N. Which equilibrium condition fails?

تتوازن عزوم عارضة حول مركزها لكن محصلة القوة $6\ \text{N}$ لأعلى. أي شرط اتزان غير متحقق؟

EXAM QUESTION 09 · ANSWERS

Static Equilibrium

9.1 *The net external force and net external torque must both be zero.*

يجب أن تكون محصلة القوى الخارجية ومحصلة العزوم الخارجية صفرًا.

9.2 *Weight acts down and normal force acts up; N = mg and net torque is zero.*

الوزن لأسفل والقوة العمودية لأعلى، وتكون N = mg ومحصلة العزم صفرًا.

9.3 *No. They form a couple and produce nonzero net torque.*

لا؛ تشكلان ازدواجًا ينتج عزمًا محصلًا غير صفري.

9.4 *Yes. A net force through the centre of mass can accelerate translation without producing torque about that centre.*

نعم؛ قوة محصلة تمر بمركز الكتلة يمكن أن تسبب تسارعًا انتقاليًا دون عزم حول المركز.

9.5 $8 - 3 + F = 0 \Rightarrow F = -5\ N$

9.6 $15 + F - 40 = 0 \Rightarrow F = 25\ N$

9.7 $9 + \tau = 0 \Rightarrow \tau = -9\ N\ m$

9.8 *No. It may have zero net force and torque, but static equilibrium also requires being at rest.*

لا؛ قد تنعدم محصلتا القوة والعزم، لكن الاتزان السكوني يتطلب السكون أيضًا.

9.9 *No, because it is rotating. Zero acceleration does not imply rest.*

لا؛ لأنها تدور. انعدام التسارع لا يعني السكون.

9.10 *Translational equilibrium fails; the beam's centre of mass accelerates upward.*

شرط الاتزان الانتقالي غير متحقق؛ فيتسارع مركز كتلة العارضة لأعلى.

EXAM QUESTION 10 · QUICK REVISION

Coriolis Effect

تأثير كوريوليس

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. Describe Coriolis force as an apparent deflecting force in a rotating reference frame.	وصف قوة كوريوليس كقوة ظاهرية تسبب انحرافًا في إطار مرجعي دوّار.

Quick Notes خلاصة الشرح

A freely moving object can follow a straight path in an inertial frame but appear curved to a rotating observer.	قد يسير الجسم الحر في خط مستقيم بالنسبة لإطار قصوري، ويبدو مساره منحنيًا لراصد يدور.
Coriolis force describes the rotating-frame effect; it is not a new contact force.	تصف قوة كوريوليس أثر الإطار الدوّار؛ وليست قوة تلامس جديدة.

Rotating-frame apparent deflection ≠ an extra physical interaction.

10 Practice Questions

10.1 What is a rotating reference frame?

ما الإطار المرجعي الدوّار؟

10.2 Why is the Coriolis force called apparent?

لماذا تسمى قوة كوريوليس قوة ظاهرية؟

10.3 A ball moves freely across a rotating platform. How can a stationary observer and a platform observer describe different path shapes?

تتحرك كرة بحرية عبر منصة دوارة. كيف يصف الراصد الثابت والراصد على المنصة شكلين مختلفين للمسار؟

10.4 A camera rotates with a disk as a low-friction puck crosses it. Does a curved track in the video prove a sideways contact force?

تدور كاميرا مع قرص بينما يعبره قرص صغير قليل الاحتكاك. هل ظهور مسار منحني في الفيديو يثبت وجود قوة تلامس جانبية؟

10.5 What happens to the rotational apparent deflection if the platform stops rotating?

ماذا يحدث للانحراف الظاهري الناتج عن الدوران إذا توقفت المنصة عن الدوران؟

10.6 If the platform's rotation is reversed while the launch setup is otherwise equivalent, how does the apparent deflection change?

إذا عُكس دوران المنصة مع بقاء ترتيب الإطلاق مكافئًا، كيف يتغير الانحراف الظاهري؟

10.7 Why must the reference frame be specified when describing Coriolis deflection?

لماذا يجب تحديد الإطار المرجعي عند وصف انحراف كوريوليس؟

10.8 A projectile is fired due north from the equator. Why does Earth's rotating observer see an eastward deflection?

يُطلق مقذوف باتجاه الشمال من خط الاستواء. لماذا يرى الراصد الدائر مع الأرض انحرافًا نحو الشرق؟

10.9 Does Coriolis deflection by itself mean Newton's laws fail?

هل يعني انحراف كوريوليس بحد ذاته فشل قوانين نيوتن؟

10.10 Propose a simple demonstration that separates real motion from rotating-frame appearance.

اقترح تجربة بسيطة تفصل بين الحركة الفعلية ومظهرها في إطار دوّار.

EXAM QUESTION 10 · ANSWERS

Coriolis Effect

10.1 *A coordinate system rotating relative to an inertial frame, such as one fixed to a rotating platform.*

نظام إحداثيات يدور بالنسبة لإطار قصوري، مثل نظام مثبت على منصة دوارة.

10.2 *It is introduced to describe motion in a rotating frame, rather than arising from an additional physical interaction.*

تُستخدم لوصف الحركة داخل إطار دوّار، ولا تنشأ من تفاعل فيزيائي إضافي.

10.3 *The stationary observer can see a straight path; the rotating observer sees an apparent curved path because the axes rotate.*

قد يرى الراصد الثابت مسارًا مستقيمًا، بينما يرى الراصد الدوّار انحناءً ظاهريًا بسبب دوران محاوره.

10.4 *No. Rotation of the camera's reference frame can produce the apparent curvature.*

لا؛ دوران الإطار المرجعي للكاميرا قد يسبب الانحناء الظاهري.

10.5 *It disappears; the platform frame no longer rotates relative to the stationary frame.*

يزول؛ لأن إطار المنصة لم يعد يدور بالنسبة للإطار الثابت.

10.6 *Its sense reverses.*

ينعكس اتجاهه.

10.7 *The apparent deflection depends on the observer's rotating coordinates.*

لأن الانحراف الظاهري يعتمد على إحداثيات الراصد الدوّارة.

10.8 *The projectile retains its initial eastward motion while moving above regions with smaller eastward rotational speed.*

يحتفظ المقذوف بحركته الشرقية الابتدائية بينما ينتقل فوق مناطق سرعتها الدورانية الشرقية أقل.

10.9 *No. Use Newton's laws in an inertial frame, or include appropriate apparent forces in the rotating frame.*

لا؛ تُستخدم قوانين نيوتن في إطار قصوري، أو تضاف القوى الظاهرية المناسبة في الإطار الدوّار.

10.10 *Record a low-friction puck crossing a rotating platform with one stationary camera and one co-rotating camera; compare the paths.*

صوّر قرصًا قليل الاحتكاك يعبر منصة دوّارة بكاميرا ثابتة وأخرى تدور معها، ثم قارن المسارين.

EXAM QUESTION 11 · QUICK REVISION

Collisions & Impulse

التصادمات والدفع

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. Describe forces and their effects before, during and after a player hits a ball.	وصف القوى وآثارها قبل ضرب اللاعب للكرة وأثناء الضرب وبعده.
2. Derive impulse from Newton's second law and state its unit.	اشتقاق الدفع من قانون نيوتن الثاني وتحديد وحدته.

Quick Notes خلاصة الشرح

During contact, the bat and ball exert equal opposite forces on different objects. After separation, contact forces cease.	أثناء التلامس تؤثر المضرب والكرة بقوتين متساويتين متعاكستين على جسمين مختلفين. بعد الانفصال تزول قوتا التلامس.
Impulse equals momentum change. For constant mass, integrate force over time or use average force.	الدفع يساوي تغير الزخم. للكتلة الثابتة، يُحسب من المساحة تحت منحنى القوة والزمن أو القوة المتوسطة.

$$J = F_{avg}\Delta t = \Delta p = m(v_f - v_i);\ N\ s = kg\ m\ s^{-1}$$

10 Practice Questions

11.1 Before a bat touches a flying ball, does the bat exert a contact force on it?

قبل أن يلامس المضرب كرة طائرة، هل يؤثر عليها بقوة تلامس؟

11.2 During impact, compare the force of the bat on the ball with the force of the ball on the bat.

أثناء التصادم، قارن قوة المضرب على الكرة وقوة الكرة على المضرب.

11.3 Why do these equal opposite forces not cancel when calculating the ball's acceleration?

لماذا لا تتعادل القوتان المتساويتان المتعاكستان عند حساب تسارع الكرة؟

11.4 Once the ball leaves the bat, does a forward bat force continue pushing it?

بعد أن تغادر الكرة المضرب، هل تستمر قوة المضرب في دفعها للأمام؟

11.5 Derive J = Δp from Newton's second law for a constant-mass object.

اشتق $J = \Delta p$ من قانون نيوتن الثاني لجسم ثابت الكتلة.

11.6 State the SI unit of impulse and show its equivalence to the momentum unit.

اذكر وحدة الدفع في النظام الدولي ووضح تكافؤها مع وحدة الزخم.

11.7 A 0.20 kg ball changes from rest to +15 m s⁻¹. Find the impulse.

تتغير سرعة كرة $0.20\ kg$ من السكون إلى $+15\ m\ s^{-1}$. أوجد الدفع.

11.8 A 0.15 kg ball changes from −20 to +30 m s⁻¹. Find its momentum change.

تتغير سرعة كرة $0.15\ kg$ من -20 إلى $+30\ m\ s^{-1}$. أوجد تغير زخمها.

11.9 A ball receives a momentum change of +7.5 kg m s⁻¹ in 0.010 s. Find its average force.

تتلقى كرة تغير زخم $+7.5\ kg\ m\ s^{-1}$ خلال $0.010\ s$. أوجد القوة المتوسطة عليها.

11.10 Why can the ball's acceleration be much larger than the bat's despite equal contact forces?

لماذا قد يكون تسارع الكرة أكبر كثيرًا من تسارع المضرب رغم تساوي قوتي التلامس؟

EXAM QUESTION 11 · ANSWERS

Collisions & Impulse

11.1 *No. The bat–ball contact force exists only while they touch; gravity and air forces may still act.*

لا؛ قوة تلامس المضرب والكرة توجد فقط أثناء التلامس، وقد تؤثر الجاذبية والهواء.

11.2 *They are equal in magnitude and opposite in direction at each instant.*

متساويتان مقدارًا ومتعاكستان اتجاهًا في كل لحظة.

11.3 *They act on different objects; only forces on the ball enter its net force.*

لأنهما تؤثران على جسمين مختلفين؛ تدخل القوى المؤثرة على الكرة فقط في محصلتها.

11.4 *No. The ball continues moving because it has momentum; the bat's contact force has ended.*

لا؛ تستمر الكرة في الحركة لامتلاكها زخمًا، وقد انتهت قوة تلامس المضرب.

11.5 $F_{avg} = m\dfrac{v_f - v_i}{\Delta t} = \dfrac{\Delta p}{\Delta t}$

$F_{avg}\Delta t = \Delta p \Rightarrow J = \Delta p$

11.6 *Impulse is measured in N s. Since N = kg m s⁻², N s = kg m s⁻¹.*

وحدة الدفع N s. ولأن $N = kg\ m\ s^{-2}$ فإن $N\ s = kg\ m\ s^{-1}$.

11.7 $J = m(v_f - v_i) = 0.20(15 - 0) = +3.0\ N\ s$

11.8 $\Delta p = 0.15[30 - (-20)] = +7.5\ kg\ m\ s^{-1}$

11.9 $F_{avg} = \dfrac{7.5}{0.010} = +750\ N$

11.10 *Acceleration depends on mass as well as force; the lighter ball generally accelerates more.*

يعتمد التسارع على الكتلة والقوة معًا؛ فالكرة الأقل كتلة تتسارع عادة أكثر.

EXAM QUESTION 12 · QUICK REVISION

Impulse from Force–Time Data

الدفع من بيانات القوة والزمن

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. Calculate impulse using constant or average force, or the area under a force–time graph.

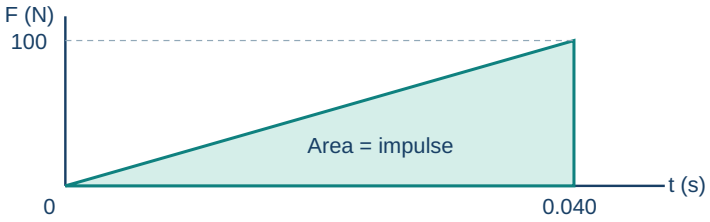
حساب الدفع باستخدام القوة الثابتة أو المتوسطة أو المساحة تحت منحنى القوة والزمن.

Quick Notes خلاصة الشرح

Signed area gives impulse. For a triangle use half base × height; add signed areas for multiple intervals.

المساحة بإشارتها تعطي الدفع. للمثلث استخدم نصف القاعدة في الارتفاع، واجمع المساحات بإشاراتها للفترات المتعددة.

$$J = F_{avg}\Delta t;\ J_{triangle} = \frac{1}{2} \times base \times height$$



10 Practice Questions

12.1 A constant +12 N force acts for 0.50 s. Find impulse.

تؤثر قوة ثابتة +12 N لمدة 0.50 s. أوجد الدفع.

12.2 A constant −20 N force acts for 0.15 s. Find signed impulse.

تؤثر قوة ثابتة −20 N لمدة 0.15 s. أوجد الدفع بإشارته.

12.3 A varying force has average value 80 N over 0.025 s. Find impulse.

لقوة متغيرة متوسط 80 N خلال 0.025 s. أوجد الدفع.

12.4 Force rises linearly from zero to 100 N over 0.040 s. Find impulse from the triangular area.

تزداد القوة خطيًا من صفر إلى 100 N خلال 0.040 s. أوجد الدفع من المساحة المثلثة.

12.5 Force decreases linearly from 60 N to zero during 0.20 s. Find impulse and average force.

تنخفض القوة خطيًا من 60 N إلى صفر خلال 0.20 s. أوجد الدفع والقوة المتوسطة.

12.6 Force increases linearly from 20 N to 60 N in 0.30 s. Find the trapezoidal impulse.

تزداد القوة خطيًا من 20 N إلى 60 N خلال 0.30 s. أوجد الدفع من مساحة شبه المنحرف.

12.7 A force is +10 N for 0.20 s, then +30 N for 0.10 s. Find total impulse.

تكون القوة +10 N لمدة 0.20 s ثم +30 N لمدة 0.10 s. أوجد الدفع الكلي.

12.8 A graph has area +8 N s above the time axis and area magnitude 3 N s below it. Find net impulse.

لرسم القوة والزمن مساحة +8 N s فوق المحور، ومقدار مساحة 3 N s تحته. أوجد الدفع المحصل.

almanahj.com/ae
2026 2025
موقع المناهج الإماراتية

12.9 A triangular force pulse lasts 0.020 s and delivers 4.0 N s. Find the peak force.

نبضة قوة مثلثة مدتها 0.020 s وتعطي دفعًا 4.0 N s. أوجد القوة العظمى.

12.10 Two force–time pulses have equal area but different peak forces. Compare their momentum changes.

لنبضتي قوة وزمن المساحة نفسها لكن قوتيهما العظميين مختلفتان. قارن تغيري الزخم.

EXAM QUESTION 12 · ANSWERS

Impulse from Force–Time Data

12.1 $J = F\Delta t = 12 \times 0.50 = +6.0\ N\ s$

12.2 $J = -20 \times 0.15 = -3.0\ N\ s$

12.3 $J = F_{avg}\Delta t = 80 \times 0.025 = 2.0\ N\ s$

12.4 $J = \frac{1}{2} \times 0.040 \times 100 = 2.0\ N\ s$

12.5 $J = \frac{1}{2} \times 0.20 \times 60 = 6.0\ N\ s$

$F_{avg} = \frac{6.0}{0.20} = 30\ N$

12.6 $J = \frac{20 + 60}{2} \times 0.30 = 12\ N\ s$

12.7 $J = 10(0.20) + 30(0.10) = 5.0\ N\ s$

12.8 $J_{net} = 8 - 3 = +5\ N\ s$

12.9 $J = \frac{1}{2} F_{peak}\Delta t$

$F_{peak} = \frac{2 \times 4.0}{0.020} = 400\ N$

12.10 *They cause equal momentum changes if their signed areas are equal; peak force alone does not determine impulse.*

تسببان تغير الزخم نفسه إذا تساوت المساحتان بإشارتيهما؛ القوة العظمى وحدها لا تحدد الدفع.

EXAM QUESTION 13 · QUICK REVISION

Linear Momentum Conservation

حفظ الزخم الخطي

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. Use experiments or simulations to study velocity and momentum changes during collisions.	استخدام التجارب أو المحاكاة لدراسة تغير السرعات والزخم أثناء التصادم.
2. Define a system and apply linear momentum conservation in one dimension, including recoil and propulsion.	تعريف النظام وتطبيق حفظ الزخم الخطي في بعد واحد، بما فيه الارتداد والدفع في الفضاء.

Quick Notes خلاصة الشرح

Choose all interacting objects as the system. If external impulse is negligible, total momentum before equals total momentum after.	اختر الأجسام المتفاعلة كلها نظامًا. عند إهمال الدفع الخارجي يتساوى الزخم الكلي قبل التفاعل وبعده.
Use signed velocities. Internal forces transfer momentum between objects but do not change the total.	استخدم السرعات بإشاراتها. تنقل القوى الداخلية الزخم بين الأجسام دون تغيير المجموع.

$$\Sigma p_i = \Sigma p_f;\ m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$$

10 Practice Questions

13.1 For a collision between two carts, what system should be chosen to apply momentum conservation?

ما النظام المناسب لتطبيق حفظ الزخم على تصادم عربتين؟

13.2 What measurements are needed to test momentum conservation in a cart collision?

ما القياسات اللازمة لاختبار حفظ الزخم في تصادم عربتين؟

13.3 Cart A has mass 1 kg and velocity +4 m s⁻¹; B has mass 2 kg and velocity −1 m s⁻¹. Find initial total momentum.

كتلة العربة A تساوي 1 kg وسرعتها +4 m s⁻¹، وكتلة B تساوي 2 kg وسرعتها −1 m s⁻¹. أوجد الزخم الابتدائي الكلي.

13.4 A 2 kg cart at +3 m s⁻¹ sticks to a stationary 1 kg cart. Find their common velocity.

تلتصق عربة 2 kg سرعتها +3 m s⁻¹ بعربة ساكنة 1 kg. أوجد السرعة المشتركة.

13.5 A 60 kg skater initially at rest throws a 3 kg ball at +4 m s⁻¹ relative to the ground. Find the skater's velocity.

يرمي متزلج 60 kg ساكن أولًا كرة 3 kg بسرعة +4 m s⁻¹ بالنسبة للأرض. أوجد سرعة المتزلج.

13.6 A stationary device separates into a 2 kg piece moving at +6 m s⁻¹ and a 3 kg piece. Find the second velocity.

ينفصل جهاز ساكن إلى قطعة 2 kg تتحرك بسرعة +6 m s⁻¹ وأخرى 3 kg. أوجد سرعة الثانية.

13.7 Why can a spacecraft propel itself in empty space?

لماذا تستطيع مركبة فضائية دفع نفسها في الفراغ؟

13.8 Two carts initially have total momentum +5.0 kg m s⁻¹. Measured final momentum is +4.2 kg m s⁻¹. Find the implied external impulse.

زخم عربتين الابتدائي الكلي +5.0 kg m s⁻¹، والنهائي المقاس +4.2 kg m s⁻¹. أوجد الدفع الخارجي المستنتج.

13.9 In a low-friction simulation, one cart gains +3 N s of momentum during contact. What is the other cart's contact impulse?

في محاكاة قليلة الاحتكاك، تكتسب عربة تغير زخم $+3\ \text{N s}$ أثناء التلامس. ما دفع التلامس على العربة الأخرى؟

13.10 A 1 kg cart at +5 m s⁻¹ hits a stationary 2 kg cart. The first leaves at +1 m s⁻¹. Find the second final velocity.

تصطدم عربة $1\ \text{kg}$ سرعتها $+5\ \text{m s}^{-1}$ بعربة ساكنة $2\ \text{kg}$. تغادر الأولى بسرعة $+1\ \text{m s}^{-1}$. أوجد سرعة الثانية النهائية.

EXAM QUESTION 13 · ANSWERS

Linear Momentum Conservation

13.1 *Both carts together; the external impulse on that combined system must be negligible.*

العربتان معًا، مع ضرورة إهمال الدفع الخارجي على هذا النظام المركب.

13.2 *Measure both masses and signed velocities immediately before and after impact, then compare total momenta.*

قس الكتلتين والسرعات بإشاراتها قبيل التصادم وبعده، ثم قارن الزخمين الكليين.

13.3 $p_i = 1(4) + 2(-1) = +2\ \text{kg m s}^{-1}$

13.4 $2(3) = (2 + 1)v$

$v = \frac{6}{3} = +2\ \text{m s}^{-1}$

13.5 $0 = 60v + 3(4)$

$v = -\frac{12}{60} = -0.20\ \text{m s}^{-1}$

13.6 $0 = 2(6) + 3v$

$v = -\frac{12}{3} = -4\ \text{m s}^{-1}$

13.7 *It expels material backward; the spacecraft gains opposite momentum. No surrounding air is required.*

تقذف مادة للخلف فتكتسب زخمًا معاكسًا، ولا تحتاج إلى هواء محيط.

13.8 $J_{ext} = p_f - p_i = 4.2 - 5.0 = -0.80\ \text{N s}$

13.9 *−3 N s; the internal contact impulses are equal and opposite.*

$-3\ \text{N s}$؛ دفعا التلامس الداخليان متساويان ومتعاكسان.

13.10 $1(5) = 1(1) + 2v_2$

$v_2 = \frac{4}{2} = +2\ \text{m s}^{-1}$

EXAM QUESTION 14 · QUICK REVISION

Impulse in Safety & Sport

الدفع في السلامة والرياضة

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. Investigate everyday applications of the impulse–momentum theorem.	استقصاء تطبيقات مبرهنة الدفع والزخم في الحياة اليومية.
2. Explain how airbags reduce injury using impulse–momentum ideas.	تفسير دور الوسائد الهوائية في تقليل الإصابة باستخدام الدفع والزخم.

Quick Notes خلاصة الشرح

For the same momentum change, a longer stopping time reduces average force. Impulse is not reduced merely by increasing time.	للتغير نفسه في الزخم، تؤدي زيادة زمن التوقف إلى تقليل القوة المتوسطة. لا ينقص الدفع لمجرد زيادة الزمن.

$$F_{avg} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

10 Practice Questions

14.1 Why does an airbag reduce the average force on an occupant brought to rest?

لماذا تقلل الوسادة الهوائية القوة المتوسطة على راكب يُوقَف عن الحركة؟

14.2 Does an airbag necessarily reduce the impulse required to stop the same occupant from the same speed?

هل تقلل الوسادة الهوائية بالضرورة الدفع اللازم لإيقاف الراكب نفسه من السرعة نفسها؟

14.3 A 70 kg occupant stops from 12 m s⁻¹ in 0.060 s. Find the average stopping-force magnitude.

يتوقف راكب $70\ \text{kg}$ من سرعة $12\ \text{m s}^{-1}$ خلال $0.060\ \text{s}$. أوجد مقدار القوة المتوسطة.

14.4 A 70 kg occupant stops from 12 m s⁻¹ in 0.30 s instead of 0.060 s. Find average stopping-force magnitude and its reduction factor.

يتوقف راكب $70\ \text{kg}$ من $12\ \text{m s}^{-1}$ خلال $0.30\ \text{s}$ بدلًا من $0.060\ \text{s}$. أوجد مقدار قوة التوقف المتوسطة وعامل انخفاضها.

14.5 Why does a catcher move the glove backward while catching a ball?

لماذا يحرك اللاعب قفازه للخلف أثناء التقاط الكرة؟

14.6 Why are knees bent during landing from a jump?

لماذا تُثنى الركبتان عند الهبوط من قفزة؟

14.7 Compare an egg stopping on a hard floor with stopping in thick padding, assuming equal initial and final velocities.

قارن توقف بيضة على أرض صلبة وتوقفها داخل حشوة سميكة، مع تساوي السرعتين الابتدائية والنهائية.

14.8 A 0.25 kg ball at 8 m s⁻¹ stops in a glove. What minimum stopping time keeps average force magnitude at or below 40 N?

تتوقف كرة $0.25\ \text{kg}$ سرعتها $8\ \text{m s}^{-1}$ في قفاز. ما أقل زمن توقف يبقي مقدار القوة المتوسطة عند $40\ \text{N}$ أو أقل؟

14.9 Two barriers stop an identical car from the same speed. Barrier A gives twice the stopping time. Compare average forces.

يوقف حاجزان السيارة نفسها من السرعة نفسها. يعطي A ضعف زمن التوقف. قارن القوتين المتوسطتين.

14.10 Why can a bouncing ball receive a larger impulse than a ball that merely stops from the same incoming speed?

لماذا قد تتلقى كرة مرتدة دفعًا أكبر من كرة تتوقف فقط من السرعة الواردة نفسها؟

EXAM QUESTION 14 · ANSWERS

Impulse in Safety & Sport

14.1 *It increases stopping time for approximately the same momentum change.*

تزيد زمن التوقف مع بقاء تغير الزخم متقاربًا.

14.2 *No. The required momentum change is the same; the force is spread over more time.*

لا؛ تغير الزخم المطلوب نفسه، لكن القوة تتوزع على زمن أطول.

14.3 $|\Delta p| = 70 \times 12 = 840\ kg\ m\ s^{-1}$

$$|F_{avg}| = \frac{840}{0.060} = 14000\ N$$

14.4 $$|F_{avg}| = \frac{840}{0.30} = 2800\ N$$

$$\frac{14000}{2800} = 5$$: *force is one fifth as large.*

14.5 *It increases the stopping time and reduces average contact force.*

يزيد زمن إيقاف الكرة ويقلل قوة التلامس المتوسطة.

14.6 *Bending extends the stopping time and reduces the average force needed to change downward momentum.*

الثني يطيل زمن التوقف ويقلل القوة المتوسطة اللازمة لتغيير الزخم الهابط.

14.7 *The impulse is the same; padding increases stopping time and lowers average force.*

الدفع نفسه؛ والحشوة تزيد زمن التوقف وتخفض القوة المتوسطة.

14.8 $|\Delta p| = 0.25 \times 8 = 2.0\ N\ s$

$$\Delta t_{min} = \frac{2.0}{40} = 0.050\ s$$

14.9 *The average force with A is half that with B.*

القوة المتوسطة مع A نصف القوة مع B.

14.10 *Rebound reverses momentum, so the magnitude of momentum change includes both incoming and outgoing motion.*

الارتداد يعكس الزخم، فيشمل مقدار تغير الزخم الحركة الواردة والصادرة معًا.

almanahj.com/ae موقع المناهج الإماراتية 2025 2026

EXAM QUESTION 15 · QUICK REVISION

Changing Shape While Rotating

تغير شكل الجسم أثناء الدوران

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. Explain how shape changes angular velocity while angular momentum remains constant without external torque.	تفسير تغير السرعة الزاوية بتغير الشكل مع ثبات الزخم الزاوي عند انعدام العزم الخارجي.
2. Discuss angular impulse and angular momentum in diving and ice skating.	مناقشة الدفع والزخم الزاويين في الغطس والتزلج.

Quick Notes خلاصة الشرح

With negligible external torque, Iω stays constant. Pulling mass inward reduces I and raises ω.	عند إهمال العزم الخارجي يبقى $I\omega$ ثابتًا. تقريب الكتلة من المحور يقلل I ويزيد ω.
A push at takeoff supplies angular impulse. In flight, a diver changes rotation rate by changing shape.	تمنح دفعة الإقلاع دفعًا زاويًا. أثناء الطيران يغير الغطاس معدل الدوران بتغيير شكله.

$$I_i\omega_i = I_f\omega_f$$

10 Practice Questions

15.1 Why does a spinning skater speed up when pulling the arms inward?

لماذا يسرع المتزلج الدوّار عند ضم ذراعيه؟

15.2 What happens when the skater extends the arms again with negligible external torque?

ماذا يحدث عندما يمد المتزلج ذراعيه مجددًا مع إهمال العزم الخارجي؟

15.3 A skater's I changes from 4.0 to 2.0 kg m² while initial ω = 3.0 rad s⁻¹. Find final ω.

يتغير I لمتزلج من 4.0 إلى 2.0 kg m^2 وسرعته الزاوية الابتدائية 3.0 rad s^{-1}. أوجد النهائية.

15.4 A diver reduces I to one third of its initial value. How does ω change?

يخفض غطاس عزم قصوره إلى ثلث قيمته الابتدائية. كيف تتغير ω؟

15.5 Why does a diver tuck during a somersault and extend before entering the water?

لماذا يضم الغطاس جسمه أثناء الشقلبة ويمده قبل دخول الماء؟

15.6 How does the diving board initially give a diver angular momentum?

كيف يمنح لوح الغطس الغطاس زخمًا زاويًا في البداية؟

15.7 A skater expands from I = 1.2 to 3.0 kg m² while spinning initially at 5.0 rad s⁻¹. Find final ω.

يزيد متزلج عزم قصوره من 1.2 إلى 3.0 kg m^2 وكان يدور بسرعة 5.0 rad s^{-1}. أوجد ω النهائية.

15.8 Can changing shape alone create net angular momentum from zero in an isolated system?

هل يستطيع تغيير الشكل وحده إنشاء زخم زاوي كلي من الصفر في نظام معزول؟

15.9 A diver spins at 4 rad s⁻¹ with I = 6 kg m². What I is needed to reach 12 rad s⁻¹ without external torque?

يدور غطاس بسرعة 4 rad s^{-1} وعزم قصوره 6 kg m^2. ما I اللازم للوصول إلى 12 rad s^{-1} دون عزم خارجي؟

15.10 A student says zero external torque always means constant angular velocity. What condition is missing?
يقول طالب إن انعدام العزم الخارجي يعني دائمًا ثبات السرعة الزاوية. ما الشرط الناقص؟

EXAM QUESTION 15 · ANSWERS

Changing Shape While Rotating

15.1 *Moment of inertia decreases, so angular speed rises to keep angular momentum constant.*
يقل عزم القصور فتزيد السرعة الزاوية ليبقى الزخم الزاوي ثابتًا.

15.2 *Moment of inertia increases and angular speed decreases.*
يزداد عزم القصور وتنخفض السرعة الزاوية.

15.3 $\omega f = \frac{Ii\omega i}{If} = \frac{4.0 \times 3.0}{2.0} = 6.0\ rad\ s^{-1}$

15.4 *Angular speed triples if external torque is negligible.*
تصبح السرعة الزاوية ثلاثة أمثال إذا أهمل العزم الخارجي.

15.5 *Tucking reduces I and speeds rotation; extension increases I and slows rotation for controlled entry.*
الضم يقلل I ويسرع الدوران، والمد يزيده ويبطئ الدوران لضبط الدخول.

15.6 *The board force can exert torque about the diver's centre of mass during the push, producing angular impulse.*
قد تؤثر قوة اللوح بعزم حول مركز كتلة الغطاس أثناء الدفع فتمنحه دفعًا زاويًا.

15.7 $\omega f = \frac{1.2 \times 5.0}{3.0} = 2.0\ rad\ s^{-1}$

15.8 *No. Internal motions may redistribute angular momentum, but the system's total remains zero.*
لا؛ قد تعيد الحركات الداخلية توزيع الزخم الزاوي، لكن مجموعه يبقى صفرًا.

15.9 $If = \frac{6 \times 4}{12} = 2\ kg\ m^2$

15.10 *Moment of inertia must also be constant. Zero external torque conserves angular momentum, not necessarily angular velocity.*
يجب أن يكون عزم القصور ثابتًا أيضًا. انعدام العزم الخارجي يحفظ الزخم الزاوي، وليس بالضرورة السرعة الزاوية.

EXAM QUESTION 16 · QUICK REVISION

Angular Momentum Conservation

حفظ الزخم الزاوي

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. Define the system and apply conservation of angular momentum.	تعريف النظام وتطبيق قانون حفظ الزخم الزاوي.
2. Discuss skating, spinning tops, gyroscopes and related examples.	مناقشة التزلج والبلابل الدوارة والجيروسكوبات وتطبيقات مشابهة.

Quick Notes خلاصة الشرح

Total angular momentum about an axis is conserved when net external torque about that axis is zero.	يحفظ الزخم الزاوي الكلي حول محور عندما تكون محصلة العزم الخارجي حوله صفرًا.
A torque can change the direction of angular momentum. A tilted spinning top precesses because gravity exerts torque.	يمكن للعزم تغيير اتجاه الزخم الزاوي. يترنح البلبل المائل لأن الجاذبية تؤثر بعزم.

$$\Sigma L_i = \Sigma L_f;\ L = I\omega$$

10 Practice Questions

16.1 State the condition required for angular momentum conservation about a chosen axis.

اذكر شرط حفظ الزخم الزاوي حول محور مختار.

16.2 A platform and rider rotate together. Should the rider or the platform–rider combination be the system when the rider moves inward?

تدور منصة وراكب معًا. عند تحرك الراكب للداخل، هل نختار الراكب وحده أم المنصة والراكب نظامًا؟

16.3 A rotor has $I = 0.80\ \text{kg m}^2$ and $\omega = 5.0\ \text{rad s}^{-1}$. Find its angular momentum.

لدوّار $I = 0.80\ \text{kg m}^2$ و$\omega = 5.0\ \text{rad s}^{-1}$. أوجد زخمه الزاوي.

16.4 A frictionless rotating system changes I from 5.0 to 8.0 kg m². Initial ω is 4.0 rad s⁻¹. Find final ω.

يتغير عزم قصور نظام دوّار عديم الاحتكاك من 5.0 إلى $8.0\ \text{kg m}^2$. سرعته الزاوية الابتدائية $4.0\ \text{rad s}^{-1}$. أوجد النهائية.

16.5 A disk with $I_1 = 2\ \text{kg m}^2$ rotates at +6 rad s⁻¹. A coaxial stationary disk with $I_2 = 1\ \text{kg m}^2$ is coupled to it. Find the common final ω; external torque is negligible.

يدور قرص عزم قصوره $2\ \text{kg m}^2$ بسرعة $+6\ \text{rad s}^{-1}$. يُقرن بقرص ساكن محوري عزم قصوره $1\ \text{kg m}^2$. أوجد ω المشتركة النهائية مع إهمال العزم الخارجي.

16.6 Two coaxial rotors with inertias 3 and 1 kg m² initially spin at +4 and −2 rad s⁻¹. They lock together. Find final ω.

دوّاران محوريان عزمَا قصورهما 3 و$1\ \text{kg m}^2$ وسرعتاهما $+4$ و$-2\ \text{rad s}^{-1}$. يلتحمان. أوجد ω النهائية.

16.7 Why does a freely spinning gyroscope tend to maintain its axis direction when external torque is negligible?

لماذا يميل الجيروسكوب الحر للحفاظ على اتجاه محوره عند إهمال العزم الخارجي؟

16.8 Why is the angular momentum vector of a tilted precessing top not strictly conserved?

لماذا لا يُحفظ متجه الزخم الزاوي لبلبل مائل يترنح حفظًا تامًا؟

16.9 A spinning system loses 3 kg m² s⁻¹ of angular momentum due to friction. Is the system isolated rotationally?

يفقد نظام دوّار 3 $\mathrm{kg\ m^2\ s^{-1}}$ من زخمه الزاوي بفعل الاحتكاك. هل هو معزول دورانيًا؟

16.10 Two rotors lock together without external torque. Must rotational kinetic energy be conserved as well as angular momentum?

يلتحم دوّاران دون عزم خارجي. هل يجب حفظ طاقة الحركة الدورانية إلى جانب الزخم الزاوي؟

EXAM QUESTION 16 · ANSWERS

Angular Momentum Conservation

16.1 *The net external torque about that axis must be zero, or negligible over the interval.*

يجب أن تكون محصلة العزم الخارجي حول المحور صفرًا أو مهملة خلال الفترة.

16.2 *Choose the platform and rider together, so their mutual torques are internal.*

اختر المنصة والراكب معًا لتكون عزوم التفاعل بينهما داخلية.

16.3 $L = I\omega = 0.80 \times 5.0 = 4.0\ \mathrm{kg\ m^2\ s^{-1}}$

16.4 $\omega f = \dfrac{5.0 \times 4.0}{8.0} = 2.50\ \mathrm{rad\ s^{-1}}$

16.5 $2(6) + 1(0) = (2 + 1)\omega f$

$\omega f = \dfrac{12}{3} = +4\ \mathrm{rad\ s^{-1}}$

16.6 $Li = 3(4) + 1(-2) = 10\ \mathrm{kg\ m^2\ s^{-1}}$

$\omega f = \dfrac{10}{3 + 1} = +2.5\ \mathrm{rad\ s^{-1}}$

16.7 *Its angular momentum vector remains constant in direction and magnitude.*

لأن متجه زخمه الزاوي يبقى ثابت المقدار والاتجاه.

16.8 *Gravity exerts an external torque about the support point, changing the angular momentum direction.*

تؤثر الجاذبية بعزم خارجي حول نقطة الارتكاز فيغير اتجاه الزخم الزاوي.

16.9 *No. Friction supplies a nonzero external angular impulse.*

لا؛ يمنحه الاحتكاك دفعًا زاويًا خارجيًا غير صفري.

16.10 *No. Angular momentum is conserved, while some rotational kinetic energy may become internal energy during coupling.*

لا؛ يحفظ الزخم الزاوي، وقد يتحول بعض طاقة الحركة الدورانية إلى طاقة داخلية أثناء الاقتران.

EXAM QUESTION 17 · QUICK REVISION

Angular Displacement, Torque & Equilibrium

الإزاحة الزاوية والعزم والاتزان

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. Part 1: Define angular displacement.	الجزء الأول: تعريف الإزاحة الزاوية.
2. Part 1: Relate average angular velocity, angular displacement and time.	الجزء الأول: ربط متوسط السرعة الزاوية والإزاحة الزاوية والزمن.
3. Part 2: Apply $\tau = Fr\sin\theta$ with θ between the force and radius vectors.	الجزء الثاني: تطبيق $\tau = Fr\sin\theta$ حيث θ بين القوة ومتجه نصف القطر.
4. Part 2: Solve torque and equilibrium problems.	الجزء الثاني: حل مسائل العزم والاتزان.

Quick Notes خلاصة الشرح

Angular displacement is the signed change in angular position; retain full revolutions when the motion includes them.	الإزاحة الزاوية تغير موضع زاوي بإشارة؛ احسب الدورات الكاملة ضمنها.
Torque uses the perpendicular lever arm. For equilibrium, balance forces and torques about a convenient pivot.	يستخدم العزم ذراع القوة العمودي. للاتزان وازن القوى والعزوم حول محور مناسب.

$$\Delta\theta = \theta f - \theta i;\ \omega avg = \frac{\Delta\theta}{\Delta t};\ \tau = Fr\ sin\theta;\ \Sigma F = 0;\ \Sigma\tau = 0$$

10 Practice Questions

17.1 Part 1: Define angular displacement and distinguish it from total angular distance.

الجزء الأول: عرّف الإزاحة الزاوية وميّزها عن المسافة الزاوية الكلية.

17.2 A pointer rotates from 20° to 140° counterclockwise in 2.0 s. Find $\Delta\theta$ in radians and average ω.

يدور مؤشر عكس عقارب الساعة من 20° إلى 140° خلال 2.0 s. أوجد $\Delta\theta$ بالراديان ومتوسط ω.

17.3 A wheel completes 3.0 counterclockwise turns in 4.0 s. Find its average angular velocity.

تكمل عجلة 3.0 دورات عكس عقارب الساعة في 4.0 s. أوجد متوسط سرعتها الزاوية.

17.4 A rotor turns at a constant $-5.0\ \text{rad s}^{-1}$ for 6.0 s. Find angular displacement and magnitude of the number of revolutions.

يدور جسم بسرعة ثابتة $-5.0\ \text{rad s}^{-1}$ لمدة 6.0 s. أوجد الإزاحة الزاوية ومقدار عدد الدورات.

17.5 A wheel turns 2 revolutions counterclockwise, then 0.5 revolution clockwise, in 3.0 s. Find displacement, angular distance and average ω.

تدور عجلة دورتين عكس عقارب الساعة ثم نصف دورة معها خلال 3.0 s. أوجد الإزاحة والمسافة الزاويتين ومتوسط ω.

17.6 Part 2: A 40 N force acts 0.25 m from a pivot at 30° to the radius. Find torque magnitude.

الجزء الثاني: تؤثر قوة 40 N على بعد 0.25 m من المحور بزاوية 30° مع نصف القطر. أوجد مقدار العزم.

17.7 A wrench must provide 18 N m of torque with a perpendicular 60 N force. Find the minimum required lever arm.

يجب أن يوفر مفتاح عزمًا 18 N m بقوة عمودية 60 N. أوجد أقل ذراع قوة لازم.

17.8 A 100 N load acts 0.40 m left of a pivot. A downward force acts 0.80 m right. Find that force for torque balance; neglect beam weight.

يؤثر حمل 100 N على بعد 0.40 m يسار المحور، وقوة لأسفل على بعد 0.80 m يمينه. أوجد القوة لاتزان العزوم وأهمل وزن العارضة.

17.9 A uniform 4.0 m horizontal beam of weight 200 N is supported at both ends. A 300 N load sits 1.0 m from the left end. Find both upward support forces.

عارضة أفقية منتظمة طولها 4.0 m ووزنها 200 N مدعومة عند الطرفين. يوضع حمل 300 N على بعد 1.0 m من الطرف الأيسر. أوجد قوتي الدعم.

17.10 A massless 2.0 m horizontal bar is hinged at the left and carries 120 N at the right end. A cable pulls the right end upward and leftward at 30° to the horizontal. Find tension and horizontal/vertical hinge reactions.

قضيب أفقي مهمل الكتلة طوله 2.0 m مفصّل يسارًا ويحمل 120 N عند طرفه الأيمن. يشد الطرف الأيمن حبل بزاوية 30° فوق القضيب نحو اليسار. أوجد الشد وردي فعل المفصل الأفقي والرأسي.

EXAM QUESTION 17 · ANSWERS

Angular Displacement, Torque & Equilibrium

17.1 *Angular displacement is the signed change of angular position; angular distance adds all rotation magnitudes without cancelling reversals.*

الإزاحة الزاوية تغير الموضع الزاوي بإشارة؛ أما المسافة الزاوية فتجمع مقادير الدوران دون إلغاء الاتجاهات المتعاكسة.

17.2 $\Delta\theta = 120° = \frac{2\pi}{3}\ rad$

$\omega_{avg} = \frac{\frac{2\pi}{3}}{2.0} = \frac{\pi}{3} = 1.05\ rad\ s^{-1}$

17.3 $\Delta\theta = 3.0 \times 2\pi = 6\pi\ rad$

$\omega_{avg} = \frac{6\pi}{4.0} = 4.71\ rad\ s^{-1}$

17.4 $\Delta\theta = -5.0 \times 6.0 = -30\ rad$

$N = \frac{30}{2\pi} = 4.77\ revolutions$

17.5 $\Delta\theta = (2 - 0.5)2\pi = +3\pi\ rad$

$Angular\ distance = (2 + 0.5)2\pi = 5\pi\ rad$

$\omega_{avg} = \frac{3\pi}{3.0} = \pi\ rad\ s^{-1}$

17.6 $|\tau| = Fr\sin\theta = 40 \times 0.25 \times \sin30° = 5.0\ N\ m$

17.7 $r = \frac{\tau}{F} = \frac{18}{60} = 0.30\ m$

17.8 $100(0.40) - F(0.80) = 0$

$F = \frac{40}{0.80} = 50\ N$

17.9 About left: $RB(4.0) - 200(2.0) - 300(1.0) = 0$

$RB = \frac{700}{4.0} = 175\ N$

$RA + RB = 500 \Rightarrow RA = 325\ N$

17.10 $2T\sin30° - 2(120) = 0 \Rightarrow T = 240\ N$

$Hx = T\cos30° = 208\ N$ rightward

$Hy + T\sin30° - 120 = 0 \Rightarrow Hy = 0$

EXAM QUESTION 18 · QUICK REVISION

Rotational Dynamics & Angular Impulse

ديناميكا الدوران والدفع الزاوي

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. Part 1: Apply Newton's second law for rotation.	الجزء الأول: تطبيق قانون نيوتن الثاني للدوران.
2. Part 1: Determine I for a hoop, uniform cylinder, sphere, rod and rectangular plate with specified axes.	الجزء الأول: حساب عزم قصور الحلقة والأسطوانة المنتظمة والكرة والقضيب واللوح المستطيل مع تحديد المحور.
3. Part 2: Define L = Iω and state its unit.	الجزء الثاني: تعريف $L = I\omega$ وتحديد وحدته.
4. Part 2: State angular impulse–momentum theorem $\tau_{avg}\Delta t = L_f - L_i$.	الجزء الثاني: ذكر أن الدفع الزاوي المحصل يساوي تغير الزخم الزاوي.
5. Part 2: Solve angular momentum problems.	الجزء الثاني: حل مسائل الزخم الزاوي.

Quick Notes خلاصة الشرح

For fixed I, net torque determines angular acceleration. Every inertia formula must be matched to its axis.	عند ثبات I تحدد محصلة العزم التسارع الزاوي. يجب مطابقة كل قانون قصور لمحوره.
Angular impulse is the change in angular momentum. A negative impulse opposes positive angular momentum.	الدفع الزاوي تغير الزخم الزاوي. الدفع السالب يعاكس الزخم الزاوي الموجب.

$$\Sigma\tau = I\alpha;\ L = I\omega;\ \tau_{avg}\Delta t = L_f - L_i$$

$$\text{Hoop (symmetry axis): } I = mR^2;\ \text{cylinder (symmetry axis): } I = \frac{1}{2}mR^2$$

$$\text{Solid sphere (diameter): } I = \frac{2}{5}mR^2$$

$$\text{Rod (perpendicular, centre): } I = \frac{1}{12}ml^2;\ \text{rod (perpendicular, end): } I = \frac{1}{3}ml^2$$

$$\text{Plate (perpendicular, centre): } I = \frac{1}{12}m(l^2 + w^2)$$

10 Practice Questions

18.1 Part 1: A thin hoop and a solid uniform cylinder each have mass 2.0 kg and radius 0.30 m. About their central symmetry axes, find I and α under a net torque of 0.90 N m.

الجزء الأول: حلقة رقيقة وأسطوانة مصمتة منتظمة، كتلة كل منهما 2.0 kg ونصف قطرها 0.30 m. حول محوري التناظر المركزيين احسب I وα عند عزم محصل 0.90 N m.

18.2 A uniform solid sphere has mass 5.0 kg and radius 0.20 m. Find I about a diameter and torque needed for α = 3.0 rad s⁻².

كرة مصمتة منتظمة كتلتها 5.0 kg ونصف قطرها 0.20 m. أوجد I حول قطر وعزمًا يحقق $\alpha = 3.0\ \text{rad s}^{-2}$.

18.3 A uniform 3.0 kg rod is 2.0 m long. Find I about perpendicular axes through its centre and one end, then α for 4.0 N m about each axis.

قضيب منتظم كتلته 3.0 kg وطوله 2.0 m. أوجد I حول محورين عموديين على القضيب: أحدهما بالمنتصف والآخر بالطرف، ثم α لعزم 4.0 N m حول كل محور.

18.4 A uniform rectangular plate has mass 6.0 kg and sides 0.40 m and 0.30 m. Find I about a perpendicular central axis and α under 0.50 N m.

لوح مستطيل منتظم كتلته 6.0 kg وبعداه 0.40 m و0.30 m. أوجد I حول محور عمودي مار بالمركز وα عند عزم 0.50 N m.

18.5 A wheel has I = 0.50 kg m². A driving torque of +4.0 N m and friction torque of −1.0 N m act. Find α and ω after 2.0 s from rest.

لعجلة $I = 0.50\ \text{kg m}^2$ ويؤثر عليها عزم محرك +4.0 N m واحتكاك −1.0 N m. أوجد α وω بعد 2.0 s من السكون.

18.6 Part 2: Define angular momentum about a fixed axis, write its equation and state its SI unit.

الجزء الثاني: عرّف الزخم الزاوي حول محور ثابت، واكتب معادلته ووحدته الدولية.

18.7 A rotor with I = 0.60 kg m² rotates at +8.0 rad s⁻¹. Find L.

يدور جسم عزم قصوره 0.60 kg m² بسرعة +8.0 rad s⁻¹. أوجد L.

18.8 State the angular impulse–momentum theorem. A constant +3.0 N m torque acts for 2.0 s; find angular impulse.

اذكر مبرهنة الدفع والزخم الزاويين. يؤثر عزم ثابت +3.0 N m لمدة 2.0 s؛ احسب الدفع الزاوي.

18.9 A body has initial L = +10 kg m² s⁻¹. An average torque of −2 N m acts for 3 s. Find final L and ω if I = 2 kg m².

لجسم زخم زاوي ابتدائي +10 kg m² s⁻¹. يؤثر عزم متوسط −2 N m لمدة 3 s. أوجد L النهائية وω إذا كان $I = 2\ \text{kg m}^2$.

18.10 A wheel with I = 0.40 kg m² slows from +12 to +3 rad s⁻¹ in 0.60 s. Find angular impulse and average torque.

تتباطأ عجلة عزم قصورها 0.40 kg m² من +12 إلى +3 rad s⁻¹ خلال 0.60 s. أوجد الدفع الزاوي والعزم المتوسط.

EXAM QUESTION 18 · ANSWERS

Rotational Dynamics & Angular Impulse

18.1 $I_{hoop} = 2(0.30)^2 = 0.18\ \text{kg m}^2$

$I_{cylinder} = \frac{1}{2} \times 2(0.30)^2 = 0.090\ \text{kg m}^2$

$\alpha_{hoop} = \frac{0.90}{0.18} = 5.0\ \text{rad s}^{-2}$

$\alpha_{cylinder} = \frac{0.90}{0.090} = 10\ \text{rad s}^{-2}$

18.2 $I = \frac{2}{5} \times 5.0 \times 0.20^2 = 0.080\ \text{kg m}^2$

$\tau = I\alpha = 0.080 \times 3.0 = 0.24\ \text{N m}$

18.3 $I_{centre} = \frac{1}{12} \times 3 \times 2^2 = 1.0\ \text{kg m}^2$

$I_{end} = \frac{1}{3} \times 3 \times 2^2 = 4.0\ \text{kg m}^2$

$\alpha_{centre} = 4.0\ \text{rad s}^{-2}$; $\alpha_{end} = 1.0\ \text{rad s}^{-2}$

18.4 $I = \frac{6.0}{12}(0.40^2 + 0.30^2) = 0.125\ kg\ m^2$

$\alpha = \frac{0.50}{0.125} = 4.0\ rad\ s^{-2}$

18.5 $\tau net = 4.0 - 1.0 = 3.0\ N\ m$

$\alpha = \frac{3.0}{0.50} = 6.0\ rad\ s^{-2}$

$\omega = \alpha t = 12\ rad\ s^{-1}$

18.6 *Angular momentum is moment of inertia times angular velocity: $L = I\omega$. Its unit is kg m² s⁻¹.*

الزخم الزاوي حاصل ضرب عزم القصور في السرعة الزاوية: $L = I\omega$، ووحدته $kg\ m^2\ s^{-1}$.

18.7 $L = I\omega = 0.60 \times 8.0 = +4.8\ kg\ m^2\ s^{-1}$

18.8 $\tau avg \Delta t = \Delta L$: *net angular impulse equals angular momentum change.*

$Jangular = 3.0 \times 2.0 = +6.0\ N\ m\ s$

الدفع الزاوي المحصل يساوي تغير الزخم الزاوي.

18.9 $Lf = Li + \tau \Delta t = 10 - 2(3) = +4\ kg\ m^2\ s^{-1}$

$\omega f = \frac{4}{2} = +2\ rad\ s^{-1}$

18.10 $\Delta L = I(\omega f - \omega i) = 0.40(3 - 12) = -3.6\ N\ m\ s$

$\tau avg = \frac{-3.6}{0.60} = -6.0\ N\ m$

---

almanahj.com/ae 2026 2025 موقع المناهج الإماراتية

EXAM QUESTION 19 · QUICK REVISION

Linear Momentum & Impulse Calculations

حسابات الزخم الخطي والدفع

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. Use p = mv to calculate momentum of different systems.	تطبيق $p = mv$ لحساب زخم أنظمة مختلفة.
2. Apply impulse–momentum theorem and solve impulse problems.	تطبيق مبرهنة الدفع والزخم وحل مسائل الدفع.

Quick Notes خلاصة الشرح

Choose a positive direction before substituting. Change in momentum is final minus initial, including signs.	اختر الاتجاه الموجب قبل التعويض. تغير الزخم يساوي النهائي ناقص الابتدائي مع مراعاة الإشارات.
Use net average force for total momentum change; separate contact force from weight when needed.	استخدم متوسط القوة المحصلة لتغير الزخم الكلي؛ وافصل قوة التلامس عن الوزن عند الحاجة.

$$p = mv;\ \Sigma p = \Sigma m_i v_i;\ J_{net} = p_f - p_i$$

$$F_{net,avg} = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

10 Practice Questions

19.1 A 1200 kg car travels at +15 m s⁻¹. Find its momentum.

تتحرك سيارة 1200 kg بسرعة +15 m s⁻¹. أوجد زخمها.

19.2 A 0.40 kg ball has momentum −6.0 kg m s⁻¹. Find its velocity.

لكرة 0.40 kg زخم −6.0 kg m s⁻¹. أوجد سرعتها.

19.3 Two objects have masses 2 kg and 4 kg and velocities +3 and −2 m s⁻¹. Find total momentum.

كتلتا جسمين 2 kg و4 kg وسرعتاهما +3 و−2 m s⁻¹. أوجد الزخم الكلي.

19.4 A 3.0 kg object changes velocity from +2 to +7 m s⁻¹. Find impulse and average net force over 0.50 s.

تتغير سرعة جسم 3.0 kg من +2 إلى +7 m s⁻¹. أوجد الدفع ومتوسط القوة المحصلة خلال 0.50 s.

19.5 A 0.20 kg ball moving at +12 m s⁻¹ rebounds at −8 m s⁻¹. Find impulse.

ترتد كرة 0.20 kg كانت تتحرك بسرعة +12 m s⁻¹ بسرعة −8 m s⁻¹. أوجد الدفع.

19.6 A +10 N net force acts on a 2.0 kg body for 0.60 s. Initial velocity is −1.0 m s⁻¹. Find final velocity.

تؤثر قوة محصلة +10 N على جسم 2.0 kg لمدة 0.60 s. سرعته الابتدائية −1.0 m s⁻¹. أوجد النهائية.

19.7 A 5.0 kg body at +4.0 m s⁻¹ is stopped by a constant net force of −8.0 N. Find stopping time.

يتوقف جسم 5.0 kg سرعته +4.0 m s⁻¹ بقوة محصلة ثابتة −8.0 N. أوجد زمن التوقف.

19.8 A triangular net force pulse has base 0.10 s and peak +40 N. It acts on a stationary 0.50 kg cart. Find impulse and final speed.

نبضة قوة محصلة مثلثة قاعدتها 0.10 s وقمتها +40 N، تؤثر على عربة ساكنة 0.50 kg. أوجد الدفع والسرعة النهائية.

19.9 Take upward as positive. A 0.50 kg ball falls at −4.0 m s⁻¹ and rebounds at +3.0 m s⁻¹ in 0.10 s. Find average net force, then average floor force. Use g = 9.8 m s⁻².

اعتبر الأعلى موجبًا. تسقط كرة 0.50 kg بسرعة −4.0 m s⁻¹ وترتد بسرعة +3.0 m s⁻¹ خلال 0.10 s. أوجد متوسط القوة المحصلة ثم متوسط قوة الأرضية، واستخدم g = 9.8 m s⁻².

19.10 A 1000 kg car reduces speed from 20 to 8 m s⁻¹ under a net average braking force of magnitude 3000 N. Find impulse and braking duration.

تقل سرعة سيارة 1000 kg من 20 إلى 8 m s⁻¹ بقوة كبح محصلة متوسطة مقدارها 3000 N. أوجد الدفع وزمن الكبح.

EXAM QUESTION 19 · ANSWERS

Linear Momentum & Impulse Calculations

19.1 $p = mv = 1200 \times 15 = +18000 \text{ kg m s}^{-1}$

19.2 $v = \frac{p}{m} = \frac{-6.0}{0.40} = -15 \text{ m s}^{-1}$

19.3 $p_{total} = 2(3) + 4(-2) = -2 \text{ kg m s}^{-1}$

19.4 $J = 3.0(7 - 2) = +15 \text{ N s}$

$F_{avg} = \frac{15}{0.50} = +30 \text{ N}$

19.5 $J = 0.20(-8 - 12) = -4.0 \text{ N s}$

19.6 $J = 10 \times 0.60 = +6.0 \text{ N s}$

$p_f = p_i + J = 2(-1) + 6 = 4 \text{ kg m s}^{-1}$

$v_f = \frac{4}{2} = +2 \text{ m s}^{-1}$

19.7 $J = 5.0(0 - 4.0) = -20 \text{ N s}$

$\Delta t = \frac{-20}{-8.0} = 2.50 \text{ s}$

19.8 $J = \frac{1}{2} \times 0.10 \times 40 = +2.0 \text{ N s}$

$v_f = \frac{J}{m} = \frac{2.0}{0.50} = +4.0 \text{ m s}^{-1}$

19.9 $\Delta p = 0.50[3 - (-4)] = +3.5 \text{ N s}$

$F_{net} = \frac{3.5}{0.10} = 35 \text{ N}$

$N - mg = F_{net} \Rightarrow N = 35 + 4.9 = 39.9 \text{ N}$

19.10 $J = 1000(8 - 20) = -12000 \text{ N s}$

$\Delta t = \frac{-12000}{-3000} = 4.0 \text{ s}$

EXAM QUESTION 20 · QUICK REVISION

Conservation, Recoil & Collision Impulse

الحفظ والارتداد ودفع التصادم

Learning Outcomes نواتج التعلّم

1. Explain and write the law of conservation of linear momentum.	شرح قانون حفظ الزخم الخطي وكتابته رياضيًا.
2. Define a system and solve one-dimensional conservation problems, including recoil and space propulsion.	تعريف النظام وحل مسائل الحفظ في بعد واحد، بما فيها الارتداد والدفع الفضائي.
3. Apply the impulse–momentum theorem to relevant problems.	تطبيق مبرهنة الدفع والزخم على المسائل المرتبطة.

Quick Notes خلاصة الشرح

Begin with the combined system to conserve momentum, then isolate one object to calculate its impulse.	ابدأ بالنظام المركب لحفظ الزخم، ثم اختر جسمًا واحدًا لحساب دفعه.
State the frame used for each velocity. External impulse makes pf = pi + Jext.	حدد الإطار المرجعي لكل سرعة. عند وجود دفع خارجي تصبح $p_f = p_i + J_{ext}$.

$$\Sigma p_i = \Sigma p_f \ (J_{ext} = 0); \quad J_{object} = m(v_f - v_i)$$

10 Practice Questions

20.1 State linear momentum conservation and write its two-object equation with signed velocities.

اذكر قانون حفظ الزخم الخطي واكتب معادلته لجسمين باستخدام السرعات بإشاراتها.

20.2 A 3 kg cart at +4 m s⁻¹ sticks to a stationary 1 kg cart. Find final velocity and impulse on each cart.

تلتصق عربة $3\ kg$ سرعتها $+4\ m\ s^{-1}$ بعربة ساكنة $1\ kg$. أوجد السرعة النهائية ودفع كل عربة.

20.3 Carts of 2 kg and 3 kg approach at +6 and −2 m s⁻¹ and stick. Find common velocity and impulse on the 2 kg cart.

تقترب عربتان كتلتهما $2\ kg$ و$3\ kg$ بسرعتين $+6$ و$-2\ m\ s^{-1}$ وتلتصقان. أوجد السرعة المشتركة ودفع العربة $2\ kg$.

20.4 A 4.0 kg launcher initially at rest fires a 0.020 kg projectile at +200 m s⁻¹ relative to the ground. Find recoil velocity.

يطلق قاذف ساكن كتلته $4.0\ kg$ مقذوفًا $0.020\ kg$ بسرعة $+200\ m\ s^{-1}$ بالنسبة للأرض. أوجد سرعة الارتداد.

20.5 A stationary spacecraft ejects a 2 kg package at −30 m s⁻¹ relative to an inertial frame. The remaining spacecraft mass is 300 kg. Find spacecraft velocity.

تقذف مركبة فضائية ساكنة حزمة $2\ kg$ بسرعة $-30\ m\ s^{-1}$ بالنسبة لإطار قصوري. كتلة المركبة المتبقية $300\ kg$. أوجد سرعتها.

20.6 A 1 kg cart initially at +8 m s⁻¹ hits a stationary cart of unknown mass. They stick and move at +2 m s⁻¹. Find the unknown mass.

تصطدم عربة $1\ kg$ سرعتها $+8\ m\ s^{-1}$ بعربة ساكنة مجهولة الكتلة. تلتصقان وتتحركان بسرعة $+2\ m\ s^{-1}$. أوجد الكتلة المجهولة.

20.7 A 2 kg cart at +5 m s⁻¹ hits a stationary 3 kg cart. The first rebounds at −1 m s⁻¹. Find the second velocity and the first cart's impulse.

تصطدم عربة 2 kg سرعتها +5 m s⁻¹ بعربة ساكنة 3 kg. ترتد الأولى بسرعة −1 m s⁻¹. أوجد سرعة الثانية ودفع الأولى.

20.8 A 2 kg cart changes from +5 to −1 m s⁻¹ in a 0.030 s collision with another cart. Find the average contact force on each; neglect other horizontal forces.

تتغير سرعة عربة 2 kg من +5 إلى −1 m s⁻¹ خلال تصادم مدته 0.030 s مع عربة أخرى. أوجد متوسط قوة التلامس على كل منهما، وأهمل القوى الأفقية الأخرى.

20.9 A 2 kg cart at +4 m s⁻¹ sticks to a stationary 2 kg cart. An external impulse of −2 N s acts during the collision. Find final common velocity.

تلتصق عربة 2 kg سرعتها +4 m s⁻¹ بعربة ساكنة 2 kg. يؤثر دفع خارجي −2 N s أثناء التصادم. أوجد السرعة المشتركة النهائية.

20.10 Two initially stationary skaters of masses 50 kg and 75 kg push apart. The 50 kg skater moves at +3.0 m s⁻¹. Find the other velocity and both impulses.

يدفع متزلجان ساكنان أولًا أحدهما الآخر، وكتلتاهما 50 kg و75 kg. يتحرك الأول بسرعة +3.0 m s⁻¹. أوجد سرعة الآخر والدفع على كل منهما.

EXAM QUESTION 20 · ANSWERS

Conservation, Recoil & Collision Impulse

20.1 *With negligible external impulse, total momentum is constant:*
$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$.

عند إهمال الدفع الخارجي يبقى الزخم الكلي ثابتًا.

20.2 $v_f = \dfrac{3 \times 4}{3 + 1} = +3\ m\ s^{-1}$

$J_1 = 3(3 - 4) = -3\ N\ s$

$J_2 = 1(3 - 0) = +3\ N\ s$

20.3 $v_f = \dfrac{2(6) + 3(-2)}{2 + 3} = +1.2\ m\ s^{-1}$

$J_1 = 2(1.2 - 6) = -9.6\ N\ s$

20.4 $0 = 4.0v + 0.020(200)$

$v = -\dfrac{4.0}{4.0} = -1.0\ m\ s^{-1}$

20.5 $0 = 300v + 2(-30)$

$v = \dfrac{60}{300} = +0.20\ m\ s^{-1}$

20.6 $1(8) = (1 + m)2$

$8 = 2 + 2m \Rightarrow m = 3\ kg$

20.7 $2(5) = 2(-1) + 3v_2$

$v_2 = \frac{12}{3} = +4\ m\ s^{-1}$

$J_1 = 2(-1 - 5) = -12\ N\ s$

20.8 $F_1 = \frac{-12}{0.030} = -400\ N$

$F_2 = +400\ N$

20.9 $pf = pi + Jext = 2(4) - 2 = 6\ kg\ m\ s^{-1}$

$vf = \frac{6}{2 + 2} = +1.5\ m\ s^{-1}$

20.10 $0 = 50(3.0) + 75v_2 \Rightarrow v_2 = -2.0\ m\ s^{-1}$

$J_1 = +150\ N\ s;\ J_2 = -150\ N\ s$
