متوافق مع
نظام المقررات

كتاب + دفتر

PHYS 1

التبسيط و دفتر تدريبات

الفيزياء 1

تأليف
ناصر بن عبدالعزيز آل عبدالكريم
والفريق العلمي في دار الحرف

دورات الحرف

- اختبار القدرات
- الاختبار التحصيلي
- كفايات المعلمين

زيادة في درجتك تصل إلى **23** درجة

معدل درجات المشتركين أعلى من المعدل العام بـ **11** درجة

حقق بعض المشتركين الدرجة الكاملة **%100**

الدورات الحضورية
في المدن التالية

الدورات الإلكترونية المباشرة (online)
في جميع المدن (تدرب وأنت في بيتك)

دار الحرف
daralharf.com

للاطلاع على التجارب الموثقة للمشتركين والتسجيل
daralharf.com

للاستفسار
050 154 2222
050 154 9000

متوافق مع نظام المقررات

دار الحرف
daralharf.com

دفتر تبسيط وتدريبات

الفيزياء 1

دفتر تبسيط وتدريبات

الفيزياء 1

© ناصر بن عبدالعزيز آل عبدالكريم ، ١٤٣٩هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد أثناء النشر

آل عبدالكريم ، ناصر بن عبدالعزيز بن ناصر
دفتر تبسيط وتدريبات الفيزياء ١. / ناصر بن عبدالعزيز
آل عبدالكريم ـ الرياض ، ١٤٣٩ هـ

١٤٤ صفحة ؛ ٢٢×٢٤ سم

ردمك: ٣-٧٢٥٦-٠٢-٦٠٣-٩٧٨

١- الفيزياء ـ كتب دراسية ٢- الفيزياء ـ السعودية ـ كتب إرشادية
٣- التعليم الثانوي ـ السعودية ـ كتب إرشادية أ العنوان

ديوي ٥٣٠,٠٧١٢ ١٤٣٩/٨٤٥٨

رقم الإيداع: ١٤٣٩/٨٤٥٨
ردمك: ٣-٧٢٥٦-٠٢-٦٠٣-٩٧٨

حقوق الطبع محفوظة كلها. لا يُسمح بطبع أيّ جزء من أجزاء هذا الكتاب، أو خزنه في أيّ نظام لخزن المعلومات واسترجاعها، أو نقله على أيّة هيئة أو بأيّة وسيلة سواءً كانت إلكترونية أو شرائط ممغنطة أو ميكانيكية، أو استنساخًا، أو تسجيلاً، أو غيرها إلا بإذن كتابيّ من مالك حق الطبع.

المقدمة

الحمد لله رب العالمين وصلى الله وسلم على نبينا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين وبعد:

فقد حرصنا أن يكون أسلوب عرض هذا الكتاب ـ وإصدارات دار الحرف بشكل عام ـ مبسطاً قدر المستطاع ليتمكن الطلاب والطالبات من الاستفادة منه بأقل جهد.

كما بذلنا ما استطعنا من جهد أن تجمع إصدارات الدار بين الاختصار والشمولية.

نسأل الله تعالى أن يوفق الجميع لكل خير إنه على كل شيءٍ قدير.

ناصر بن عبد العزيز آل عبد الكريم

الرياض

المحتويات

الفصل الأول: مدخل إلى علم الفيزياء	٥
الفصل الثاني: تمثيل الحركة	١٧
الفصل الثالث: الحركة المتسارعة	٣١
الفصل الرابع: القوى في بُعد واحد	٤٩
الفصل الخامس: القوى في بُعدين	٦٩
الفصل السادس: الحركة في بُعدين	٩٧
الفصل السابع: الجاذبية	١١٧

الفصل الأول

مدخل إلى علم الفيزياء

▼ 1-1 الرياضيات والفيزياء ▼

علم الفيزياء

- **تعريفه:** فرع العلوم المعني بدراسة العالم الطبيعي: الطاقة والمادة وكيفية ارتباطهما.
- **أمثلة من موضوعاته ..**
  - طبيعة حركة الإلكترونات والصواريخ.
  - الطاقة في الموجات الضوئية والصوتية وفي الدوائر الكهربائية.
- **هدف دراسته:** فهم العالم الفيزيائي من حولنا.
- **من مجالات عمل دارسي الفيزياء ..**
  - باحثين في الجامعات والكليات أو في المصانع ومراكز البحث.
  - في مجالات مرتبطة بالفيزياء مثل: الفلك والهندسة وعلم الكمبيوتر والتعليم والصيدلة.
  - يستعملون مهارات اكتسبوها من دراسة الفيزياء في مجالات الأعمال التجارية والمالية.
- **علاقة الفيزياء بالرياضيات ..**
  - تستخدم الرموز الرياضية للتعبير عن القوانين والظواهر الطبيعية بشكل واضح.
  - تستخدم المعادلات لوضع نماذج للمشاهدات وتوقعات لتفسير الظواهر الفيزيائية.
  - مثال للعلاقة ..

$$V = IR$$

V فرق الجهد الكهربائي ووحدة قياسه الڤولت [V]

I شدة التيار الكهربائي ووحدة قياسها الأمبير [A]

R مقاومة الموصل الكهربائي ووحدة قياسها الأوم [Ω]

مثال توضيحي

1 ص11: وُصِّل مصباح كهربائي مقاومته 50 Ω في دائرة كهربائية مع بطارية فرق جهدها 9 V ، ما مقدار التيار الكهربائي المار في المصباح؟

- **الحل:** نعيد كتابة المعادلة لجعل المجهول (المطلوب) في الطرف الأيسر بمفرده ..

$$V = IR$$

$$IR = V \quad \text{(عكسنا طرفي المعادلة)}$$

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{(قسمنا الطرفين على I)}$$

$$I = \frac{9}{50} = 0.18\,A$$

01/1 اختر: إذا درس طالب الطاقة والمادة وكيف يرتبط أحدهما بالآخر؛ فإنه يدرس علم ..

A الكيمياء

B الأحياء

C الأرض

D الفيزياء

02/1 املأ الفراغ: الهدف من دراسة علم الفيزياء فهم العالم ..... من حولنا.

A الكوني

B الفيزيائي

C الحي

D الخارجي

03/1 ضع ✓ أو × : فائدة استخدام الرموز الرياضية في الفيزياء هي التعبير عن القوانين والظواهر الطبيعية بشكل واضح.

الطريقة العلمية

◄ **المقصود بها:** أسلوب للإجابة عن تساؤلات علمية بهدف تفسير الظواهر الطبيعية المختلفة.

◄ **خطواتها ..**

١ ◄ تحديد المشكلة. ٢ ◄ جمع المعلومات. ٣ ◄ وضع الفرضية. ٤ ◄ اختبار صحة الفرضية. ٥ ◄ تحليل البيانات. ٦ ◄ الاستنتاج.

◄ **الفرضية:** تخمين علمي عن كيفية ارتباط المتغيرات بعضها مع بعض.

◄ **اختبار صحتها:** عن طريق تصميم التجارب العلمية وتنفيذها وتسجيل النتائج وتنظيمها ثم تحليلها.

◄ **فائدة:** يجب أن تكون التجارب والنتائج قابلة للتكرار.

النماذج العلمية

◄ **المقصود بها:** نمذجة فكرة أو معادلة أو تركيب أو نظام لظاهرة نحاول تفسيرها.

◄ **من أمثلتها:** النماذج الذرية حيث تعاقب ظهورها بهدف تفسير المشاهدات والقياسات الحديثة.

◄ **اختبار النماذج ووضع نماذج جديدة:** إذا أجريت تجارب لاحقة نتجت عنها معلومات جديدة أو اكتشفت معلومات لا تتفق مع النماذج القديمة يمكن وضع نماذج جديدة تفسر المعلومات الجديدة.

القانون العلمي والنظرية العلمية

◄ **القانون العلمي:** قاعدة طبيعية تجمع مشاهدات مترابطة لوصف ظاهرة طبيعية متكررة.

◄ **من أمثلته:** قانون حفظ الطاقة، قانون الانعكاس.

◄ **تنبيه:** القانون العلمي يصف الظاهرة لكنه لا يفسر سبب حدوثها.

◄ **النظرية العلمية:** إطار يجمع بين عناصر البناء العلمي في موضوع من موضوعات العلم وهو قادر على تفسير المشاهدات والملاحظات المدعومة بنتائج تجريبية.

◄ **من أمثلتها: نظرية الجاذبية الكونية** التي تنص على أن «جميع الكتل في الكون تنجذب إلى كتل أخرى ويجذب بعضها بعضاً».

◄ **تنبيه:** النظرية العلمية تفسر سبب حدوث الظاهرة.

04/1 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** أسلوب للإجابة عن تساؤلات علمية بهدف تفسير الظواهر الطبيعية المختلفة.

05/1 ◄ **اختر:** أولى خطوات الطريقة العلمية في حل المشكلات ..

A تحديد المشكلة B وضع الفرضيات

C جمع المعلومات D تحليل البيانات

06/1 ◄ **املأ الفراغ:** يتم اختبار صحة الفرضية بتصميم ..... وتنفيذها وتسجيل ..... وتنظيمها ثم تحليلها.

07/1 ◄ ضع ✓ أو × : يكون الدليل العلمي موثوقًا به حتى لو كانت التجارب والنتائج غير قابلة للتكرار.

08/1 ◄ **املأ الفراغ:** من أمثلة النماذج العلمية .....

09/1 ◄ ضع ✓ أو × : إذا اكتشفت معلومات جديدة لا تتوافق مع النماذج القديمة يتم وضع نماذج جديدة تتوافق مع تلك المعلومات.

10/1 ◄ ضع ✓ أو × : القانون العلمي يصف الظاهرة لكنه لا يفسر سبب حدوثها.

11/1 ◄ **اختر:** «جميع الكتل في الكون تنجذب إلى كتل أخرى ويجذب بعضها بعضاً» ..

A قانون علمي B نتيجة علمية

C نظرية علمية D فرضية

1-2 القياس

القياس

- **تعريفه:** مقارنة كمية مجهولة بأخرى معيارية.
- **أهميته:** يحول المشاهدات إلى مقادير كمية يمكن التعبير عنها بالأرقام.
- **من أمثلته:** قياس ضغط الدم ، قياس مستوى الحديد في الدم ، قياس الأطوال والكتل.
- **عناصره:** الكمية الفيزيائية ، أداة القياس ، وحدة القياس.
- **مثال توضيحي ..**

الكمية المجهولة	الكمية المعيارية (وحدة القياس)
كتلة الجسم m	الكيلوجرام kg

النظام الدولي للوحدات (SI)

- **أنظمة الوحدات:** وحدات قياس معيارية متفق عليها لتعميم النتائج بشكل يفهمه الناس كلهم.
- **النظام الدولي للوحدات:** أوسع أنظمة الوحدات انتشاراً في جميع أنحاء العالم.
  - **أهم مميزاته:** سهولة التحويل بين وحداته.
- **أنواع الكميات في النظام الدولي:** كميات أساسية ، كميات مشتقة.
- **الكميات الأساسية:** كميات حُدِّدت وحداتها بالقياس المباشر.

الكمية	الطول	الكتلة	الزمن	درجة الحرارة	كمية المادة	التيار الكهربائي	شدة الإضاءة
الوحدة	متر	كيلوجرام	ثانية	كلفن	مول	أمبير	قنديلة
رمزها	m	kg	s	K	mol	A	cd

- **الكميات المشتقة:** كميات اشتقت وحداتها من الوحدات الأساسية.
  - **من وحدات الكميات المشتقة:** وحدة قياس السرعة ..

$$\text{وحدة قياس السرعة} = \frac{\text{وحدة قياس المسافة}}{\text{وحدة قياس الزمن}} = \frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{m/s}$$

12/2 اختر: مقارنة كمية مجهولة بأخرى معيارية ..

A القياس B الدقة

C الضبط D الطريقة العلمية

13/1 املأ الفراغ: تكمن أهمية القياس في أنه يحول المشاهدات إلى ..... .

14/1 املأ الفراغ: عناصر عملية القياس هي ..... و ..... و ..... .

15/1 اختر: يرمز للنظام الدولي بالرمز ..

A SI B MI

C Tr D Gl

16/1 ضع ✓ أو × : الكميات المشتقة كميات اشتقت وحداتها من الوحدات الأساسية.

17/1 اختر: إذا كانت الكثافة = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$ ، وكانت وحدة قياس الكتلة kg ووحدة قياس الحجم m^3 ؛ فإن وحدة قياس الكثافة ..

A kg/m B kg/m^3

C m/kg^3 D kg/m^2

18/1 اختر: إحدى الكميات التالية كمية مشتقة ..

A كمية المادة B درجة الحرارة

C الحجم D الطول

19 ◄ اختر: النانو ثانية تعادل ..... ثانية.

A 10^{-3}

B 10^{-6}

C 10^{-9}

D 10^{-12}

20 ◄ اختر: إحدى البادئات التالية أقل من الواحد الصحيح ..

A k

B μ

C M

D G

21 ◄ املأ الفراغ: ..... km = 5201 m .

22 ◄ اختر: المسافة بين مدينتي الطائف و جدة 180 km ، كم تكون هذه المسافة بالأمتار؟

A 180×10^{-3}

B 1800

C 18×10^{4}

D 180×10^{6}

23 ◄ املأ الفراغ: ..... g = 43 kg .

24 ◄ اختر: أي القيم التالية تساوي 86.2 cm ؟

A 8.62 m

B 0.862 mm

C 862 dm

D 8.62×10^{-4} km

بادئات التحويل (أجزاء ومضاعفات)

البادئة		الرمز	المضروب فيه	القوة
femto	فيمتو	f	0.000000000000001	10^{-15}
pico	بيكو	P	0.000000000001	10^{-12}
nano	نانو	n	0.000000001	10^{-9}
micro	ميكرو	μ	0.000001	10^{-6}
milli	ميللي	m	0.001	10^{-3}
centi	سنتي	c	0.01	10^{-2}
deci	ديسي	d	0.1	10^{-1}
kilo	كيلو	k	1000	10^{3}
mega	ميجا	M	1000000	10^{6}
giga	جيجا	G	1000000000	10^{9}
tera	تيرا	T	1000000000000	10^{12}

تحليل الوحدات

◄ **المقصود بها:** طريقة في التعامل مع الوحدات بوصفها كميات جبرية، بحيث يمكن إلغاؤها، ويمكن أن تستخدم للتأكد من أن وحدات الإجابة صحيحة.

◄ **خطواتها:** اختيار مُعامل التحويل ، شطب الوحدات المتشابهة.

◄ **بعض أهم التحويلات ..**

من جرام إلى كيلوجرام	$g \xrightarrow{\div 1000} kg$
من كيلوجرام إلى جرام	$kg \xrightarrow{\times 1000} g$
من ساعة إلى ثانية	$h \xrightarrow{\times 3600} s$

◄ **تنبيه:** تحول علامة الضرب إلى قسمة عندما نقوم بعكس اتجاه عملية التحويل.

◄ **مثال توضيحي (١):** تحويل 1.34 kg من الحديد إلى جرامات (g) ..

$$1.34\ \cancel{kg}\left(\frac{1000\ g}{1\ \cancel{kg}}\right) = 1340\ g$$

◄ **مثال توضيحي (٢):** تحويل 72 km/h إلى m/s ..

$$\left(\frac{72\ \cancel{km}}{1\ \cancel{h}}\right)\left(\frac{1000\ m}{1\ \cancel{km}}\right)\left(\frac{1\ \cancel{h}}{3600\ s}\right) = 20\ m/s$$

25 ◄ اكتب المصطلح العلمي: درجة الإتقان في القياس.

26 ◄ اختر: قيمة دقة القياس تساوي .....
قيمة أصغر تدريج في أداة القياس.

A ربع　　B نصف
C خمس　　D ضعف

27 ◄ اختر: مسطرة مدرجة إلى وحدات كل منها 2 mm ، إن دقة قياسها تساوي ..

A 0.2 mm　　B 1 mm
C 2 mm　　D 0.1 mm

28 ◄ اكتب المصطلح العلمي: اتفاق نتائج القياس مع القيمة المقبولة في القياس.

29 ◄ اختر: الطريقة الشائعة لاختبار ضبط جهاز تتم عن طريق ..

A زاوية النظر
B معايرة النقطة
C معايرة النقطتين
D تصفير الجهاز

30 ◄ املأ الفراغ: تتم طريقة معايرة النقطتين بمعايرة ..... ثم معايرة ..... .

31 ◄ اختر: طريقة قراءة التدريج تكون بالنظر إليه ..

A عموديًا على التدريج
B مائلاً عن مستوى التدريج لأعلى
C مائلاً عن مستوى التدريج لأسفل
D جميع ما سبق صحيح

دقة القياس

◄ **المقصود بها:** درجة الإتقان في القياس.

◄ **قيمتها ..**

◄ كلما كانت تدريجات أداة القياس بقيم أصغر كانت قياساتها أكثر دقة.

◄ دقة القياس تساوي نصف قيمة أصغر تدريج في أداة القياس.

◄ **مثال١:** مسطرة مقسمة إلى تدريجات كل منها يساوي 0.1 cm ؛ إن دقة القياس لها تصل إلى 0.05 cm .

◄ **مثال٢:** مسطرة مقسمة إلى تدريجات كل منها يساوي 0.5 cm ؛ إن دقة القياس لها تصل إلى 0.25 cm .

ضبط القياس

◄ **المقصود به:** اتفاق نتائج القياس مع القيمة المقبولة في القياس.

◄ **طريقة معايرة النقطتين ..**

◄ هي الطريقة الشائعة لاختبار الضبط للأجهزة.

◄ **الطريقة:** معايرة صفر الجهاز ثم معايرة الجهاز.

اختلاف زاوية النظر

◄ **تعريفه:** التغير الظاهري في موضع الجسم عند النظر إليه من زوايا مختلفة.

◄ **علاقته بالضبط:** من أكثر الأخطاء شيوعًا قراءة التدريج بشكل مائل فنحصل على قراءة غير مضبوطة.

◄ **تعليل:** يجب أن تُقرأ التدريجات بالنظر إليها عموديًا بعين واحدة لكي لا يحدث تغير ظاهري في الموضع فنحصل على قراءة غير مضبوطة.

▼ حلول الفصل الأول ▼

1-1 الرياضيات والفيزياء

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
D	B	✓	الطريقة العلمية	A	التجارب العلمية ، النتائج	×	النماذج الذرية	✓	✓	C

1-2 القياس

12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	مقادير كمية	الكمية الفيزيائية ، أداة القياس ، وحدة القياس	A	✓	B	C	C	B

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
5.201	C	43000	D	دقة القياس	B	B	ضبط القياس	C	صفر الجهاز ، الجهاز	A

الفصل الثاني

تمثيل الحركة

▼ 2-1 تصوير الحركة ▼

الحركة

- **أنواعها:** خط مستقيم ، دائرة ، منحني ، على شكل اهتزاز.
- **وصفها:** توصف الحركة بتحديد مكان الجسم وزمانه.
- **مخطط الحركة:** سلسلة من الصور المتتابعة تُظهِر مواقع جسم متحرك في فترات زمنية متساوية.
- **مثال:** التقاط عدة صور لعَدَّاء على فترات زمنية منتظمة ودمجها في صورة واحدة كما في الصورة.

- **نموذج الجسيم النقطي:** تمثيل لحركة الجسم بسلسلة متتابعة من النقاط المفردة.
- **تنبيه:** في نموذج الجسيم النقطي توضع مجموعة من النقاط المفردة المتتالية بدلاً من الجسم في مخطط الحركة.

01/2 **املأ الفراغ:** توصف حركة جسم بتحديد ..... و ..... الجسم.

02/2 **اكتب المصطلح العلمي:** ترتيب لمجموعة من الصور المتتابعة تظهر مواقع جسم متحرك في فترات زمنية متساوية.

03/2 **اكتب المصطلح العلمي:** تمثيل لحركة الجسم بسلسلة متتابعة من النقاط المفردة.

04/2 ضع ✓ أو × : في نموذج الجسيم النقطي توضع مجموعة من النقاط المفردة المتتالية بدلاً من الجسم في مخطط الحركة.

▼ 2-2 الموقع والزمن ▼

النظام الإحداثي

◄ **تعريفه:** نظام يعين موقع نقطة الأصل بالنسبة إلى المتغير الذي تدرسه والاتجاه الذي تتزايد فيه قيم هذا المتغير.

◄ **نقطة الأصل في النظام الإحداثي:** النقطة التي تكون عندها قيمة كل من المتغيرين صفراً.

أنواع الكميات الفيزيائية

◄ **تنقسم الكميات الفيزيائية إلى ..**

كميات عددية (قياسية)	كميات متجهة
كميات فيزيائية يكفي لتعيينها تحديد مقدارها فقط	كميات فيزيائية يتطلب تعيينها تحديد مقدارها واتجاهها
مثل: المسافة ، الزمن ، درجة الحرارة	**مثل:** الإزاحة ، القوة ، التسارع
مثال على جمع الكميات العددية .. $7\text{ km} + 3\text{ km} = 10\text{ km}$	مثال على محصلة الكميات المتجهة .. $7\text{ km}_{\text{شرقًا}} + 3\text{ km}_{\text{غربًا}} = 4\text{ km}_{\text{شرقًا}}$

◄ **تنبيه:** الكميات المتجهة ستكون رموزها بخط سميك مثل $\boldsymbol{d}$ ، أما الكميات العددية فستكون رموزها بخط عادي مثل d .

الفترة الزمنية والإزاحة

◄ **الفترة الزمنية:** الفرق بين الزمن النهائي والزمن الابتدائي.

◄ **حساب الفترة الزمنية ..**

$$\Delta t = t_f - t_i$$

Δt الفترة الزمنية [s] $\quad t_f$ الزمن النهائي [s] $\quad t_i$ الزمن الابتدائي [s]

◄ **الإزاحة:** كمية فيزيائية متجهة تمثل مقدار التغير الذي يحدث لموقع الجسم في اتجاه معين.

◄ **تنبيه:** الإزاحة كمية متجهة تحدد بالمقدار والاتجاه أما المسافة كمية قياسية تحدد بالمقدار فقط.

05 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** نظام يعين موقع نقطة الأصل بالنسبة إلى المتغير الذي تدرسه والاتجاه الذي تتزايد فيه قيم هذا المتغير.

06 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** نقطة في النظام الإحداثي تكون عندها قيمة كل من المتغيرين صفراً.

07 ◄ **اختر:** من أمثلة الكميات القياسية ..

A التسارع B الإزاحة

C المسافة D القوة

08 ◄ **اختر:** إحدى الكميات التالية كمية فيزيائية متجهة ..

A الزمن B الإزاحة

C الكتلة D المسافة

09 ◄ **اختر:** الكميات التالية كميات قياسية ما عدا ..

A الزمن B القوة

C درجة الحرارة D الحجم

10 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** كمية فيزيائية متجهة تمثل مقدار التغير الذي يحدث لموقع الجسم في اتجاه معين خلال فترة زمنية محددة.

11/2 ◄ اختر: تمثل الإزاحة بسهم بحيث يشير رأس السهم إلى ..

A موقع بداية الحركة

B موقع نهاية الحركة

C طول المسافة المقطوعة

D طول الإزاحة المقطوعة

12/2 ◄ اختر: ذهب محمد من الشرق للغرب 20 m وعاد للشرق 15 m ، احسب المسافة والإزاحة ..

A المسافة 5 m والإزاحة 35 m

B المسافة 5 m والإزاحة 5 m

C المسافة 35 m والإزاحة 5 m

D المسافة 35 m والإزاحة 35 m

تمثيل الإزاحة وحسابها

◄ **تمثيل الإزاحة:** تُمثل الإزاحة بسهم ..

◄ ذيله يشير لموقع بداية الحركة.

◄ رأسه يشير لموقع نهاية الحركة.

◄ طوله يمثل مقدار المسافة المقطوعة.

◄ **حساب الإزاحة ..**

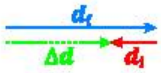
$$\Delta d = d_f - d_i$$

Δd متجه الإزاحة [m] d_i متجه الموقع الابتدائي [m]

d_f متجه الموقع النهائي [m]

أمثلة على تمثيل الإزاحة

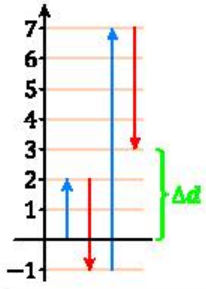
◄ **مثال1:** تحرك جسم مسافة 10 cm في اتجاه الشرق ثم عاد مسافة 3 cm في اتجاه الغرب، احسب الإزاحة المقطوعة.



◄ **الحل:**

$$\Delta d = d_f - d_i = 10 - 3 = 7 \text{ cm}$$

◄ **مثال2:** احسب الإزاحة الكلية لمتسابق في متاهة إذا سلك المسار التالي داخل المتاهة: البداية، 2 m شمالاً، 3 m جنوباً، 8 m شمالاً، 4 m جنوباً، النهاية.

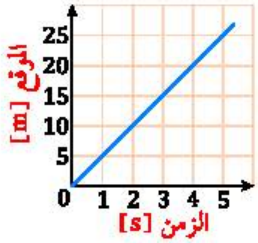


◄ **الحل:**

$$\Delta d = d_f - d_i = 10 - 3 = 7 \text{ cm}$$

2-3 منحنى (الموقع ـ الزمن)

منحنى (الموقع ـ الزمن)



◄ **المقصود به:** رسم بياني يستخدم في تحديد موقع الجسم وحساب سرعته المتجهة وتحديد نقاط التقاء جسمين متحركين، ويُرسم بتثبيت بيانات الزمن على المحور الأفقي وبيانات الموقع على المحور الرأسي.

◄ **فوائده ..**

- يمكن بواسطته تحديد موضع الجسم عند أيّ زمن.
- يمكن بواسطته حساب قيمة الزمن عند أيّ موضع.

◄ **التمثيلات المتكافئة:** هي طرق متكافئة لوصف الحركة أي تحوي المعلومات نفسها عن الحركة، وهي ..

- الكلمات.
- مخططات الحركة.
- منحنيات (الموقع ـ الزمن).
- الصور (التمثيل التصويري).
- جداول البيانات.

أمثلة على منحنى (الموقع ـ الزمن)

◄ **مثال١:** يوضح الرسم البياني المجاور حركة عدّاء ..

منحنى (الموقع ـ الزمن)

(a) متى كان العداء على بعد 15 m من نقطة البداية؟

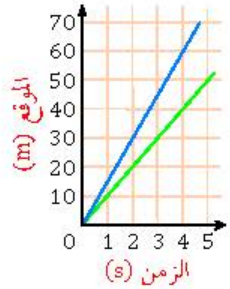
(b) ما موقع العداء بعد مضي 5 s ؟

◄ **الحل:** من الرسم البياني يتضح أنه ..

(a) عندما $y = 15$ فإن $x = 3$ ؛ أي أن $t = 3\ \text{s}$.

(b) عندما $x = 5$ فإن $y = 25$ ؛ أي أن $d = 25\ \text{m}$.

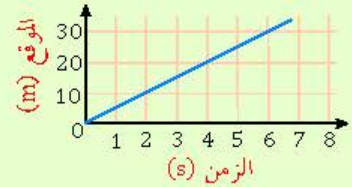
◄ **مثال٢:** الرسم البياني المجاور يمثل حركة عدائين: عند الزمن 4 s ، احسب المسافة الفاصلة بينهما بالمتر.



◄ **الحل:** عند الزمن 4 s نجد أن ..

$$\text{الفاصل} = 60 - 40 = 20\ \text{m}$$

13/2 ◄ اختر: الشكل التالي يمثل حركة جسم خلال فترة زمنية، أي العبارات التالية صحيحة؟



A بعد مرور 3 s قطع الجسم مسافة 45 m

B بعد مرور 4 s قطع الجسم مسافة 5 m

C بعد مرور 5 s قطع الجسم مسافة 20 m

D بعد مرور 6 s قطع الجسم مسافة 30 m

14/2 ◄ اختر: الرسم البياني التالي يمثل حركة طالب بالنسبة لمدرسته، أي التالي صحيح؟

A بدأ الطالب تحركه من عند المدرسة

B ظل الطالب واقفًا لمدة 10 s

C وصل الطالب إلى المدرسة بعد 15 s

D كان بُعد الطالب 10 m بعد 10 s من تحركه

2-4 السرعة المتجهة

السرعة المتجهة المتوسطة

◄ تعريفها: التغير في الموقع مقســـوماً على مقدار الفترة الزمنية التي حدث خلالها هذا التغير.

◄ فائدة: السرعة المتجهة المتوسطة تساوي ميل الخط البياني في منحنى (الموقع ـ الزمن).

◄ حساب السرعة المتجهة المتوسطة ..

$$\overline{v} = \frac{\Delta d}{\Delta t} \qquad \overline{v} = \frac{d_f - d_i}{t_f - t_i}$$

$\overline{v}$ السرعة المتجهة [m/s] — d_i متجه الموقع الابتدائي [m]

Δd التغير في الموقع [m] — t_f الزمن النهائي [s]

Δt التغير في الزمن [s] — t_i الزمن الابتدائي [s]

d_f متجه الموقع النهائي [m]

معادلة الحركة للسرعة المتجهة المتوسطة

◄ العلاقة الرياضية ..

$$d = \overline{v}t + d_i$$

d متجه موقع الجسم المتحرك [m] — t الزمن [s]

$\overline{v}$ السرعة المتجهة المتوسطة [m/s] — d_i متجه الموقع الابتدائي للجسم [m]

السرعة المتجهة اللحظية

◄ تعريفها: السرعة المتجهة في لحظة معينة.

◄ فائدة: الجسم الذي يسير بسرعة منتظمة تكون السرعة المتجهة اللحظية له ثابتة وتكون مساوية لسرعة الجسم المتجهة المتوسطة.

15/2 ◄ اكتب المصـــطلح العلمي: التغير في الموقع مقســـوماً على مقدار الفترة الزمنية التي حدث خلالها هذا التغير.

16/2 ◄ اختر: الســـرعة ..... تســـاوي مقدار ميل الخط البياني في منحنى (الموقع ـ الزمن).

A المتجهة المتوسطة

B المتوسطة

C المتجهة اللحظية

D الابتدائية

17/2 ◄ املأ الفراغ: الســـرعة المتجهة في لحظة معينة تُسمى السرعة المتجهة ..... .

18/2 ◄ ضع ✓ أو × : السرعة المتوسطة كمية عددية لا اتجاه لها.

19/2 ◄ اختر: السرعة ..... تساوي القيمة المطلقة لميل الخط البياني في منحنى (الموقع ـ الزمن).

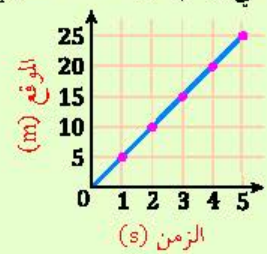
A المتجهة المتوسطة

B المتوسطة

C المتجهة اللحظية

D الابتدائية

20/2 ◄ اختر: الشكل التالي يمثل حركة عداء، إن السرعة التي يتحرك بها العداء تساوي ..



A 3 m/s B 5 m/s

C 15 m/s D 25 m/s

مقارنة بين السرعة المتجهة المتوسطة والسرعة المتوسطة

السرعة المتجهة المتوسطة	السرعة المتوسطة
كمية متجهة	كمية عددية
اتجاهها اتجاه إزاحة الجسم	لا اتجاه لها
تساوي مقدار ميل الخط البياني في منحنى (الموقع ـ الزمن)	تساوي القيمة المطلقة لمقدار ميل الخط البياني في منحنى (الموقع ـ الزمن)
رمزها $\vec{v}$	رمزها $\bar{v}$

أمثلة على السرعة المتجهة اللحظية

3 ص46: يُبيّن الرسم البياني المجاور حركة طالب يركب لوح تزلج عبر ممر مشاة مهمل الاحتكاك، كم سرعته المتجهة المتوسطة؟

◄ **الحل:** نحسب السرعة المتجهة المتوسطة باستخدام نقطتين على الخط البياني ..

$$\bar{v} = \frac{d_f - d_i}{t_f - t_i} = \frac{12 - 6}{7 - 3.5} = 1.7 \text{ m/s}$$

46 ص55: تحركت دراجة هوائية بسرعة ثابتة مقدارها 4 m/s مدة 5 s ، ما المسافة التي قطعتها خلال هذه المدة؟

◄ **الحل:**

$$d = \bar{v}t + d_i = 4 \times 5 + 0 = 20 \text{ m}$$

▼ حلول الفصل الثاني ▼

◄ 2-1 تصوير الحركة

01	02	03	04
مكان ، زمان	مخطط الحركة	نموذج الجسيم النقطي	✓

◄ 2-2 الموقع والزمن

05	06	07	08	09	10
النظام الإحداثي	نقطة الأصل في النظام الإحداثي	C	B	B	الإزاحة

◄ 2-3 منحنى (الموقع ـ الزمن)

11	12	13	14
B	C	D	B

◄ 2-4 السرعة المتجهة

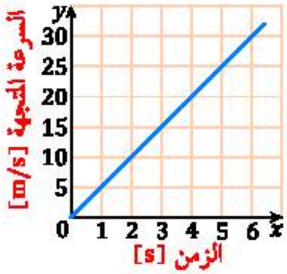
15	16	17	18	19	20
السرعة المتجهة المتوسطة	A	اللحظية	✓	B	B

الفصل الثالث

الحركة المتسارعة

3-1 التسارع (العجلة)

التسارع (العجلة)



- **تعريفه:** المعدل الزمني لتغير السرعة المتجهة لجسم.
- **حسابه:** التسارع يساوي ميل الخط البياني في منحنى (السرعة المتجهة ـ الزمن).
- **رمزه:** التسارع كمية متجهة يرمز لها بالرمز $\bar{a}$.
- **وحدة قياسه:** m/s^2 .
- **مؤشرات تدل على وجوده ..**
  - التغير في أطوال المسافات بين نقاط النموذج الجسيمي النقطي.
  - وجود فرق بين أطوال متجهات السرعة.
- **أنواعه ..**
  - **التسارع الثابت:** تغير سرعة الجسم بمعدل ثابت.
  - **التسارع المتوسط:** التغير في السرعة المتجهة لجسم خلال فترة زمنية مقسوماً على هذه الفترة الزمنية.
  - **التسارع اللحظي:** التغير في السرعة المتجهة خلال فترة زمنية صغيرة جداً.
- **إشارته ..**

+	اتجاه متجه التسارع في الاتجاه الموجب للحركة (سرعة الجسم تتزايد)
−	اتجاه متجه التسارع في الاتجاه السالب للحركة (سرعة الجسم تتناقص)

حساب التسارع المتوسط

- **العلاقة الرياضية ..**

$$\bar{a} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$$

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$\bar{a}$ التسارع المتوسط $[m/s^2]$

Δv التغير في متجه السرعة $[m/s]$

Δt التغير في الزمن $[s]$

v_f متجه السرعة النهائي $[m/s]$

v_i متجه السرعة الابتدائي $[m/s]$

t_f الزمن النهائي $[s]$

t_i الزمن الابتدائي $[s]$

01/3 اكتب المصطلح العلمي: المعدل الزمني للتغير في السرعة.

02/3 املأ الفراغ: التسارع يساوي ميل الخط البياني في منحنى ..... .

03/3 اختر: الجسم النقطي التالي ..

A يتسارع B يتباطأ

C سرعته ثابتة D تسارعه صفراً

04/3 اكتب المصطلح العلمي: التغير في السرعة خلال فترة زمنية مقسوماً على هذه الفترة.

05/3 املأ الفراغ: التغير في السرعة عند لحظة زمنية محددة يسمى التسارع ..... .

06/3 اختر: وحدة قياس التسارع ..

A m/s B m/s^2

C m D s

07/3 ضع ✓ أو × : يكون تسارع الجسم موجباً عندما يكون اتجاه متجه التسارع في الاتجاه الموجب للحركة.

08/3 اختر: عندما تتناقص سرعة الجسم فإن تسارعه ..

A صفر B موجب

C سالب D يزداد

09/3 ◄ اختر: تحرك جسم بسرعة تزداد بمقدار 2 m/s في كل ثانية، أي التالي صحيح؟

A المسافة الكلية = 2 m

B السرعة = 2 m/s

C التسارع = 2 m/s²

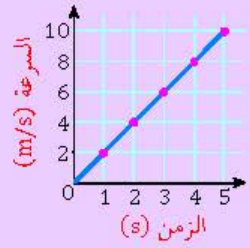
D الزمن الكلي = 2 s

10/3 ◄ اختر: سيارة A تغيرت سرعتها من 10 m/s إلى 30 m/s خلال 4 s ، وسيارة B تغيرت سرعتها من 22 m/s إلى 33 m/s خلال 11 s ، إن تسارع السيارة A ..... تسارع السيارة B .

A أكبر من B أصغر من

C يساوي D نصف

11/3 ◄ اختر: الرسم البياني التالي يمثل منحنى (السرعة ـــ الزمن)، احسب التسارع بوحدة m/s² .



A 2 B 8

C 18 D 32

أمثلة على حساب التسارع المتوسط

◄ **6 ص68:** سيارة سباق تزداد سرعتها من 4 m/s إلى 36 m/s خلال فترة زمنية مقدارها 4 s ، أوجد تسارعها المتوسط.

◄ الحل:

$$\bar{a} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} = \frac{36 - 4}{4} = 8 \text{ m/s}^2$$

◄ **9 ص68:** حافلة تسير بسرعة 25 m/s ، ضغط السائق على الفرامل فتوقفت بعد 3 s ..

(a) ما التسارع المتوسط للحافلة في أثناء الضغط على الفرامل؟

(b) كيف يتغير التسارع المتوسط للحافلة إذا استغرقت ضعف الفترة الزمنية السابقة للتوقف؟

◄ الحل:

(a) التسارع المتوسط ..

$$\bar{a} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} = \frac{0 - 25}{3} = -8.33 \text{ m/s}^2$$

(b) زيادة الزمن إلى الضعف يُنقص التسارع المتوسط إلى النصف ..

$$\bar{a} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} = \frac{0 - 25}{6} = -4.16 \text{ m/s}^2$$

▼ 3-2 الحركة بتسارع ثابت ▼

السرعة المتجهة بدلالة التسارع المتوسط

◄ حسابها ..

$$v_f = v_i + \bar{a}\Delta t$$

v_f متجه السرعة النهائي [m/s] — $\bar{a}$ التسارع المتوسط [m/s²]

v_i متجه السرعة الابتدائي [m/s] — Δt التغير في الزمن [s]

◄ تنبيهان ..

◄ يمكن استخدام التسارع المتوسط لجسم خلال فترة زمنية لتعيين مقدار التغير في سرعته خلال تلك الفترة.

◄ عندما يكون التسارع ثابتًا فإن التسارع المتوسط $\bar{a}$ يكون هو التسارع اللحظي a .

أمثلة على السرعة المتجهة بدلالة التسارع المتوسط

◄ **19 ص70:** تسير حافلة بسرعة 30 km/h ، فإذا زادت سرعتها بمعدل ثابت مقداره $3.5\ m/s^2$ ؛ فما السرعة التي تصل إليها الحافلة بعد 6.8 s ؟

◄ الحل:

نحول السرعة 30 km/h إلى m/s ، ثم نحسب السرعة النهائية ..

$$v_i = \left(\frac{30\ \text{km}}{1\ \text{h}}\right)\left(\frac{1000\ \text{m}}{1\ \text{km}}\right)\left(\frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}}\right) = 8.3\ \text{m/s}$$

$$v_f = v_i + \bar{a}\Delta t = 8.3 + (3.5 \times 6.8) = 32.1\ \text{m/s}$$

◄ **21 ص70:** تباطأ سيارة سرعتها 22 m/s بمعدل ثابت مقداره $2.1\ m/s^2$ ، احسب الزمن الذي تستغرقه السيارة لتصبح سرعتها 3 m/s .

◄ الحل:

$$v_f = v_i + \bar{a}\Delta t$$

$$v_f - v_i = \bar{a}\Delta t \quad \text{(طرحنا } v_i \text{ من الطرفين)}$$

$$\Delta t = \frac{v_f - v_i}{\bar{a}} \quad \text{(قسمنا الطرفين على } \bar{a}\text{)}$$

$$\Delta t = \frac{3 - 22}{-2.1} \approx 9\ \text{s}$$

12/3 ◄ اختر: تتحرك سيارة من السكون بتسارع مقداره $2.5\ m/s^2$ ، ما سرعة السيارة بعد 10 s من بدء الحركة؟

A 0.25 m/s　B 25 m/s

C 5 m/s　D 50 m/s

13/3 ◄ اختر: تسير سيارة بسرعة 30 m/s ثم تبدأ بالتباطؤ بمعدل $6\ m/s^2$ ، كم تكون سرعتها بوحدة m/s بعد 4 s ؟

A 6　B 26

C 36　D 54

14/3 ◄ اختر: سارت سيارة من السكون بتسارع $6\ m/s^2$ ، خلال كم ثانية تصل سرعتها إلى 24 m/s ؟

A 3　B 4

C 12　D 16

15/3 ◄ اختر: إذا بدأ جسم حركته من السكون فإن ..

A $v_i = 0$ B $v_f = 0$

C $d_f = 0$ D $t_f = 0$

16/3 ◄ اختر: تحرك راكب دراجة بتسارع ثابت مقداره $0.4\ m/s^2$ لمدة $8\ s$ ؛ كم مقدار الإزاحة التي قطعها؟

A $1.6\ m$ B $3.2\ m$

C $12.8\ m$ D $25.6\ m$

17/3 ◄ اختر: انطلقت سيارة من السكون بتسارع ثابت مقداره $2.5\ m/s^2$ ، ما المسافة التي قطعتها السيارة عندما تصل سرعتها إلى $25\ m/s$ ؟

A $50\ m$ B $75\ m$

C $100\ m$ D $125\ m$

معادلات الحركة بتسارع ثابت

◄ معادلات الحركة في حالة التسارع الثابت ..

$v_f = v_i + \bar{a}\Delta t$	$d_f = d_i + v_i t_i + \frac{1}{2}\bar{a}t_f^2$	$v_f^2 = v_i^2 + 2\bar{a}(d_f - d_i)$

v_f متجه السرعة النهائي [m/s] — d_i متجه الموقع الابتدائي [m]

v_i متجه السرعة الابتدائي [m/s] — t_i الزمن الابتدائي [s]

$\bar{a}$ التسارع المتوسط [m/s^2] — t_f الزمن النهائي [s]

d_f متجه الموقع النهائي [m] — Δt التغير في الزمن [s]

تنبيهات

◄ متى نستعمل معادلات الحركة الثلاث؟

- نستعمل المعادلات الثلاث إذا كان هناك تسارع (السرعة تتزايد أو تتناقص).
- نستعمل المعادلة الأولى لحساب السرعة النهائية عندما يكون الموقع الابتدائي والنهائي مجهولين.
- نستعمل المعادلة الثانية لإيجاد الموقع النهائي عندما تكون السرعة النهائية مجهولة.
- نستعمل المعادلة الثالثة لحساب السرعة النهائية عندما يكون الزمن مجهولاً.

◄ **السرعة الابتدائية:** إذا بدأ الجسم حركته من السكون فإن $v_i = 0$.

◄ **السرعة النهائية:** إذا توقف الجسم في نهاية الحركة فإن $v_f = 0$.

◄ إشارات الكميات ..

- v ، d ، t موجبة دائماً.
- $\bar{a}$ موجبة إذا كانت سرعة الجسم تزداد، وسالبة إذا كان الجسم يتباطأ.

أمثلة على معادلات الحركة بتسارع ثابت

◄ **37 ص78:** تسارعت طائرة بانتظام من السكون بمقدار $5\ m/s^2$ لمدة $14\ s$ ، ما السرعة النهائية التي تكتسبها الطائرة؟

◄ الحل:

$$v_f = v_i + \bar{a}\Delta t = 0 + (5 \times 14) = 70\ m/s$$

18/3 ◄ اختر: تتحرك سيارة بسرعة متجهة 12 m/s صاعدة تلاً بتسارع ثابت $(-1.6\ m/s^2)$، ما إزاحتها بعد 6 s ؟

A 5 m　　B 72 m

C 43.2 m　　D 180 m

19/3 ◄ اختر: بدأ متزلج حركته من السكون بتسارع مقداره $49\ m/s^2$ ، ما سرعته عندما يقطع مسافة 325 m ؟

A 6.6 m/s　　B 45 m/s

C 73.6 m/s　　D 178.5 m/s

◄ **38 ص78**: بدأت طائرة حركتها من السكون، وتسارعت بمقدار ثابت $3\ m/s^2$ لمدة 30 s قبل أن ترتفع عن سطح الأرض.

(a) ما المسافة التي قطعتها الطائرة؟　　**(b)** ما سرعة الطائرة لحظة إقلاعها؟

◄ الحل:

(a) المسافة التي قطعتها الطائرة ..

$$d_f = d_i + v_i t_i + \frac{1}{2}\bar{a}t_f^2 = 0 + (0 \times 0) + \left(\frac{1}{2} \times 3 \times 30^2\right) = 1350\ m$$

(b) سرعة الطائرة لحظة إقلاعها ..

$$v_f = v_i + \bar{a}\Delta t = 0 + (3 \times 30) = 90\ m/s$$

◄ **36 ص78**: تتسارع طائرة بانتظام من السكون بمقدار $5\ m/s^2$ ، ما سرعة الطائرة بعد قطعها مسافة $5 \times 10^2\ m$ ؟

◄ الحل:

$$\begin{aligned} v_f^2 &= v_i^2 + 2\bar{a}(d_f - d_i) \\ &= 0^2 + [2 \times 5 \times (5 \times 10^2 - 0)] \\ &= 0 + [10 \times 500] \\ &= 5000 \end{aligned}$$

$$\therefore\ v_f = \sqrt{5000} = 70.7\ m/s$$

◄ **27 ص77**: تتسارع سيارة بمعدل ثابت من 15 m/s إلى 25 m/s لتقطع مسافة 125 m ، ما الزمن الذي استغرقته السيارة لتصل إلى هذه السرعة؟

◄ الحل: نحسب تسارع السيارة ..

$$v_f^2 = v_i^2 + 2\bar{a}(d_f - d_i)$$

$$v_f^2 - v_i^2 = 2\bar{a}(d_f - d_i) \qquad \text{(طرحنا } v_i^2 \text{ من الطرفين)}$$

$$\bar{a} = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2(d_f - d_i)} \qquad \text{(قسمنا الطرفين على } 2(d_f - d_i)\text{)}$$

$$\bar{a} = \frac{25^2 - 15^2}{2(125)} = \frac{400}{250} = 1.6\ m/s^2$$

ثم نحسب زمن قطع هذه المسافة ..

$$v_f = v_i + \bar{a}\Delta t$$

$$v_f - v_i = \bar{a}\Delta t \qquad \text{(طرحنا } v_i \text{ من الطرفين)}$$

$$\Delta t = \frac{v_f - v_i}{\bar{a}} = \frac{25 - 15}{1.6} = 6.25\ s \qquad \text{(قسمنا الطرفين على } \bar{a}\text{)}$$

3-3 السقوط الحر

السقوط الحر

- **تعريفه:** حركة الأجسام تحت تأثير الجاذبية الأرضية فقط وبإهمال تأثير مقاومة الهواء.
- **التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية ..**
  - **تعريفه:** تسارع جسم يسقط سقوطًا حرًا نتيجة تأثير جاذبية الأرض فيه.
  - **اتجاهه:** نحو مركز الأرض.
  - **مقداره:** $g = 9.8\ m/s^2$.
  - **إشارته ..**

+	عندما يسقط الجسم باتجاه الأرض (السرعة تتزايد)
−	عندما يقذف الجسم لأعلى (السرعة تتناقص)

معادلات الحركة في مجال الجاذبية الأرضية

$v_f = v_i + g\Delta t$	$d_f = d_i + v_i t_i + \frac{1}{2} g t_f^2$	$v_f^2 = v_i^2 + 2g(d_f - d_i)$

v_f متجه السرعة النهائي [m/s]	d_i متجه الموقع الابتدائي [m]
v_i متجه السرعة الابتدائي [m/s]	t_i الزمن الابتدائي [s]
g التسارع الجاذبية [m/s^2]	t_f الزمن النهائي [s]
d_f متجه الموقع النهائي [m]	Δt التغير في الزمن [s]

- **تعليل:** عندما يكون الجسم المقذوف لأعلى عند أقصى ارتفاع فإن تسارعه لا يساوي الصفر لأن تسارعه لو كان يساوي الصفر لما عاد مرة أخرى إلى أسفل.

تنبيهات

- **في حالة السقوط الحر:** السرعة الابتدائية للجسم $v_i = 0$.
- **في حالة جسم يُقذف لأعلى:** سرعة الجسم عند أقصى ارتفاع $v_f = 0$.
- **لجسم يُقذف لأعلى من سطح معين ويعود للسطح نفسه ..**
  - السرعة النهائية لمرحلة الصعود = السرعة الابتدائية لمرحلة النزول = صفر.
  - السرعة الابتدائية لمرحلة الصعود = السرعة النهائية لمرحلة النزول.
  - زمن الصعود = زمن النزول.

20/3 اكتب المصطلح العلمي: حركة الأجسام تحت تأثير الجاذبية الأرضية فقط وبإهمال تأثير مقاومة الهواء.

21/3 اكتب المصطلح العلمي: تسارع جسم يسقط سقوطًا حرًا نتيجة تأثير جاذبية الأرض فيه واتجاهه نحو مركز الأرض.

22/3 اختر: عندما يسقط الجسم باتجاه الأرض فإن تسارعه يكون ..

A سالبًا B موجبًا
C صفرًا D يزداد

23/3 اختر: عندما يُقذف الجسم لأعلى فإن تسارعه يكون ..

A سالبًا B موجبًا
C صفرًا D يقل

24/3 اختر: عندما يسقط الجسم سقوطًا حرًا فإن سرعته الابتدائية ..

A أكبر ما يمكن B أصغر ما يمكن
C صفر D 9.8

25/3 اختر: عندما يُقذف الجسم لأعلى فإن سرعته عند أقصى ارتفاع ..

A أكبر ما يمكن B أصغر ما يمكن
C صفر D 9.8

26/3 اختر: سقط جسم من أعلى مبنى وبعد 10 s وصل إلى الأرض فإن سرعته لحظة اصطدامه بالأرض تساوي ..

A 9.8 m/s B 98 m/s

C 980 m/s D 9800 m/s

27/3 اختر: إذا قذف جسم لأعلى بسرعة ابتدائية 100 m/s ؛ فإن سرعته بعد 5 s تساوي ..

A (5) m/s

B $(100 + 5)$ m/s

C $(100 - 5 \times 9.8)$ m/s

D $(100 + 5 \times 9.8)$ m/s

أمثلة على معادلات الحركة في مجال الجاذبية الأرضية

41 ص82: أسقط عامل بناء عَرَضًا قطعة قرميد من سطح بناية ..

(a) ما سرعة القطعة بعد 4 s ؟ **(b)** ما المسافة التي تقطعها القطعة خلال هذا الزمن؟

الحل:

(a) سرعة القطعة بعد 4 s ..

$$v_f = v_i + g\Delta t = 0 + (9.8 \times 4) = 39.2 \text{ m/s}$$

(b) المسافة التي تقطعها القطعة خلال هذا الزمن ..

$$d_f = d_i + v_i t_i + \frac{1}{2} g t_f^2 = 0 + (0 \times 4) + \left(\frac{1}{2} \times 9.8 \times 4^2\right) = 78.4 \text{ m}$$

42 ص82: أسقط طالب كرة من نافذة ترتفع 3.5 m عن الرصيف، ما سرعتها لحظة ملامستها أرضية الرصيف؟

الحل:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2g(d_f - d_i)$$

$$v_f^2 = 0^2 + [2 \times 9.8 \times (3.5 - 0)] = 68.6$$

$$\therefore \quad v_f = \sqrt{68.6} \approx 8.3 \text{ m/s}$$

43 ص82: قذفت كرة تنس رأسيًا إلى أعلى بسرعة ابتدائية 22.5 m/s ، وتم الإمساك بها عند عودتها إلى الارتفاع نفسه الذي قذفت منه.

(a) احسب الارتفاع الذي وصلت إليه الكرة.

(b) ما الزمن الذي استغرقته الكرة في الهواء؟

الحل:

(a) نحسب ارتفاع الكرة ..

$$v_f^2 = v_i^2 + 2g(d_f - d_i)$$

$$v_f^2 - v_i^2 = 2g(d_f - d_i) \qquad \text{(طرحنا } v_i^2 \text{ من الطرفين)}$$

$$d_f - d_i = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2g} \qquad \text{(قسمنا الطرفين على } 2g\text{)}$$

$$d_f = d_i + \frac{v_f^2 - v_i^2}{2g} = 0 + \frac{0^2 - 22.5^2}{2(-9.8)} = 25.8 \text{ m} \qquad \text{(أضفنا } d_i \text{ إلى الطرفين)}$$

28/3 اختر: إذا قذف جسم إلى الأعلى بسرعة 49 m/s ، فإذا علمت أن تسارع الجاذبية الأرضية $9.8\ m/s^2$ ؛ فما زمن وصوله إلى أقصى ارتفاع؟

A 9.8 s　　B 2.5 s

C 4 s　　D 5 s

29/3 اختر: نافورة تقذف الماء رأسيًا إلى أعلى بسرعة 30 m/s ، ما الزمن اللازم بوحدة الثانية لتعود دفعة الماء إلى نقطة انطلاقها؟ $(g = 10\ m/s^2)$

A 0.5　　B 3

C 6　　D 12

(b) لحساب زمن تحليق الكرة في الهواء نحسب زمن الصعود، ثم نضربه بـ 2 ..

$v_f = v_i + g\Delta t \Rightarrow v_f - v_i = g\Delta t$ (طرحنا v_i من الطرفين)

$\Delta t = \frac{v_f - v_i}{g} = \frac{0 - 22.5}{-9.8} \approx 2.3\ s$ (قسمنا الطرفين على g)

$\Delta t_{\text{التحليق}} = 2 \times 2.3 = 4.6\ s$ (ضربنا الزمن بـ 2)

44 ص82: رميت كرة رأسيًا إلى أعلى، وكان أقصى ارتفاع وصلت إليه 0.25 m ..

(a) ما السرعة الابتدائية للكرة؟

(b) إذا أمسكت الكرة عند عودتها إلى الارتفاع نفسه الذي أطلقت منه؛ فما الزمن الذي استغرقته في الهواء؟

الحل:

(a) نحسب سرعة الكرة الابتدائية ..

$v_f^2 = v_i^2 + 2g(d_f - d_i)$

$v_i^2 = v_f^2 - 2g(d_f - d_i)$ (طرحنا $2g(d_f - d_i)$ من الطرفين)

$v_i^2 = 0^2 - 2 \times -9.8 \times (0.25 - 0) = 4.9$

$v_i = \sqrt{4.9} \Rightarrow v_i \approx 2.2\ m/s$ (أخذنا الجذر للطرفين)

(b) لحساب زمن تحليق الكرة في الهواء نحسب زمن صعود الكرة، ثم نضربه بـ 2 ..

$v_f = v_i + g\Delta t \Rightarrow v_f - v_i = g\Delta t$ (طرحنا v_i من الطرفين)

$\Delta t = \frac{v_f - v_i}{g} = \frac{0 - 2.2}{-9.8} \approx 0.22\ s$ (قسمنا الطرفين على g)

$\Delta t_{\text{التحليق}} = 2 \times 0.22 = 0.44\ s$ (ضربنا الزمن بـ 2)

▼ حلول الفصل الثالث ▼

3-1 التسارع (العجلة)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
التسارع	(السرعة المتجهة ـ الزمن)	A	التسارع المتوسط	اللحظي	B	✓	C	C	A	A

3-2 الحركة بتسارع ثابت

12	13	14	15	16	17	18	19
B	A	B	A	C	D	C	D

3-3 السقوط الحر

20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
السقوط الحر	تسارع الجاذبية الأرضية	B	A	C	C	B	C	D	C

الفصل الرابع

القوى في بُعد واحد

4-1 القوة والحركة

القوة

- **تعريفها:** سحب أو دفع يؤثر في الأجسام ويسبب تغيراً في الحركة مقداراً واتجاهاً.
- **من أنواعها:** قوة الدفع ، قوة السحب.
- **النظام والمحيط الخارجي:** عند دراسة تأثير القوة على الأجسام لابد من تحديد ..
  - **النظام:** الجسم الذي تؤثر فيه القوى.
  - **المحيط الخارجي:** كل ما يحيط بالنظام ويؤثر فيه بقوة.
  - **مثال توضيحي:** عند دفع كتاب باليد فإن ..

الكتاب ←(يمثل) النظام

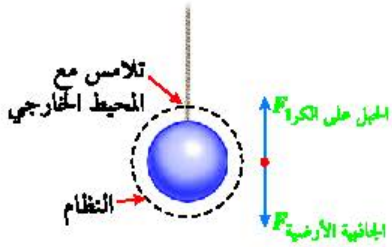
اليد والجاذبية ←(يمثلان) المحيط الخارجي

قوى التلامس (التماس) وقوى المجال

	قوة التلامس	قوة المجال
تعريفها	قوة تتولد عندما يلامس جسم من المحيط الخارجي النظام ويؤثر فيه	قوة تؤثر في الأجسام بغض النظر عن وجود تلامس أم لا
من أمثلتها	عند حمل كتاب باليد فإنها تؤثر عليه بقوة تلامس	القوة المغناطيسية وقوة الجاذبية

مخطط الجسم الحر

- **تعريفه:** نموذج فيزيائي يمثل القوى المؤثرة في جسم ما واتجاهها.
- **مثال توضيحي:** في الشكل كرة معلقة في خيط ..
  - الحبل يمثل قوة تلامس واتجاهها إلى الأعلى.
  - الجاذبية الأرضية تمثل قوة مجال واتجاهها إلى الأسفل.



01/4 اكتب المصطلح العلمي: كمية متجهة تؤثر في الأجسام فتكسبها تسارعاً.

02/4 املأ الفراغ: من أنواع القوى ..... و ..... .

03/4 املأ الفراغ: عند دراسة تأثير القوة على الأجسام فإن كل ما يحيط بالنظام ويؤثر فيه بقوة يسمى ..... .

04/4 املأ الفراغ: عندما ندفع كتاباً باليد فإن الكتاب يمثل ..... بينما المحيط الخارجي هو ..... و ..... .

05/4 اختر: قوة تتولد عندما يلامس جسم من المحيط الخارجي النظام ويؤثر فيه ..

Ⓐ قوة الجاذبية Ⓑ قوة المجال

Ⓒ قوة التلامس Ⓓ قوة مغناطيسية

06/4 اكتب المصطلح العلمي: قوة تؤثر في الأجسام بغض النظر عن وجود تلامس أم لا.

07/4 ضع ✓ أو × : عند حمل كتاب باليد فإن اليد تؤثر عليه بقوة مجال.

08/4 املأ الفراغ: من أمثلة قوى المجال ..... ، ..... .

09/4 اكتب المصطلح العلمي: نموذج فيزيائي يمثل القوى المؤثرة على نظام ما واتجاهها.

10/4 ◂ **اختر:** العلاقة بين القوة والتسارع علاقة ..

Ⓐ عكسية Ⓑ تَساوي

Ⓒ طردية Ⓓ مركبة

11/4 ◂ **اختر:** وحدة قياس القوة ..

Ⓐ kg Ⓑ m/s^2

Ⓒ N Ⓓ N/m^2

12/4 ◂ **اكتب المصطلح العلمي:** القوة التي تؤثر في جسم كتلته 1 kg فتكسبه تسارعًا مقداره $1\ m/s^2$ في اتجاهها.

13/4 ◂ **اكتب المصطلح العلمي:** قوة تعمل عمل مجموعة من القوى مقدارًا واتجاهًا.

14/4 ◂ **املأ الفراغ:** ناتج جمع متجهات جميع القوى المؤثرة على الجسم يساوي .....

أمثلة على مخطط الجسم الحر

◂ **مثال:** حدد النظام والقوى المؤثرة، وارسم مخطط الجسم الحر في الحالات التالية (مراعيًا رسم المتجهات بأطوال مناسبة) ..

(a) حالة سقوط وعاء سقوطًا حرًا (أهمل مقاومة الهواء).

(b) حالة رفع دلو بواسطة حبل بسرعة منتظمة (أهمل مقاومة الهواء).

◂ **الحل:**

	الحالة	النظام	القوى المؤثرة	مخطط الجسم الحر
(a)	حالة سقوط وعاء سقوطًا حرًا	الوعاء	الجاذبية الأرضية	$F_{\text{الجاذبية الأرضية}}$
(b)	حالة رفع دلو بواسطة حبل	الدلو	قوة شد الحبل ، الجاذبية الأرضية	F_T الحبل على الدلو F_g الجاذبية الأرضية

القوة والتسارع

◂ **العلاقة بينهما:** عندما تؤثر قوة F على جسم كتلته m وتسبب تغير موقعه فإنه يكتسب تسارعًا a يزداد بزيادة القوة (علاقة طردية).

◂ **القانون ..**

$$F = ma$$

F محصلة القوة [N] m الكتلة [kg] a التسارع [m/s^2]

◂ **النيوتن:** القوة التي تؤثر في جسم كتلته 1 kg فتكسبه تسارعًا مقداره $1\ m/s^2$ في اتجاهها.

القوة المحصلة

◂ **تعريفها:** قوة تعمل عمل مجموعة من القوى مقدارًا واتجاهًا.

◂ **قيمتها:** تساوي ناتج جمع متجهات جميع القوى المؤثرة على الجسم.

15/4 ◄ اختر: قوتان متساويتان مقدار كل منهما 7 N تؤثران على جسم ما في اتجاهين متعاكسين، إن القوة المحصلة لهما تساوي ..

A 49 N

B 14 N

C 3.5 N

D 0

16/4 ◄ اختر: القوة المحصلة لقوتين في الاتجاه نفسه تساوي ..

A مجموع القوتين

B صفراً

C الفرق بين القوتين

D حاصل ضرب القوتين

17/4 ◄ اختر: قوتان مقدارهما 6 N و 5 N في الاتجاه نفسه، إن القوة المحصلة لهما تساوي ..

A 30 N

B 11 N

C 1 N

D 0

حالات حساب القوة المحصلة

◄ قوتان متساويتان في اتجاهين متعاكسين .. قيمة المحصلة: صفر	$F_2 = 100\ N$ $F_1 = 100\ N$ $F_{المحصلة} = 0$
◄ قوتان متساويتان في الاتجاه نفسه .. قيمة المحصلة: مجموع القوتين	$F_1 = 100\ N$ $F_2 = 100\ N$ $F_{المحصلة} = 200\ N$
◄ قوتان متساويتان في اتجاهين متعاكسين .. قيمة المحصلة: الفرق بين القوتين	$F_2 = 200\ N$ $F_1 = 100\ N$ $F_{المحصلة} = 100\ N$

أمثلة على حساب القوة المحصلة

◄ **مثال:** قوتان أفقيتان إحداهما قيمتها 225 N والأخرى قيمتها 165 N تؤثران على جسم، أوجد القوة المحصلة الأفقية التي تؤثر على الجسم مقداراً واتجاهاً في الحالات التالية:

(6 ص102) القوتان في الاتجاه نفسه. **(7 ص102)** القوتان في اتجاهين متعاكسين.

◄ الحل:

(6 ص102) نوجد المحصلة واتجاهها عندما تكون القوتان في الاتجاه نفسه ..

$$F = F_1 + F_2 = 225 + 165 = 390\ N$$

اتجاه المحصلة في اتجاه القوتين نفسه

(7 ص102) نوجد المحصلة واتجاهها عندما تكون القوتان في اتجاهين متعاكسين ..

$$F = F_1 - F_2 = 225 - 165 = 60\ N$$

اتجاه المحصلة في اتجاه القوة الأكبر F_1

◄ **8 ص102:** تحاول ثلاثة خيول سحب عربة؛ أحدها يسحب إلى الغرب بقوة 35 N والثاني يسحب إلى الغرب أيضًا بقوة 42 N أما الأخير فيسحب إلى الشرق بقوة 53 N ، احسب القوة المحصلة التي تؤثر في العربة.

◄ الحل:

أولاً: نحسب محصلة قوتي الأول والثاني ..

$$F = F_1 + F_2 = 35 + 42 = 77\ N$$

ثانيًا: نحسب المحصلة الكلية ..

$$F_{المحصلة} = F_1 - F_2 = 77 - 53 = 24\ N$$

وتكون في اتجاه الغرب

18/4 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** تسارع جسم يساوي محصلة القوى المؤثرة عليه مقسومًا على كتلته.

19/4 ◄ **اختر:** وحدة قياس التسارع تعادل ..

A kg/N　　B m/s

C N/kg　　D N/m^2

20/4 ◄ **اختر:** أثرت قوة أفقية مقدارها 100 N على جسم كتلته 20 kg وحركته في اتجاه القوة نفسه، إن مقدار تسارع الجسم بوحدة m/s^2 يساوي ..

(A) 0.2　　(B) 2

(C) 5　　(D) 9.8

21/4 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** يبقى الجسم على حالته من حيث السكون أو الحركة المنتظمة على خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة محصلة تغير من حالته.

22/4 ◄ **اختر:** يُطبَق قانون نيوتن الأول عندما تكون القوة المحصلة المؤثرة على الجسم ..

A كبيرة جدًا　　B مساوية للصفر

C صغيرة جدًا　　D غير متزنة

قانون نيوتن الثاني

◄ **نَصّه:** تسارع جسم يساوي محصلة القوى المؤثرة عليه مقسومًا على كتلة الجسم.

◄ **صيغته ..**

$$a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m}$$

a التسارع $[m/s^2]$　$F_{\text{المحصلة}}$ القوة المحصلة [N]　m الكتلة [kg]

◄ **فائدة ..**

$$\text{وحدة قياس التسارع} = \frac{\text{وحدة قياس القوة}}{\text{وحدة قياس الكتلة}} = \frac{N}{kg} = N/kg$$

أمثلة على قانون نيوتن الثاني

◄ **1 ص106:** كان خالد يمسك وسادة كتلتها 0.30 kg عندما حاول سامي أن يأخذها منه، فإذا سحب سامي الوسادة أفقيًا بقوة 10 N ، وسحبها خالد بقوة أفقية تساوي 11 N ؛ فما التسارع الأفقي للوسادة؟

◄ **الحل:** نحسب محصلة القوى، ثم نحسب منها التسارع ..

$$F_{\text{المحصلة}} = F_1 - F_2 = 11 - 10 = 1\ N$$

$$a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m} = \frac{1}{0.30} = 3.33\ m/s^2$$

◄ **مثال:** رجلان يدفعان سيارة كتلتها 1000 kg بحيث يؤثر أحدهما بقوة 520 N والآخر بقوة 330 N باتجاه واحد موازٍ لسطح الأرض الذي يؤثر على السيارة بقوة احتكاك 450 N ، احسب تسارع السيارة.

◄ **الحل:** نحسب محصلة القوى، ثم نحسب منها تسارع السيارة ..

$$F_{\text{المحصلة}} = (F_1 + F_2) - F_3 = (520 + 330) - 450 = 400\ N$$

$$a = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{m} = \frac{400}{1000} = 0.4\ m/s^2$$

قانون نيوتن الأول

◄ **نَصّه:** يبقى الجسم على حالته من حيث السكون أو الحركة المنتظمة على خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة محصلة تغير من حالته.

◄ **متى يُطبق؟:** إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة على الجسم تساوي صفرًا.

23/4 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** ممانعة الجسم لأي تغير في حالته من حيث السكون أو الحركة.

24/4 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** حالة الجسم عندما تكون محصلة القوى المؤثرة عليه مساوية للصفر.

25/4 ◄ **اختر:** يكون الجسم غير متزن عندما يكون ..

A ساكنًا

B متسارعًا

C متحركًا بسرعة منتظمة

D محصلة القوى عليه صفرًا

26/4 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** قوةٌ تلامسٍ اتجاه تأثيرها معاكس لاتجاه الحركة الانزلاقية.

27/4 ◄ **اختر:** اتجاه القوة التي يؤثر بها نابض على جسم ..... اتجاه إزاحته.

A عمودي على B موازٍ لـ

C معاكس لـ D دائري حول

28/4 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** القوة التي يؤثر بها خيط أو حبل على جسم متصل به.

29/4 ◄ **اختر:** الوزن قوة مجال اتجاهها دائمًا ..

A لأعلى B موازٍ للأرض

C لأسفل D عكس الحركة

القصور الذاتي

◄ **تعريفه:** ممانعة الجسم لأي تغير في حالته من حيث السكون أو الحركة.

◄ **توضيح:** الجسم الساكن يميل إلى البقاء ساكنًا، والجسم المتحرك بسرعة متجهة ثابتة يميل إلى البقاء متحركًا بالسرعة نفسها وفي الاتجاه نفسه.

الاتزان

◄ **تعريفه:** حالة الجسم عندما تكون محصلة القوى المؤثرة عليه مساوية للصفر

◄ **متى يكون الجسم متزنًا؟**

◄ إذا كان ساكنًا.

◄ إذا كان متحركًا بسرعة منتظمة.

بعض أنواع القوى

القوة	رمزها	المقصود بها	اتجاهها
قوة الاحتكاك	f_f	قوةُ تلامسٍ اتجاه تأثيرها معاكس لاتجاه الحركة الانزلاقية	موازية للسطح ومعاكسة لاتجاه الحركة الانزلاقية
القوة العمودية	F_N	قوة تلامس يؤثر بها سطح عموديًا على جسم ما	عمودية على السطح والجسم
قوة النابض	F_{sp}	قوة الاسترداد؛ أي قوة الدفع أو السحب التي يؤثر بها نابض على جسم ما	عكس اتجاه إزاحة الجسم
قوة الشد	F_T	القوة التي يؤثر بها خيط أو حبل على جسم متصل به	تؤثر عند نقطة الاتصال باتجاه موازٍ للخيط أو الحبل، ومبتعدة عن الجسم
قوة الدفع	F_{thrust}	القوى التي تحرك أجسامًا مثل الصاروخ والطائرة والسيارة	في اتجاه تسارع الجسم عند إهمال المقاومة
الوزن	F_g	قوة مجال تنتج عن الجاذبية الأرضية	نحو الأسفل باتجاه مركز الأرض

▼ 4-2 استخدام قوانين نيوتن ▼

الوزن

- وصفه: قوة جذب الأرض للجسم.
- حسابه ..

$$F_g = mg$$

F_g قوة الوزن [N] m الكتلة [kg] g تسارع الجاذبية [m/s^2]

- العوامل المؤثرة عليه ..
  - كتلة الجسم.
  - تسارع الجاذبية.
- أداة قياسه: الميزان ذو النابض.
- تعليل: تتغير أوزان الأجسام بتغير المكان بسبب تغير تسارع الجاذبية.

مثال على الوزن

- **19 ص109**: يُبين ميزانك المنزلي أن وزنك 585 N ..

(a) ما كتلتك؟

(b) كيف تكون قراءة الميزان نفسه على سطح القمر؟ (تسارع الجاذبية على القمر $1.6\ m/s^2$)

- الحل:

(a) نحسب كتلة الجسم ..

$$F_g = mg \quad \Rightarrow \quad m = \frac{F_g}{g} = \frac{585}{9.8} \approx 59.7\ kg$$

(b) قراءة الميزان على سطح القمر تساوي قوة زون الجسم على سطح القمر ..

$$F_g = mg = 59.7 \times 9.8 = 95.5\ N$$

الوزن الظاهري

- المقصود به: قراءة الميزان لوزن جسم يتحرك بتسارع.
- فائدة: قراءة الميزان عندما تكون القوة الوحيدة المؤثرة على الجسم ناتجة عن نابض الميزان واتجاهها إلى أعلى تعادل وزن الجسم الحقيقي.

---

30 **4** اكتب المصطلح العلمي: قوة جذب الأرض للجسم.

31 **4** اختر: وحدة قياس الوزن ..

A N B kg

C m/s^2 D N/s^2

32 **4** املأ الفراغ: العوامل المؤثرة على وزن الجسم هي ..... و ..... .

33 **4** املأ الفراغ: من أدوات قياس الوزن ..... .

34 **4** اكتب المصطلح العلمي: قراءة الميزان لوزن جسم يتحرك بتسارع.

35 **4** اختر: مجس فضائي كتلته 225 kg ما وزنه على سطح القمر؟ علمًا أن مقدار تسارع الجاذبية على القمر $1.62\ m/s^2$.

A 139 N B 364 N

C 1.35×10^3 N D 2.21×10^3 N

36/4 ◄ اختر: إذا كان الجسم يتسارع إلى أعلى فإن وزنه الظاهري ..... وزنه الحقيقي.

A أكبر من B أصغر من

C يساوي D نصف

37/4 ◄ اختر: إذا كان الوزن الظاهري لجسم أقل من وزنه الحقيقي فمعنى ذلك أن الجسم ..

A ساكن

B يتسارع لأعلى

C يتسارع لأسفل

D يتحرك بسرعة منتظمة

38/4 ◄ ضع ✓ أو × : إذا كان الوزن الظاهري لجسم مساويًا لوزنه الحقيقي فمعنى ذلك أن الجسم ساكن أو يتحرك بسرعة منتظمة.

39/4 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** قوة الممانعة التي يؤثر بها مائع على جسم يتحرك خلاله.

40/4 ◄ اختر: أي التالي ليس من العوامل المؤثرة في القوة المعيقة؟

A سرعة الجسم B كتلة الجسم

C لزوجة المائع D اتجاه حركة الجسم

41/4 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** السرعة المنتظمة النهائية التي يسقط بها جسم في مائع عندما تتساوى القوة المُعيقة وقوة الجاذبية الأرضية.

42/4 ◄ **املأ الفراغ:** يتأثر مقدار السرعة الحدية بعاملين هما ..... و ..... .

العلاقة بين وزن الجسم الحقيقي ووزنه الظاهري

الوزن الظاهري يساوي الوزن الحقيقي	إذا كان الجسم ساكنًا أو متحركًا بسرعة منتظمة
الوزن الظاهري أكبر من الوزن الحقيقي	إذا كان الجسم يتسارع لأعلى
الوزن الظاهري أقل من الوزن الحقيقي	إذا كان الجسم يتسارع لأسفل

القوة المُعيقة والسرعة الحدية

◄ **القوة المُعيقة:** قوة الممانعة التي يؤثر بها مائع على جسم يتحرك خلاله.

◄ **العوامل المؤثرة عليها ..**

- سرعة الجسم.
- **خصائص الجسم:** مثل كتلته وحجمه.
- **خصائص المائع:** مثل لزوجته ودرجة حرارته.

◄ **السرعة الحدية:** السرعة المنتظمة النهائية التي يصل إليها الجسم الساقط سقوطًا حرًا في مائع عندما تتساوى القوة المُعيقة مع قوة الجاذبية

◄ **العوامل المؤثرة عليها:** مساحة سطح الجسم ، القوة المعيقة للجسم.

مثال على الوزن الظاهري

◄ **مثال:** إذا كنت تقف على ميزان في مصعد سريع ليصعد بك إلى أعلى بناية، ثم يهبط بك إلى حيث انطلقت فخلال أي من مراحل رحلتك يكون وزنك الظاهري ..

(a) مساويًا لوزنك الحقيقي.

(b) أكبر من وزنك الحقيقي.

(c) أقل من وزنك الحقيقي.

◄ **الحل:**

(a) الوزن الظاهري يساوي الوزن الحقيقي عند صعود المصعد وعند هبوطه بسرعة منتظمة.

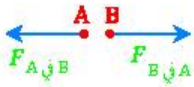
(b) الوزن الظاهري أكبر من الوزن الحقيقي عند تسارع المصعد لأعلى.

(c) الوزن الظاهري أقل من الوزن الحقيقي عند تسارع المصعد لأسفل.

▼ 4-3 قوى التأثير المتبادل ▼

زوجا التأثير المتبادل

- تعريفه: قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.
- خصائصه: لا تظهر إحدى القوتين دون الأخرى ، لا تلغي إحدى القوتين الأخرى.
- مثال توضيحي: شخصان A، B متقابلان ويدفع كل منهما الآخر على لوح تزلج ..



- القوة التي يؤثر بها الجسم B في الجسم A ($F_{A\text{ في }B}$).
- القوة التي يؤثر بها الجسم A في الجسم B ($F_{B\text{ في }A}$).

- تعليل: في زوجي التأثير المتبادل لا يحدث اتزان بين القوتين (لا تلغي إحداهما الأخرى) لأن القوتين تؤثران على جسمين مختلفين.

قانون نيوتن الثالث

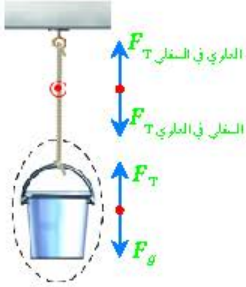
- نَصه: القوة التي يؤثر بها A في B تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه القوة التي يؤثر بها B في A .
- صيغته ..

$$F_{A\text{ في }B} = -F_{B\text{ في }A}$$

$F_{A\text{ في }B}$ القوة التي يؤثر بها B في A [N] $F_{B\text{ في }A}$ القوة التي يؤثر بها A في B [N]

قوة الشد في حبل أو خيط

- تعريفها: القوة التي يؤثر بها خيط أو حبل في جسم متصل به.
- مثال توضيحي: عند تعليق دلو في حبل مُثبت في سقف فإن ..



- وزن الدلو لأسفل = قوة الشد في الحبل لأعلى.
- قوة الشد أسفل أي نقطة بالحبل = قوة الشد أعلى هذه النقطة.

43/4 ◄ اكتب المصطلح العلمي: قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.

44/4 ◄ ضع ✓ أو × : من خصائص زوجي التأثير المتبادل أن إحدى القوتين تظهر دون الأخرى.

45/4 ◄ ضع ✓ أو × : زوجا التأثير المتبادل عبارة عن قوتين تلغي إحداهما الأخرى.

46/4 ◄ اكتب المصطلح العلمي: القوة التي يؤثر بها A في B تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه القوة التي يؤثر بها B في A .

47/4 ◄ اكتب المصطلح العلمي: القوة التي يؤثر بها خيط أو حبل على جسم متصل به.

48/4 ◄ اختر: عند تعليق دلو في حبل مثبت في سقف فإن وزن الدلو ..... قوة الشد في الحبل.

A أصغر من B أكبر من

C يساوي D ضعف

49/4 ◄ اختر: عند أي نقطة في حبل فإن قوة الشد أسفل النقطة ..... قوة الشد أعلى النقطة.

A تساوي B أكبر من

C أصغر من D نصف

50/4 اكتب المصطلح العلمي: قوة تلامس يؤثر بها سطح في جسم آخر.

51/4 اختر: القوة العمودية اتجاهها دائماً ..... مستوى التلامس بين الجسمين.

A موازٍ لـ　　B عمودي على

C مائل على　　D منطبق على

52/4 ضع ✓ أو × : القوة العمودية أصغر من وزن الجسم عندما نؤثر في الجسم بقوة شد لأعلى.

53/4 اختر: عندما نضغط على جسم لأسفل فإن القوة العمودية ..... وزن الجسم.

A أكبر من　　B أصغر من

C تساوي　　D ضعف

أمثلة على قانون نيوتن الثالث وقوة الشد

3 ص114: عندما تسقط كرة كتلتها 0.18 kg يكون تسارعها مساويًا لتسارع الجاذبية الأرضية، ما مقدار القوة التي تؤثر بها الكرة في الأرض؟

الحل:

أولاً: نحسب القوة التي تؤثر بها الأرض في الكرة من قانون نيوتن الثاني ..

$$F_{\text{الأرض في الكرة}} = m_{\text{كرة}}\, a = m_{\text{كرة}}\, (-g) = 0.18 \times (-9.8) = -1.8 \text{ N}$$

ثانيًا: نحسب القوة التي تؤثر بها الكرة في الأرض من قانون نيوتن الثالث ..

$$F_{\text{الكرة في الأرض}} = -F_{\text{الأرض في الكرة}} = -(-0.18) = 1.8 \text{ N}$$

مثال: دلو كتلته 50 kg معلق في حبل يتحمل قوة شد قدرها 525 N ، هل هناك احتمال لانقطاع الحبل؟

الحل: قوة الشد تساوي وزن الجسم المعلق ..

$$F_T = F_g = mg = 50 \times 9.8 = 490 \text{ N}$$

∴ لن ينقطع الحبل

القوة العمودية

تعريفها: قوة تلامس يؤثر بها سطح في جسم آخر.

اتجاهها: عمودية على مستوى التلامس بين الجسمين.

علاقتها بالوزن ..

القوة العمودية تساوي وزن الجسم	القوة العمودية أصغر من وزن الجسم	القوة العمودية أكبر من وزن الجسم
عندما تكون القوة المحصلة هي وزن الجسم	عندما نؤثر في الجسم بقوة شد لأعلى	عندما نضغط على الجسم لأسفل

مثال: رجل كتلته 70 kg يحمل صندوقًا كتلته 25 kg ويقف على منصة، ما مقدار القوة العمودية التي تؤثر بها المنصة في الرجل؟

الحل:

القوة العمودية = وزن الجسم

$$F_T = F_g = mg = (70 + 25) \times 9.8 = 931 \text{ N}$$

▼ حلول الفصل الرابع ▼

◄ 4-1 القوة والحركة

01	02	03	04	05	06	07
القوة	قوة الدفع ، قوة السحب	المحيط الخارجي	النظام ، اليد ، الجاذبية الأرضية	C	قوة المجال	×

08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
القوة المغناطيسية ، قوة الجاذبية	مخطط الجسم الحر	C	C	النيوتن	القوة المحصلة	القوة المحصلة	D	A	B

18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
قانون نيوتن الثاني	C	C	قانون نيوتن الأول	B	القصور الذاتي	الاتزان	B	قوة الاحتكاك	C	قوة الشد	C

◄ 4-2 استخدام قوانين نيوتن

30	31	32	33	34	35	36
الوزن	A	كتلة الجسم ، تسارع الجاذبية	الميزان ذو النابض	الوزن الظاهري	B	A

37	38	39	40	41	42
C	✓	القوة المعيقة	D	السرعة الحدية	مساحة سطح الجسم ، القوة المعيقة للجسم

◄ 4-3 قوى التأثير المتبادل

43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
زوجا التأثير المتبادل	×	×	قانون نيوتن الثالث	قوة الشد	C	A	القوة العمودية	B	✓	A

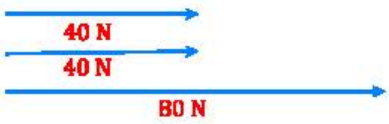
الفصل الخامس

القوى في بُعدين

5-1 المتجهات

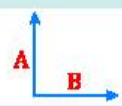
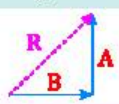
مراجعة على الكميات المتجهة

- **الكميات المتجهة:** كميات فيزيائية يتطلب تعيينها تحديد مقدارها واتجاهها.
  - **تمثيلها:** تمثل بواسطة الأسهم.
  - **من أمثلتها:** السرعة، التسارع، الإزاحة، القوة.
- **القوة المحصلة لقوتين في بعد واحد تساوي ..**
  - مجموع القوتين إذا كانتا في اتجاه واحد.
  - الفرق بينهما إذا كانتا متعاكستي الاتجاه.
- **مثال توضيحي ..**
  - عندما يدفع طالبان طاولة في اتجاه اليمين بحيث يؤثر كل منهما بقوة 40 N ؛ فإن متجه القوة المحصلة يساوي 80 N .



المتجهات في أبعاد متعددة

- **خطوات جمع المتجهات في بُعدين ..**
  - نضع ذيل أحد المتجهين على رأس المتجه الآخر.
  - نرسم المتجه المحصل بتوصيل ذيل المتجه الأول مع رأس المتجه الثاني.
  - نقيس مقدار المتجه المحصل بالمسطرة، ونحدد اتجاهه بالمنقلة.
- **مثال توضيحي:** لتحديد المتجه المحصل R للمتجهين A و B نتبع الخطوات التالية ..

(١) نرسم المتجهين	(٢) نحرك المتجه **A** ليصبح ذيله عند رأس المتجه **B**	(٣) نرسم المتجه المحصل **R**
		

- **فائدتان ..**
  - عند نقل متجه فإنه لا يتغير لأن طول المتجه واتجاهه لم يتغيرا.
  - يمكن استعمال علم المثلثات لتحديد طول المتجه المحصل واتجاهه.

01/5 اكتب المصطلح العلمي: كميات فيزيائية يتطلب تعيينها تحديد مقدارها واتجاهها.

02/5 املأ الفراغ: من أمثلة الكميات المتجهة ..... و ..... .

03/5 ضع ✓ أو × : متجه القوة المحصلة لقوتين متعاكستين يساوي مجموعهما.

04/5 اختر: متجه القوة المحصلة لقوتين متعاكستين مقدار كل منهما 50 N يساوي ..

A صفراً　　B 50 N

C 100 N　　D 150 N

05/5 اكتب المصطلح العلمي: إذا كانت الزاوية بين متجهين قائمة؛ فإن مجموع مربعي مقداري المتجهين يساوي مربع مقدار المتجه المحصل.

06/5 اختر: لحساب مقدار المتجه المحصل R لمتجهين A ، B بينهما زاوية قائمة نستخدم ..

A $R^2 = A^2 + B^2$

B $A^2 = R^2 + B^2$

C $B^2 = A^2 + R^2$

D $R^2 = A^2 - B^2$

07/5 اكتب المصطلح العلمي: مربع مقدار المتجه المحصل لمتجهين يساوي مجموع مربعي مقداريها مطروحًا منه ضعف حاصل ضرب مقداريهما مضروبًا في جيب تمام الزاوية التي بينهما.

08/5 اختر: إزاحتان الأولى 25 km والثانية 15 km ، إن مقدار محصلتهما عندما تكون الزاوية بينهما 90° يساوي ..

A 10 km B 29 km

C 37 km D 40 km

09/5 اختر: إزاحتان الأولى 25 km والثانية 15 km ، احسب مقدار محصلتهما عندما تكون الزاوية بينهما 135° .

A 10 km B 29 km

C 37 km D 40 km

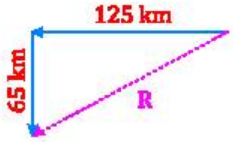
أمثلة على جمع المتجهات

مثال1: دفع رجل سيارة بقوة قدرها 250 N ، فإذا كان الهواء يؤثر عليها بقوة 75 N في عكس اتجاه حركتها؛ فكم تكون محصلة القوة المؤثرة على السيارة؟

الحل:

$$F_{\text{محصلة}} = F_1 - F_2 = 250 - 75 = 175\ \text{N}$$

1 ص134: قطعت سيارة 125 km في اتجاه الغرب، ثم 65 km في اتجاه الجنوب، ما مقدار إزاحتها (حل المسألة بطريقة الرسم)؟



الحل: لإيجاد إزاحة السيارة نتبع الخطوات التالية ..

(١) نرسم متجهين يمثلان حركة السيارة (بمقياس رسم مناسب).

(٢) نرسم متجه المحصلة R من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الثاني.

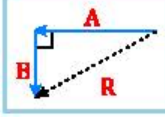
(٣) نستخدم المسطرة لقياس مقدار متجه المحصلة: $R \approx 141$

∴ إزاحة السيارة 141 km

نظريات وقوانين حساب المحصلة

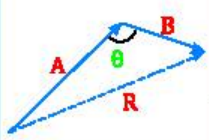
نظرية فيثاغورس ..

نصها	إذا كانت الزاوية بين متجهين **A** و **B** قائمة فإن مجموع مربعي مقداري المتجهين يساوي مربع مقدار المتجه المحصل **R**
صيغتها الرياضية	$R^2 = A^2 + B^2$
متى تُستخدم؟	إذا كانت الزاوية بين المتجهين قائمة فقط



قانون جيب التمام ..

نصه	مربع مقدار المتجه المحصل لمتجهين يساوي مجموع مربعي مقداري المتجهين مطروحًا منه ضعف حاصل ضرب مقداريهما مضروبًا في جيب تمام الزاوية التي بينهما
صيغته الرياضية	$R^2 = A^2 + B^2 - 2AB\cos\theta$
متى يُستخدم؟	إذا كانت الزاوية بين المتجهين لا تساوي 90°



10/5 ◂ **اختر:** إذا بدأت الحركة من منزلك فقطعت 8 km شمالاً، ثم انعطفت شرقًا حتى أصبحت إزاحتك من المنزل 10 km ؛ فإن مقدار إزاحتك شرقًا يساوي ..

A 6 km　　B 8 km

C 10 km　　D 18 km

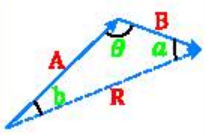
11/5 ◂ **ضع ✓ أو × :** النظام الإحداثي يشبه وضع شبكة مرسومة على شريحة شفافة فوق الرسم التخطيطي للمسألة.

12/5 ◂ **ضع ✓ أو × :** في النظام الإحداثي محور y عمودي على محور x دائمًا.

13/5 ◂ **املأ الفراغ:** في النظام الإحداثي يتقاطع محور x مع محور y في ..... .

◂ **قانون الجيب ..**

نصه	مقدار محصلة متجهين مقسومًا على جيب الزاوية بينهما يساوي مقدار أحد المتجهين مقسومًا على جيب الزاوية التي تقابله
صيغته الرياضية	$\frac{R}{\sin\theta}=\frac{A}{\sin a}=\frac{B}{\sin b}$
متى يُستخدم؟	إذا علمنا قيمة الزاوية بين المتجهين والزاويتين المقابلتين لهما



أمثلة على قوانين حساب المحصلة

◂ **مثال1 ص133:** إزاحتان الأولى 25 km والثانية 15 km ، احسب مقدار محصلتهما عندما تكون الزاوية بينهما 90° .

◂ **الحل:**

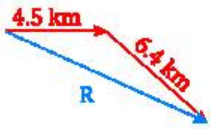
$$R^2 = A^2 + B^2 \quad \Rightarrow \quad R = \sqrt{A^2+B^2}$$

$$R = \sqrt{25^2 + 15^2} = \sqrt{850}$$

$$R = 29 \text{ km}$$

◂ **2 ص134:** سار شخص 4.5 km في اتجاه ما، ثم انعطف بزاوية 45° في اتجاه اليمين، وسار مسافة 6.4 km ، ما مقدار إزاحته؟

◂ **الحل:**



$$R = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB\cos\theta}$$

$$= \sqrt{4.5^2 + 6.4^2 - 2\times 4.5\times 6.4\cos 135°}$$

$$\therefore \quad R = 10 \text{ km}$$

النظام الإحداثي

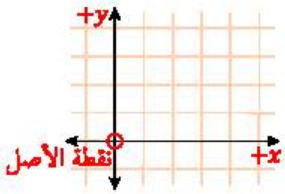
◂ **وصفه:** يشبه وضع شبكة مرسومة على شريحة شفافة فوق الرسم التخطيطي للمسألة.

◂ **المحاور في النظام الإحداثي ..**

◂ **محور x الموجب:** يمثل بسهم يمر بنقطة الأصل ويشير إلى الاتجاه الموجب.

◂ **محور y الموجب:** يمثل بسهم يصنع زاوية 90° في عكس اتجاه عقارب الساعة من محور x .

◂ يتقاطع محور x مع محور y في نقطة الأصل.



14/5 ضع ✓ أو × : مركّبة المتجه هي مسقط المتجه على أحد المحاور.

15/5 ضع ✓ أو × : مقدار المتجه الأصلي أصغر من مقدار أي مركبة من مركبتيه.

16/5 اختر: المعادلة $\mathbf{A} = \mathbf{A}_x + \mathbf{A}_y$ تُسمى معادلة ..

A الكتلة B المسافة

C المتجهات D المحاور

17/5 املأ الفراغ: المتجه A_x يوازي محور ..... .

18/5 اكتب المصطلح العلمي: عملية تجزئة المتجه إلى مركّباته في اتجاه محور x ومحور y .

19/5 اكتب المصطلح العلمي: زاوية يصنعها المتجه مع محور x مُقاسة عكس اتجاه عقارب الساعة.

20/5 اختر: مقدار المتجه الأصلي دائماً ..... مقدار أي مركّبة من مركّبتيه.

A أصغر من B نصف

C أكبر من D ضعف

طرق تحديد اتجاهات المحاور

نوع الحركة	اتجاه محور x الموجب	اتجاه محور y الموجب
حركة على سطح الأرض	يشير إلى اتجاه الشرق	يشير إلى اتجاه الشمال
حركة عبر الهواء	يكون أفقيًا	يكون عموديًا على المحور x
حركة على تل	يكون في اتجاه الحركة	يكون عموديًا على المحور x

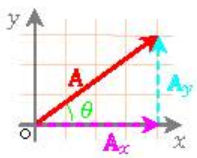
فائدة: اختيار اتجاهات المحاور حسب نوع الحركة يجعل حل المسألة أسهل.

مركّبتا المتجه

مركّبة المتجه: مسقط المتجه على أحد المحاور.

مثال توضيحي ..

مركّبتا المتجه $\mathbf{A}$ ..



المتجه $\mathbf{A}_x$: يمثل الانتقال 4 وحدات على المحور x .

المتجه $\mathbf{A}_y$: يمثل الانتقال 3 وحدات على المحور y .

معادلة المتجهات: $\mathbf{A} = \mathbf{A}_x + \mathbf{A}_y$.

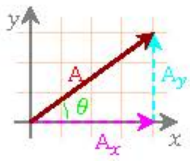
فائدة: المتجه $\mathbf{A}_x$ يوازي محور x ، المتجه $\mathbf{A}_y$ يوازي محور y .

تحليل المتجه

تعريفها: عملية تجزئة المتجه إلى مركّباته في اتجاه محور x ومحور y .

اتجاه المتجه: الزاوية التي يصنعها المتجه مع محور x مقاسة في اتجاه عكس عقارب الساعة.

حساب مركّبتي المتجه ..



$$A_x = A\cos\theta$$

$$A_y = A\sin\theta$$

A_x المركبة الأفقية للمتجه A المتجه الأصلي

A_y المركبة الرأسية للمتجه θ زاوية ميل المتجه

فائدة: مقدار المتجه الأصلي يكون دائمًا أكبر من مقدار أي مركّبة من مركّبتيه، أما إذا انطبق المتجه الأصلي على المحور x أو المحور y فإن إحدى مركّبتيه تساوي طوله.

21/5 اختر: إذا كانت الزاوية التي يصنعها المتجه مع محور x الموجب أكبر من $90°$ وأقل من $180°$ ؛ فإن ..

A $A_x = 0$ B $A_x > 0$

C $A_y < 0$ D $A_y > 0$

22/5 اختر: إذا كانت الزاوية التي يصنعها المتجه مع محور x الموجب تساوي $90°$ ؛ فإن ..

A $A_x = 0$ B $A_y = 0$

C $A_y < 0$ D $A_x > 0$

23/5 اكتب المصطلح العلمي: الظل العكسي لخارج قسمة المركّبة y على المركّبة x للمتجه المحصل.

24/5 اختر: يمكن حساب زاوية المتجه المحصل θ من خلال العلاقة ..

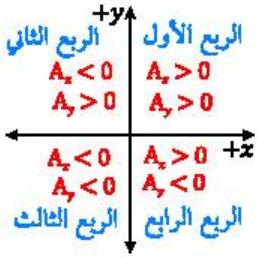
A $\tan^{-1}\left(\frac{R_x}{R_y}\right)$

B $\tan^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right)$

C $\cos^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right)$

D $\tan\left(\frac{R_y}{R_x}\right)$

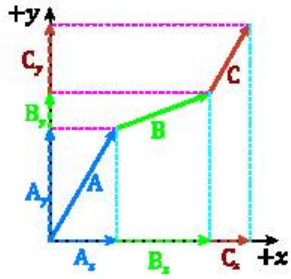
إشارة مركّبة المتجه



- تعتمد إشارة مركبة المتجه على الربع الذي تقع فيه.
- إذا كانت الزاوية التي يصنعها المتجه مع محور x الموجب أكبر من $90°$ ؛ فإن إشارة إحدى المركّبتين أو كلتيهما تكون سالبة.

جمع المتجهات جبريًا

- **خطوات إيجاد المتجه المحصل R للمتجهات A و B و C ..**



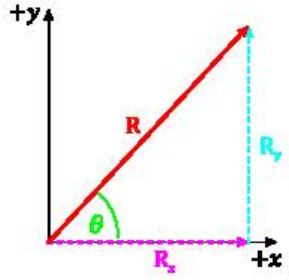
١ نحلل كل متجه إلى مركّبتيه على محوري x ، y .

٢ نجمع المركّبات الأفقية (مركّبات المحور x)؛ لإيجاد المركّبة الأفقية للمحصلة R_x ..

$$R_x = A_x + B_x + C_x$$

٣ نجمع المركّبات الرأسية (مركّبات المحور y)؛ لإيجاد المركّبة الرأسية للمحصلة R_y ..

$$R_y = A_y + B_y + C_y$$



٤ نحسب مقدار المتجه المحصل R باستعمال نظرية فيثاغورس ..

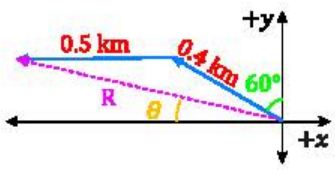
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

- **زاوية المتجه المحصل ..**
- **تعريفها:** الظل العكسي لخارج قسمة المركّبة y على المركّبة x للمتجه المحصل.
- **حسابها:** $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right)$.

أمثلة على جمع المتجهات

3 ص138: يمشي أحمد مسافة 0.4 km بزاوية 60° غرب الشمال، ثم يمشي 0.5 km غربًا، ما إزاحة أحمد؟

الحل: نرسم المتجهات لتحديد المحصلة ثم نحلل كل متجه إلى مركّبتين ..



المسافة المقطوعة	المركّبة على محور x	المركّبة على محور y
A = 0.4 km	$-0.4\sin 60°$	$0.4\cos 60°$
B = 0.5 km	-0.5	0

تنبيه: الإشارة السالبة تعني أن النقاط الإحداثية في اتجاه الغرب.

نحسب المركّبتين الأفقية والرأسية للمحصلة ..

$$\mathbf{R}_x = -0.4\sin 60° - 0.5 \approx -0.85$$

$$\mathbf{R}_y = 0.4\cos 60° = 0.2$$

أولاً: نحسب مقدار المحصلة الكلية ..

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(-0.85)^2 + (0.2)^2} \approx 0.87$$

∴ مقدار إزاحة أحمد 0.87 km

ثانيًا: نحسب اتجاه المحصلة ..

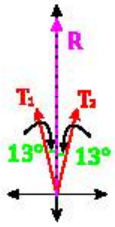
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{0.2}{-0.85}\right) \approx -13.24°$$

∴ اتجاه إزاحة أحمد 13.24° شمال الغرب

فائدة: لحساب $\tan^{-1}\left(\frac{0.2}{-0.85}\right)$ بالآلة الحاسبة نضغط الأزرار التالية تباعًا:

◄ **6 ص138:** أرجوحة طفل معلقة بحبلين يميلان عن الرأســـي بزاوية 13° ، وهما مربوطان إلى فرع شـجرة، فإذا كان الشـد في كل حبل 2.28 N ؛ فما مقدار واتجاه القوة المحصلة التي يؤثر بها الحبلان في الأرجوحة؟

◄ **الحل:** نحلل كل قوة إلى مركبتين ..



القوة	المركّبة على محور x	المركّبة على محور y
$T_1 = 2.28\ N$	$-2.28 \sin 13°$	$2.28 \cos 13°$
$T_2 = 2.28\ N$	$2.28 \sin 13°$	$2.28 \cos 13°$

نحسب المحصلة على المحورين x و y ومنها نحسب المحصلة الكلية ..

$$R_x = -2.28 \sin 13° + 2.28 \sin 13° = 0$$

$$R_y = 2.28 \cos 13° + 2.28 \cos 13° = 4.44\ N$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{0 + 4.44^2} = 4.44\ N$$

∴ القوة المحصلة 4.44 N واتجاهها إلى الأعلى

5-2 الاحتكاك

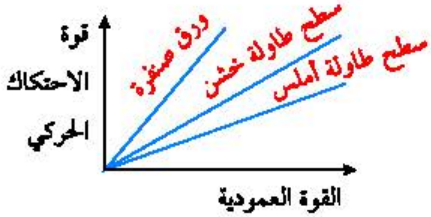
الاحتكاك

- **المقصود به:** قوة تمانع حركة الأجسام أو تجعلها تتوقف عن الحركة.
- **من فوائده:** نحتاج إليه عند بدء حركة السيارة أو الدراجة وعند وقوفنا.
- **أنواعه ..**
  - **احتكاك سكوني:** قوة تؤثر في سطح بواسطة سطح آخر عندما لا توجد حركة بينهما.
  - **احتكاك حركي:** قوة تؤثر في سطح عندما يتحرك ملامساً لسطح آخر.
- **تنبيه:** الاحتكاك السكوني له قيمة قصوى، فعندما تصبح القوة المؤثرة على جسم أكبر من قيمته القصوى يتحرك الجسم ويبدأ الاحتكاك الحركي في التأثير بدلاً من السكوني.

أساسيات عن قوة الاحتكاك

- **تعتمد قوة الاحتكاك على ..**
  - المواد التي تتكون منها السطوح.
  - القوة العمودية المؤثرة على الجسم: قوة الاحتكاك الحركي تتناسب طردياً مع القوة العمودية (تزيد قوة الاحتكاك الحركي بزيادة القوة العمودية).

- **القوة العمودية وقوة الاحتكاك ..**
  - العلاقة بين قوة الاحتكاك الحركي والقوة العمودية علاقة خطية.
  - ميل الخط المستقيم يسمى معامل الاحتكاك الحركي.



قوة الاحتكاك الحركي

- **مقدارها:** حاصل ضرب معامل الاحتكاك الحركي في القوة العمودية.
- **العلاقة الرياضية ..**

$$f_k = \mu_k F_N$$

f_k قوة الاحتكاك الحركي [N] F_N القوة العمودية [N]

μ_k معامل الاحتكاك الحركي

25 ضع ✓ أو × : الاحتكاك قوة تمانع حركة الأجسام أو تجعلها تتوقف عن الحركة.

26 ضع ✓ أو × : نحتاج إلى الاحتكاك عند بدء حركة السيارة أو الدراجة وعند وقوفنا.

27 **املأ الفراغ:** الاحتكاك نوعان ..... و ..... .

28 **اكتب المصطلح العلمي:** قوة تؤثر في سطح بواسطة سطح آخر عندما لا توجد حركة بينهما.

29 **املأ الفراغ:** إذا تحرك سطح ملامساً لسطح آخر، إن نوع الاحتكاك بينهما ..... .

30 **اختر:** يتحرك جسم عندما تؤثر عليه قوة ..... القيمة القصوى لقوة الاحتكاك السكوني.

A أصغر من B تساوي

C أكبر من D نصف

31 **اختر:** العلاقة بين قوة الاحتكاك الحركي والقوة العمودية علاقة ..

A عكسية B ثابتة

C خطية D منحنية

32 ضع ✓ أو × : قوة الاحتكاك لا تعتمد على المواد التي تتكون منها السطوح.

33/5 اختر: قوة الاحتكاك الحركي ..... عند زيادة القوة العمودية.

A تزداد B تنقص

C تساوي صفراً D لا تتغير

34/5 املأ الفراغ: في العلاقة البيانية بين قوة الاحتكاك الحركي والقوة العمودية، ميل الخط المستقيم يساوي عدديًا معامل ..... .

35/5 اختر: إذا لم تؤثر قوة على الجسم الساكن فإن مقدار قوة الاحتكاك السكوني ..

A كبيرة B صفر

C صغيرة D تتضاعف

36/5 اختر: إذا كانت هناك قوة تحاول أن تحرك جسم؛ فإن ..... تزداد لتصل إلى قيمتها القصوى قبل أن تتغلب عليها القوة ويبدأ الجسم بالحركة.

A قوة الاحتكاك الحركي

B القوة العمودية

C قوة وزن الجسم

D قوة الاحتكاك السكوني

37/5 اختر: يدفع طالب طاولة كتلتها 10 kg على سطح أفقي معامل احتكاكه الحركي 0.2 ، احسب مقدار قوة الاحتكاك الحركي. $(g = 10\ \text{m/s}^2)$

A 10 N B 20 N

C 25 N D 100 N

قوة الاحتكاك السكوني

- مقدارها: أقل من أو تساوي حاصل ضرب معامل الاحتكاك السكوني في القوة العمودية.
- العلاقة الرياضية ..

$$f_s \leq \mu_s F_N$$

f_s قوة الاحتكاك السكوني [N] F_N القوة العمودية [N]

μ_s معامل الاحتكاك السكوني

- تنبيه: $\mu_s F_N$ قوة الاحتكاك السكوني القصوى.
- فائدتان ..
  - إذا لم تكن هناك قوة تؤثر على الجسم فإن مقدار قوة الاحتكاك السكوني صفر.
  - إذا كانت هناك قوة تحاول أن تسبب الحركة فإن قوة الاحتكاك السكوني تزداد لتصل إلى قيمتها القصوى قبل أن تتغلب عليها القوة ويبدأ الجسم بالحركة.
- تعليل: معادلة الاحتكاك الحركي ومعادلة الاحتكاك السكوني تحوي مقادير القوى فقط لأن الزاوية بين القوتين F_N و f قائمة.

أمثلة على قوى الاحتكاك

15 ص142: يؤثر فتى بقوة أفقية مقدارها 36 N في زلاجة وزنها 52 N عندما يسحبها على رصيف أسمنتي بسرعة منتظمة، ما معامل الاحتكاك الحركي بين الرصيف والزلاجة الفلزية؟ أهمل مقاومة الهواء.

- الحل: نحسب قوة الاحتكاك الحركي والقوة العمودية، ثم نحسب معامل الاحتكاك ..

$$F_N = F_g = 52\ \text{N}$$

$$f_k = F = 36\ \text{N}$$

$$f_k = \mu_k F_N \quad \Rightarrow \quad \mu_k = \frac{f_k}{F_N} = \frac{36}{52} = 0.69$$

16 ص142: يدفع عامر صندوقًا ممتلئًا بالكتب من مكتبه إلى سيارته، فإذا كان وزن الصندوق والكتب معًا 134 N ومعامل الاحتكاك السكوني بين البلاط والصندوق 0.55 فما مقدار القوة التي يجب أن يدفع بها عامر حتى يبدأ الصندوق في الحركة؟

- الحل: نحسب القوة العمودية وقوة الاحتكاك الحركي، ثم نحسب القوة ..

$$F_N = F_g = 134\ \text{N}$$

$$f_k = \mu_k F_N = 0.55 \times 134 = 73.7\ \text{N}$$

القوة التي يجب أن يدفع بها عامر حتى يبدأ الصندوق في الحركة = 73.7 N

▼ 5-3 القوة والحركة في بُعدين ▼

الاتزان

◄ **المقصود به:** يتزن جسم عندما تكون محصلة القوى المؤثرة فيه صفراً.

◄ **حالات حدوثه ..**

◄ جسم ساكن.

◄ جسم متحرك بسرعة ثابتة في خط مستقيم.

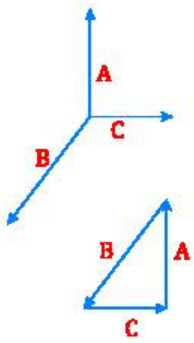
◄ **مثال توضيحي ..**

◄ في الشكل المجاور ثلاث قوى تؤثر في جسم نقطي، لإيجاد مقدار القوة المحصلة المؤثرة في الجسم ..

(١) نقوم بنقل المتجهات مع المحافظة على مقاديرها واتجاهاتها.

(٢) نلاحظ أن المتجهات A ، B ، C تشكل مثلثاً مغلقاً فتكون المحصلة صفراً.

(٣) نستنتج أن الجسم متزن.



القوة الموازنة

◄ **المقصود بها:** القوة التي تجعل الجسم متزنًا.

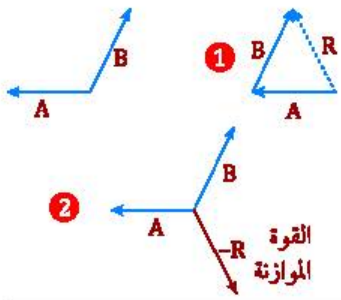
◄ **فائدة:** القوة الموازنة تساوي القوة المحصلة في المقدار وتعاكسها في الاتجاه.

◄ **مثال توضيحي ..**

◄ تؤثر قوتان A و B على جسم لإيجاد القوة الموازنة نتبع الخطوات التالية:

(١) نوجد القوة المحصلة R للقوتين A و B .

(٢) القوة الموازنة تساوي القوة المحصلة في المقدار وتعاكسها في الاتجاه.



38/5 ◄ ضع ✓ أو × : يتزن جسم عندما تكون محصلة القوى المؤثرة فيه صفراً.

39/5 ◄ اختر: مقدار محصلة القوى المؤثرة على الجسم الساكن ..

A صغيرة جداً

B يساوي الصفر

C كبيرة جداً

D يساوي وزن الجسم

40/5 ◄ اختر: من حالات الاتزان أن يكون الجسم ..

A متحركًا بتسارع موجب

B متحركًا بتسارع سالب

C ساكنًا

D متحرك في مسار متعرج

41/5 ◄ ضع ✓ أو × : الجسم المتحرك بسرعة ثابتة في خط مستقيم يعدّ جسماً غير متزن.

42/5 ◄ اكتب المصطلح العلمي: القوة التي تجعل الجسم متزنًا.

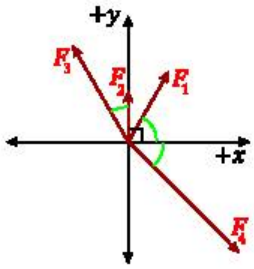
43/5 ◄ ضع ✓ أو × : القوة الموازنة تساوي القوة المحصلة في المقدار وتعاكسها في الاتجاه.

44/5 ◄ اختر: اتجاه القوة الموازنة ..... اتجاه القوة المحصلة.

A في نفس　　B يعاكس

C عمودي على　　D يميل بزاوية على

أمثلة على القوى الموازنة



مثال: أوجد القوة الموازنة للقوى التالية:

$F_1 = 50$ N في اتجاه يصنع زاوية 60° شمال الشرق.

$F_2 = 30$ N في اتجاه الشمال.

$F_3 = 70$ N في اتجاه يصنع زاوية 30° غرب الشمال.

$F_4 = 100$ N في اتجاه يصنع زاوية 45° جنوب الشرق.

الحل: يتم إيجاد القوة الموازنة واتجاهها وفقًا للخطوات التالية ..

(١) نحلل كل قوة إلى مركّبتين ..

القوة	المركّبة على محور x	المركّبة على محور y
$F_1 = 50$ N	$50\cos 60°$	$50\sin 60°$
$F_2 = 30$ N	0	30
$F_3 = 70$ N	$-70\sin 30°$	$70\cos 30°$
$F_4 = 100$ N	$100\cos 45°$	$-100\sin 45°$

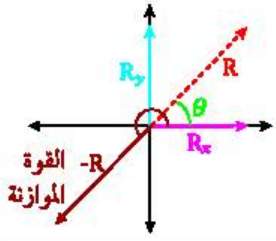
(٢) نحسب المركّبات على المحور x معًا والمركّبات على المحور y معًا مع مراعاة الإشارات، ثم نحسب المحصلة ..

$$R_x = 50\cos 60° + 0 - 70\ \sin 30° + 100\cos 45° = 60.71 \text{ N}$$

$$R_y = 50\sin 60° + 30 + 70\cos 30° - 100\sin 45° = 63.21 \text{ N}$$

$$R = \sqrt{{R_x}^2 + {R_y}^2} = \sqrt{(60.71)^2 + (63.21)^2} \approx 87.64$$

∴ القوة الموازنة 87.64 N



(٣) نوجد اتجاه القوة المحصلة ..

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{63.21}{60.71}\right) \approx 46.16°$$

(٤) نوجد اتجاه القوة الموازنة ..

اتجاه القوة الموازنة $= 180° + 46.6° = 226.84°$

45/5 املأ الفراغ: من أمثلة حركة جسم على مستوى مائل ..... .

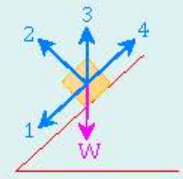
46/5 ضع ✓ أو × : قوة الاحتكاك بين جسم ومستوى دائماً تؤثر في اتجاه حركة الجسم نفسه.

47/5 اختر: يستقر صندوق وزنه 562 N على سطح مائل يصنع زاوية 30° فوق الأفقي، إن مركبة قوة الوزن الموازية للسطح تساوي ..

A 140.5 N B 281 N

C 487 N D 562 N

48/5 اختر: في الشكل المجاور يتزلق جسم وزنه W على سطح مائل بدون احتكاك، أي الأسهم الأربعة تمثل القوة العمودية F_N ؟

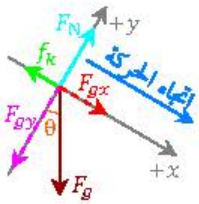


A 1 B 2

C 3 D 4

الحركة على مستوى مائل

- من أمثلتها: التزلج على المنحدرات الجليدية.
- **القوى المؤثرة في حركة جسم على مستوى مائل ..**



١ قوة الجاذبية الأرضية: تؤثر نحو الأسفل في اتجاه مركز الأرض.

٢ القوة العمودية: تؤثر في اتجاه عمودي على السطح في اتجاه محور $+y$.

٣ قوة الاحتكاك: تؤثر في عكس اتجاه حركة الجسم.

- **مركّبتا الوزن لجسم على مستوى مائل ..**

$$F_{gx} = F_g \sin\theta$$
$$F_{gy} = -F_g \cos\theta$$

F_{gx} مركّبة الوزن الموازية للسطح [N] F_g وزن الجسم [N]

F_{gy} مركّبة الوزن العمودية على السطح [N] θ زاوية ميل المستوى

- **مركّبتا التسارع لجسم على مستوى مائل ..**

$$a_y = 0$$
$$a_x = g(\sin\theta - \mu_k \cos\theta)$$

a_y مركّبة التسارع في اتجاه محور y $[m/s^2]$ μ_k معامل الاحتكاك الحركي

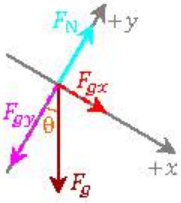
a_x مركّبة التسارع في اتجاه محور x $[m/s^2]$ θ زاوية ميل المستوى

g تسارع الجاذبية $[m/s^2]$

- فائدة: الجسم الموجود على سطح مائل له مركّبة وزن (أصغر من وزنه) في اتجاه يوازي السطح تجعل الجسم يتسارع في اتجاه أسفل السطح.

أمثلة على الحركة على مستوى مائل

32 ص150: يتزلق سامي في حديقة الألعاب على سطح مائل يصنع زاوية 35° مع الأفقي، فإذا كانت كتلته 43 kg فما مقدار القوة العمودية بين سامي والسطح المائل؟



- الحل:

$$F_N = F_{gy} = mg\cos\theta = 43 \times 9.8 \cos 35° = 345.19 \text{ N}$$

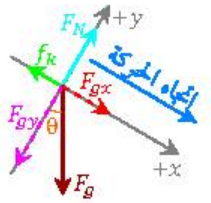
49/5 اختر: يقف شخص كتلته 62 kg على زلاجة، ويتزلق إلى أسفل منحدر ثلجي يميل على الأفقي بزاوية 37° ، فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الزلاجة والثلج 0.15 ؛ فإن مقدار تسارع الزلاجة يساوي ..

A $4.7\ m/s^2$ B $8.14\ m/s^2$

C $9.3\ m/s^2$ D $24\ m/s^2$

35 ص150: يتزلق شخص كتلته 45 kg إلى أسفل سطح مائل على الأفقي بزاوية 45° ، فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الشخص والسطح 0.25 ؛ فما مقدار تسارعه؟

الحل:



$$a = a_x = \frac{F_{gx} - f_k}{m} = \frac{mg\sin\theta - \mu_k mg\cos\theta}{m}$$

$$a = \frac{45 \times 9.8\sin 45° - 0.25 \times 45 \times 9.8\cos 45°}{45}$$

$$= 5.2\ m/s^2$$

20 ص144: ساعدت والدك لتحرّكا خزانة كتب كتلتها 41 kg في غرفة المعيشة، فإذا دفعت الخزانة بقوة 65 N وتسارعت بمعدل $0.12\ m/s^2$ ؛ فما معامل الاحتكاك الحركي بين الخزانة والسجادة؟

الحل:

$$F_p - f_k = ma \quad \Rightarrow \quad F_p - \mu_k mg = ma$$

$$65 - \mu_k \times 41 \times 9.8 = 41 \times 0.12$$

$$65 - 401.8\mu_k = 4.92$$

$$-401.8\mu_k = -60.08 \qquad \text{(طرحنا 65 من الطرفين)}$$

$$\mu_k \approx 0.15 \qquad \text{(قسمنا الطرفين على } -401.8\text{)}$$

▼ حلول الفصل الخامس ▼

5-1 المتجهات

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
الكميات المتجهة	السرعة ، القوة	×	A	نظرية فيثاغورس	A	قانون جيب التمام	B	C	A	✓

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
✓	نقطة الأصل	✓	×	C	x	تحليل المتجه	اتجاه المتجه	C	D	A	زاوية المتجه المحصل	B

5-2 الاحتكاك

25	26	27	28	29
✓	✓	سكوني ، حركي	الاحتكاك السكوني	احتكاك حركي

30	31	32	33	34	35	36	37
C	C	×	A	الاحتكاك الحركي	B	D	B

5-3 القوة والحركة في بُعدين

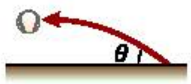
38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
✓	B	C	×	القوة الموازنة	✓	B	التزلج على المنحدرات الجليدية	×	B	B	A

الفصل السادس

الحركة في بُعدين

6-1 حركة المقذوف

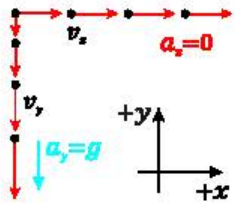
المقذوف



- **تعريفه:** الجسم الذي يطلق في الهواء.
- **مسار المقذوف:** حركة الجسم المقذوف في الهواء.

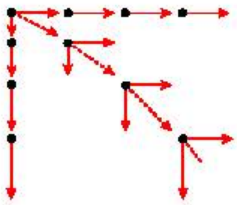
استقلالية الحركة في بعدين

- **حركة المقذوف:** يتحرك المقذوف في مسار منحنٍ أو على شكل قطع مكافئ.
- **مكونات حركة المقذوف:** تتركّب حركة المقذوف من حركتين ..



- **أفقية:** في حركة المقذوفات تظل السرعة الأفقية ثابتة لعدم وجود قوى تؤثر عليه في هذا الاتجاه.
- **رأسية:** في حركة المقذوفات تتغير السرعة الرأسية بانتظام بسبب قوة الجاذبية الأرضية.

- **مركّبتا التسارع ..**
- الحركة الأفقية للمقذوف تسارعها صفراً إذا أهملنا مقاومة الهواء.
- الحركة الرأسية للمقذوف لها تسارع ثابت هو تسارع الجاذبية الأرضية g .
- **تنبيه:** الحركتان الرأسية والأفقية للمقذوف مستقلتان.



- **السرعة المتجهة الكلية:** إذا جمعنا السرعة الأفقية والرأسية للمقذوف فإنهما تشكلان السرعة المتجهة الكلية.
- **تنبيه:** الزمن منذ انطلاق المقذوف حتى اصطدامه بالهدف هو نفسه للحركتين الأفقية والرأسية.

01/6 اكتب **المصطلح العلمي:** الجسم الذي يطلق في الهواء.

02/6 اختر: حركة الجسم المقذوف في الهواء تُسمى ..

A المدار B الإزاحة

C المجال D المسار

03/6 اختر: مسار حركة المقذوف على شكل ..

A دائري B قطع ناقص

C قطع مكافئ D قطع زائد

04/6 ضع ✓ أو × : تتركّب حركة المقذوف من حركتين أفقية ورأسية.

05/6 **املأ الفراغ:** تسارع الحركة الأفقية للمقذوف يساوي ..... .

06/6 اختر: تسارع الحركة الرأسية للمقذوف ..

A متغير B ثابت

C يساوي الصفر D متردد

07/6 اختر: زمن الحركة الأفقية للمقذوف ..... زمن الحركة الرأسية له.

A أصغر من B يساوي

C ضعف D أكبر من

08/6 ضع ✓ أو × : إذا جمعنا السرعة الأفقية والرأسية للمقذوف فإنهما تشكلان السرعة المتجهة الكلية.

09/6 ◄ ضـــع ✓ أو × : عندما يُطلق مقذوف بزاوية يكون لسرعته مركبة رأسية فقط.

10/6 ◄ اختر: عندما يرتفع الجسم المقذوف لأعلى فإن سرعته ..

A تتناقص B تظل ثابتة

C تتزايد D تتضاعف

11/6 ◄ املأ الفراغ: في حركة المقذوف عند كل نقطة في الاتجاه الرأسي، مقدار السرعة أثناء الصعود ..... مقدار السرعة أثناء النزول.

12/6 ◄ اختر: أُســـقطت برتقالة من ارتفاع مُعين في اللحظة نفسها التي أُطلقت فيها رصاصة أُفقيًا من بندقية من الارتفاع نفســـه، أي العبارات التالية صحيحة؟

A تســـارع الجاذبية الأرضـــية أكبر على البرتقالة؛ لأن البرتقالة أثقل

B تؤثر قوة الجاذبية الأرضـية في الرصـاصـة بصورة أقل من البرتقالة؛ لأن الرصاصة أسرع

C ستكون سرعتاهما متساويتين

D سيصـطدم الجسـمان بالأرض في اللحظة نفسها

أمثلة على المقذوفات التي تُطلق أفقيًا

◄ **1 ص164:** قُذف حجر أفقيًا بسرعة 5 m/s من فوق سطح بناية ارتفاعها 78.4 m ..

(a) ما الزمن الذي يستغرقه الحجر للوصول إلى أسفل البناية؟

(b) على أي بُعد من قاعدة البناية يرتطم الحجر بالأرض؟

(c) ما مقدار المركّبتين الرأسية والأفقية لسرعة الحجر قُبيل اصطدامه بالأرض؟

◄ **الحل:**

(a) نحسب الزمن الذي يستغرقه الحجر للوصول إلى أسفل البناية ..

$$d_y = v_{yi}t + \frac{1}{2}gt^2 \qquad (v_{yi} = 0)$$

$$78.4 = 0 \times t + \frac{1}{2} \times 9.8t^2$$

$$78.4 = 4.9t^2$$

$$t^2 = 16 \qquad \text{(قسمنا الطرفين على 4.9)}$$

$$t = 4\ \text{s} \qquad \text{(حسبنا الجذر التربيعي للطرفين)}$$

(b) نحسب بُعد نقطة الارتطام عن قاعدة البناية ..

$$d_x = v_x t = 5 \times 4 = 20\ \text{m}$$

(c) نحسب مركّبتي السرعة قُبيل الاصطدام بالأرض ..

$$v_x = 5\ \text{m/s} \qquad \text{(المركّبة الأفقية للسرعة ثابتة)}$$

$$v_{yf} = v_{yi} + gt$$

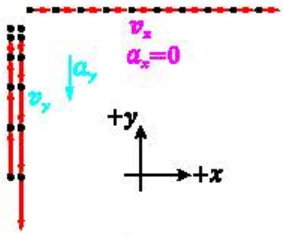
$$= 0 + 9.8 \times 4 \qquad \text{(المركّبة الرأسية للسرعة تتغير بانتظام)}$$

$$= 39.2\ \text{m/s}$$

المقذوفات التي تُطلق بزاوية

◄ **مركّبتا سرعتها:** مركّبة أفقية ، مركّبة رأسية.

◄ **مرحلتا حركتها ..**



◄ **المرحلة الأولى:** يرتفع الجسـم المقذوف بسـرعة تتناقص حتى يصل إلى أقصى ارتفاع له.

◄ **المرحلة الثانية:** يأخذ الجسـم المقذوف في السـقوط بسرعة متزايدة.

◄ **فائدة:** عند كل نقطة في الاتجاه الرأسي، مقدار السرعة أثناء الصعود = مقدارها أثناء النزول.

13/6 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** المسافة الأفقية التي يقطعها المقذوف.

14/6 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** الزمن الذي يقضيه المقذوف في الهواء.

15/6 ◄ **اختر:** الجمع الاتجاهي لكل من v_x ، v_y عند كل موضع يشير إلى اتجاه ..

A أقصى ارتفاع B المدى

C اتجاه التحليق D زمن التحليق

16/6 ◄ ضع ✓ أو × : التوءات على سطح كرة الجولف تقلل مقاومة الهواء فيزيد المدى الأفقي.

◄ **نظام المحاور للمقذوفات بزاوية ..**

◄ محور x الموجب أفقيًا لليمين.

◄ محور y الموجب رأسيًا لأعلى.

◄ **المدى الأفقي:** المسافة الأفقية التي يقطعها المقذوف.

◄ **زمن التحليق:** الزمن الذي يقضيه المقذوف في الهواء.

◄ **فائدة:** الجمع الاتجاهي لكل من v_x ، v_y عند كل موضع يشير إلى اتجاه التحليق.

◄ **تعليلان ..**

◄ إذا أهملنا مقاومة الهواء فلن يكون للمركّبة الأفقية لحركة المقذوفات تسارع لأن سرعتها ثابتة لا تتغير.

◄ عند أقصى ارتفاع يصل إليه المقذوف تكون له سرعة أفقية فقط لأن سرعته الرأسية تساوي صفرًا.

◄ **تطبيق:** التوءات على سطح كرة الجولف تقلل مقاومة الهواء فيزيد المدى الأفقي.

خطوات حل المسائل في المقذوفات

◄ **خطوات حساب أقصى ارتفاع ..**

١ ◄ نحسب المركبة الرأسية للسرعة الابتدائية .. $v_{yi} = v_i \sin\theta$

٢ ◄ نحسب زمن الصعود لأقصى ارتفاع .. $t = \frac{v_{yi}}{g}$

٣ ◄ نحسب أقصى ارتفاع .. $y_{max} = v_{yi}t + \frac{1}{2}gt^2$

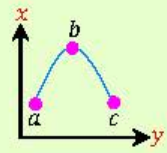
◄ **خطوات حساب المدى الأفقي ..**

١ ◄ نحسب مركّبتي السرعة على المحورين x و y .. $v_x = v_i \cos\theta$ ، $v_{yi} = v_i \sin\theta$

٢ ◄ نحسب زمن الصعود لأقصى ارتفاع .. $t = \frac{v_{yi}}{g}$

٣ ◄ نحسب المدى الأفقي .. $R = 2v_x t$

17/6 ◄ اختر: يمثل الشكل المجاور حركة مقذوف، أي التالي صحيح؟



A $v_a = v_b$ B $v_b = v_c$

C $v_a = v_c$ D $v_a = v_b = v_c$

18/6 ◄ اختر: أطلقت قذيفة بزاوية 30° مع الأفقي وبسرعة مقدارها 39.2 m/s ، احسب الزمن بالثانية اللازم لكي تصل إلى أقصى ارتفاع؟ ($g = 9.8\ m/s^2$)

A 1 B 2

C 3 D 4

أمثلة على المقذوفات

◄ **3 ص166:** قذف لاعب كرة من مستوى الأرض بسرعة متجهة ابتدائية 27 m/s في اتجاه يميل على الأفقي بزاوية مقدارها 30° بالنسبة للأفقي، أوجد كلاً من الكميات التالية، علماً أن مقاومة الهواء مهملة ..

(a) زمن تحليق الكرة.

(b) أقصى ارتفاع تصله الكرة.

(c) المدى الأفقي للكرة.

◄ **الحل:** نحسب مركّبتي السرعة، ثم نحسب زمن أقصى ارتفاع ..

$$v_x = v_i \cos\theta = 27 \cos 30° = 23.38\ m/s$$

$$v_{yi} = v_i \sin\theta = 27 \sin 30° = 13.5\ m/s$$

$$t = \frac{v_{yi}}{g} = \frac{13.5}{9.8} \approx 1.38\ s$$

(a) زمن التحليق ..

$$\text{زمن تحليق الكرة} = 2t = 2 \times 1.38 = 2.76\ s$$

(b) أقصى ارتفاع ..

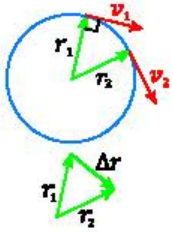
$$y_{max} = v_{yi}t + \frac{1}{2}gt^2 = 13.5 \times 1.38 + \frac{1}{2}(-9.8)(1.38)^2 = 9.29\ m$$

(c) المدى الأفقي ..

$$R = 2v_x t = 2 \times 23.8 \times 1.38 = 64.53\ m$$

6-2 الحركة الدائرية

وصف الحركة الدائرية



◄ **الحركة الدائرية المنتظمة:** حركة جسم أو جسيم بسرعة ثابتة المقدار حول دائرة نصف قطرها ثابت.

◄ **تعليل:** يتسارع الجسم الذي يتحرك بسرعة ثابتة المقدار في مسار دائري لأن اتجاه السرعة يتغير.

◄ **متجه الموقع:** متجه إزاحة ذيله عند نقطة الأصل.

◄ **السرعة المتجهة المتوسطة ..**

$$\bar{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t}$$

$\bar{v}$ السرعة المتجهة المتوسطة [m/s] Δt التغير في الزمن [s] Δr متجه الإزاحة [m]

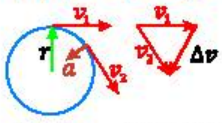
◄ **فائدة:** متجه السرعة يكون عموديًا على متجه الموقع r ، أي مماس لمحيط الدائرة.

التسارع في الحركة الدائرية

◄ **التسارع المتوسط ..**

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$\bar{a}$ تسارع الجسم [m/s²] Δt التغير في الزمن [s] Δv متجه السرعة المتوسطة [m/s]



◄ **اتجاه التسارع:** اتجاه التغير في السرعة يكون في اتجاه مركز الدائرة لذا فإن اتجاه التسارع يشير نحو مركز الدائرة.

◄ **التسارع المركزي:** تسارع جسم يتحرك حركة دائرية بسرعة ثابتة المقدار ويكون في اتجاه مركز الدائرة التي يتحرك فيها الجسم.

◄ **تعليل:** التسارع المركزي يسمى بهذا الاسم لأن اتجاهه دائمًا يشير إلى مركز الدائرة.

◄ **حساب التسارع المركزي ..**

$$a_c = \frac{v^2}{r} \qquad a_c = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

a_c التسارع المركزي [m/s²] r نصف قطر دائرة الحركة [m]

v مقدار السرعة [m/s] T الزمن الدوري [s]

◄ **الزمن الدوري للحركة الدائرية:** الزمن اللازم للجسم لإكمال دورة كاملة.

19/6 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** حركة جسم بسرعة ثابتة المقدار حول دائرة نصف قطرها ثابت.

20/6 ◄ **اختر:** الجسم الذي يتحرك في مسار دائري بسرعة ثابتة المقدار تسارعه ..

A يساوي الصفر

B ينتج من تغير مقدار السرعة

C ينتج من تغير اتجاه السرعة

D ينتج من تغير مقدار السرعة واتجاهها

21/6 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** متجه إزاحة ذيله عند نقطة الأصل.

22/6 ◄ **ضع ✓ أو × :** متجه السرعة لجسم يتحرك حركة دائرية يكون موازيًا لمتجه الموقع.

23/6 ◄ **ضع ✓ أو × :** في الحركة الدائرية يكون اتجاه التغير في السرعة في اتجاه مركز الدائرة.

24/6 ◄ **املأ الفراغ:** اتجاه التسارع المركزي يشير نحو .....

25/6 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** تسارع جسم يتحرك حركة دائرية بسرعة ثابتة المقدار ويكون في اتجاه مركز الدائرة التي يتحرك فيها الجسم.

26/6 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** محصلة القوى التي تؤثر نحو مركز الدائرة والتي تسبب التسارع المركزي للجسم.

27/6 ◄ **اختر:** تقف نحلة على حافة عجلة دوارة وعلى بُعد 2 m من المركز، فإذا كان مقدار السرعة المماسية للنحلة 3 m/s ؛ فما مقدار تسارعها المركزي؟

A $18\ m/s^2$ B $6\ m/s^2$

C $4.5\ m/s^2$ D $1.5\ m/s^2$

أمثلة على التسارع المركزي

◄ **10 ص171:** يسير متسابق بسرعة مقدارها 8.8 m/s في منعطف نصف قطره 25 m ، ما مقدار التسارع المركزي للمتسابق؟

◄ **الحل:**

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{8.8^2}{25} \approx 3.1\ m/s^2$$

◄ **12 ص171:** تتحرك طائرة بسرعة مقدارها 201 m/s عند دورانها في مسار دائري، ما أقل نصف قطر لهذا المسار بوحدة km يستطيع أن يُشكله قائد الطائرة على أن يُبقي التسارع المركزي أقل من $5\ m/s^2$ ؟

◄ **الحل:**

$$a_c = \frac{v^2}{r} \Rightarrow r = \frac{v^2}{a_c} = \frac{201^2}{5} = 8080\ m = \frac{8080}{1000} = 8.08\ km$$

القوة المركزية

◄ **المقصود بها:** محصلة القوى التي تؤثر نحو مركز الدائرة والتي تسبب التسارع المركزي للجسم.

◄ **من أمثلتها:** القوة المسببة لدوران الأرض حول الشمس.

◄ **العلاقة الرياضية ..**

$$F_{محصلة} = m a_c$$

$F_{محصلة}$ القوة المحصلة المركزية [N]

m كتلة الجسم [kg]

a_c التسارع المركزي $[m/s^2]$

◄ **تنبيهان ..**

◄ عند حل مسائل الحركة الدائرية نختار محورين ..

أحدهما: في اتجاه التسارع (في اتجاه مركز الدائرة) ويُسمى المحور c ؛ أي مركزيًا.

والآخر: في اتجاه السرعة المماسية للدائرة ويُسمى tang ؛ أي مماسيًا.

◄ تُعدّ هذه الحركة في بُعدين لذا نُطبق قانون نيوتن الثاني.

28/6 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** قوة وهمية يبدو أنها تسحب الجسم المتحرك بسرعة دائرية ثابتة.

29/6 ◄ ضع ✓ أو × : القوة الطاردة المركزية قوة حقيقية.

30/6 ◄ **اختر:** إذا علق جسم كتلته 0.2 kg بخيط طول 1 m ، ما مقدار القوة المركزية المؤثرة على الجسم عندما يتم دورة خلال 3.14 s ؟

A 0.2 N　　B 0.4 N

C 0.6 N　　D 0.8 N

31/6 ◄ **اختر:** أديرت سدادة مطاطية كتلتها 13 g ، مثبتة عند طرف خيط طوله 0.93 m ، في مسار دائري أفقي لتكمل دورة كاملة خلال 1.18 s ، احسب قوة الشد التي يؤثر بها الخيط في السدادة.

A 0.09 N　　B 0.34 N

C 26.37 N　　D 342.79 N

القوة الوهمية

◄ **القوة الطاردة المركزية:** قوة وهمية يبدو أنها تسحب الجسم المتحرك بسرعة دائرية ثابتة.

◄ **مثال توضيحي ..**

◄ عندما تنعطف سيارة فجأة نحو اليسار فإن الراكب سيندفع نحو باب السيارة الأيمن لأن الراكب سيستمر في الحركة ولا ينعطف حيث لم تؤثر فيه قوة.

◄ **فائدة:** يعتقد البعض وجود قوة طاردة مركزية تؤثر في الأجسام تجعلها تندفع للخارج عندما تنعطف السيارة يمينًا أو يسارًا، وهذه القوة لا وجود لها.

أمثلة على القوة المركزية

◄ **43 ص181:** يُدَوِّر لاعب كرة كتلتها 7 kg مربوطة في سلسلة طولها 1.8 m ، وتتحرك في دائرة أفقية، إذا أتمت الكرة دورة واحدة في 1 s فاحسب مقدار تسارعها المركزي، واحسب مقدار قوة الشد في السلسلة.

◄ **الحل: التسارع المركزي ..**

$$a_c = \frac{4\pi^2 r}{T^2} = \frac{4\pi^2 \times 1.8}{1^2} = 71.06\ \text{m/s}^2$$

قوة الشد في السلسلة ..

$$F_T = ma_c = 7 \times 71.06 = 497.43\ \text{N}$$

◄ **15 ص171:** إذا حُرِّك حجر كتلته 40 g مثبت في نهاية خيط طوله 0.6 m في مسار دائري أفقي بسرعة مقدارها 2.2 m/s ؛ فما مقدار قوة الشد في الخيط؟

◄ **الحل:** نحسب التسارع المركزي، ثم نحسب قوة الشد ..

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{2.2^2}{0.6} = 8.07\ \text{m/s}^2$$

$$F_T = ma_c = 0.4 \times 8.07 = 3.23\ \text{N}$$

6-3 السرعة المتجهة النسبية

السرعة المتجهة النسبية

◄ **المقصود بها:** سرعة الجسم a بالنسبة للجسم c هي حاصل الجمع الاتجاهي لسرعة الجسم a بالنسبة للجسم b ثم سرعة الجسم b بالنسبة للجسم c .

◄ **حسابها ..**

$$v_{a/c} = v_{a/b} + v_{b/c}$$

$v_{a/c}$ سرعة الجسم a بالنسبة للجسم c [m/s]

$v_{a/b}$ سرعة الجسم a بالنسبة للجسم b [m/s]

$v_{b/c}$ سرعة الجسم b بالنسبة للجسم c [m/s]

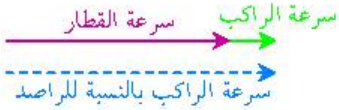
أمثلة على جمع السرعات النسبية في بُعد واحد

١ ◄ راصد ساكن يرصد قطاراً يتحرك بسرعة 20 m/s فيه راكب ساكن ..

سرعة الراكب بالنسبة للراصد = سرعة القطار = 20 m/s

سرعة الراكب بالنسبة للقطار = صفر

٢ ◄ راصد ساكن يرصد قطاراً يتحرك بسرعة 20 m/s ، وفيه راكب يتحرك نحو مقدمة القطار بسرعة 1 m/s ..



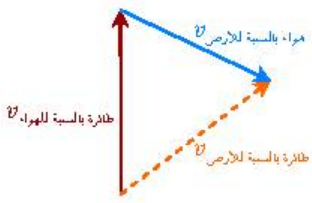
سرعة الراكب بالنسبة للراصد = سرعة الراكب + سرعة القطار = 21 m/s

٣ ◄ راصد ساكن يرصد قطاراً يتحرك بسرعة 20 m/s ، وفيه راكب يتحرك نحو مؤخرة القطار بسرعة 1 m/s ..

سرعة الراكب بالنسبة للراصد = سرعة القطار − سرعة الراكب = 19 m/s

أمثلة على جمع السرعات النسبية في بُعدين

◄ للوصول إلى هدفهم يأخذ الملاحون الجويّون بعين الاعتبار سرعتهم بالنسبة للهواء واتجاهها وكذلك سرعة الرياح واتجاهها لذلك يُطبق مبدأ جمع السرعات النسبية في بُعدين.



◄ يمكن تطبيق نظرية فيثاغورس أو قانون الجيب أو جيب التمام على مثلث السرعات.

32/6 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** حاصل الجمع الاتجاهي لسرعة الجسم a بالنسبة للجسم b وسرعة الجسم b بالنسبة للجسم c .

33/6 ◄ **اختر:** إذا كنت تركب قطاراً يتحرك بسرعة مقدارها 15 m/s بالنسبة إلى الأرض، وركضت مُسرعاً في اتجاه مقدمة القطار بسرعة 2 m/s بالنسبة إلى القطار؛ فما سرعتك بالنسبة إلى الأرض؟

A 2 m/s　　B 13 m/s

C 15 m/s　　D 17 m/s

34/6 ◄ **اختر:** قارب صيد سرعته القصوى 3 m/s بالنسبة لماء نهر يجري بسرعة 2 m/s ، إن أدنى سرعة يصل إليها القارب بالنسبة لضفة النهر ..

A 1 m/s　　B 4 m/s

C 5 m/s　　D 6 m/s

35/6 ◄ **اختر:** يتحرك قارب في نهر بسرعة 2.5 m/s بالنسبة إلى الماء، بينما يُسجل القارب راصد يقف عل ضفة النهر فيجدها 0.5 m/s بالنسبة إليه، ما سرعة ماء النهر؟

A 2 m/s في اتجاه حركة القارب

B 3 m/s في اتجاه حركة القارب

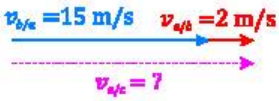
C 2 m/s في اتجاه معاكس لحركة القارب

D 3 m/s في اتجاه معاكس لحركة القارب

أمثلة على السرعة المتجهة النسبية

19 ص174: إذا كُنت تركب قطاراً يتحرك بسرعة 15 m/s بالنسبة إلى الأرض، وركضت مسرعاً في اتجاه مقدمة القطار بسرعة 2 m/s بالنسبة إلى القطار؛ فما سرعتك بالنسبة إلى الأرض؟

الحل:

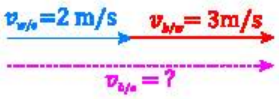


$$v_{a/c} = v_{a/b} + v_{b/c} = 2 + 15 = 17 \text{ m/s}$$

22 ص175: قارب صيد سرعته القصوى 3 m/s بالنسبة إلى ماء نهر يجري بسرعة 2 m/s ، ما أقصى سرعة يصل إليها القارب بالنسبة لضفة النهر؟ وما أدنى سرعة يصل إليها؟ اذكر اتجاه القارب بالنسبة إلى الماء في الحالتين السابقتين.

الحل:

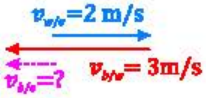
أولاً: نحسب أقصى سرعة يصل إليها القارب ..



$$v_{b/e} = v_{b/w} + v_{w/e} = 2 + 3 = 5 \text{ m/s}$$

اتجاه القارب في اتجاه ماء النهر نفسه

ثانياً: نحسب أدنى سرعة يصل إليها القارب ..

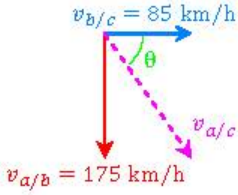


$$v_{b/e} = v_{b/w} - v_{w/e} = 3 - 2 = 1 \text{ m/s}$$

اتجاه القارب في عكس اتجاه ماء النهر

24 ص175: تطير طائرة في اتجاه الجنوب بسرعة 175 km/h بالنسبة إلى الهواء، وهناك رياح تهب في اتجاه الشرق بسرعة 85 km/h بالنسبة إلى الأرض، ما مقدار سرعة الطائرة واتجاهها بالنسبة إلى الأرض؟

الحل: ترمز a للطائرة، و b للرياح، و c للأرض ..



مقدار سرعة الطائرة: السرعتان متعامدتان لذلك سنستخدم نظرية فيثاغورس ..

$$(v_{a/c})^2 = (v_{a/b})^2 + (v_{b/c})^2$$

$$v_{a/c} = \sqrt{(v_{a/b})^2 + (v_{b/c})^2} = \sqrt{(175)^2 + (85)^2} = 190 \text{ km/h}$$

مقدار الزاوية التي تحركت بها الطائرة ..

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_{a/b}}{v_{b/c}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{175}{85}\right) = 64^\circ$$ جنوب الشرق

36/6 اختر: يركب أحمد وجمال قارباً يتحرك في اتجاه الشرق بسرعة 4 m/s ، إذا دحرج أحمد كرة بسرعة 0.75 m/s في اتجاه الشمال في عرض القارب في اتجاه جمال؛ فما سرعة الكرة المتجهة بالنسبة إلى الماء؟

A 1.5 m/s　　B 3.25 m/s

C 4.1 m/s　　D 4.75 m/s

▼ حلول الفصل السادس ▼

◄ 6-1 حركة المقذوف

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
المقذوف	D	C	✓	صفر	B	B	✓	×	A

11	12	13	14	15	16	17	18
يساوي	D	المدى الأفقي	زمن التحليق	C	✓	C	B

◄ 6-2 الحركة الدائرية

19	20	21	22	23	24
الحركة الدائرية المنتظمة	C	متجه الموقع	×	✓	مركز الدائرة

25	26	27	28	29	30	31
التسارع المركزي	القوة المركزية	C	القوة الطاردة المركزية	×	D	B

◄ 6-3 السرعة المتجهة النسبية

32	33	34	35	36
السرعة المتجهة النسبية	C	D	C	C

الفصل السابع

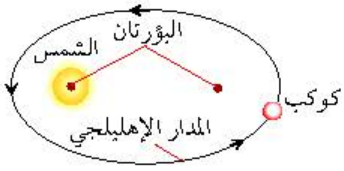
الجاذبية

▼ 7-1 حركة الكواكب والجاذبية ▼

مقدمة عن حركة الكواكب

- كان يُعتقد قديمًا أن الشمس والقمر والكواكب والنجوم تدور كلها حول الأرض.
- **العالم كوبرنيكس:** بيَّن أن حركة الكواكب يمكن فهمها بصورة أفضل إذا افترضنا أن الأرض وغيرها من الكواكب تدور حول الشمس.

القانون الأول لكبلر

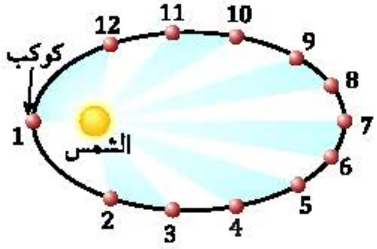


- **نصه:** الكواكب تتحرك في مدارات إهليلجية وتكون الشمس في إحدى البؤرتين.
- **فائدة:** المدار الإهليلجي له بؤرتان.

المذنبات

- تدور المذنبات في مدارات إهليليجية مثل الكواكب والنجوم.
- **الزمن الدوري للمذنب:** الزمن اللازم للمذنب ليكمل دورة واحدة.
- **أقسام المذنبات حسب زمنها الدوري ..**
- **المجموعة الأولى:** زمنها الدوري أكبر من 200 سنة، **مثل** المذنب هال ــ بوب الذي زمنه الدوري 2400 سنة.
- **المجموعة الثانية:** زمنها الدوري أقل من 200 سنة، **مثل:** المذنب هالي الذي زمنه الدوري 76 سنة.

القانون الثاني لكبلر



- **نصه:** الخط الوهمي من الشمس إلى الكواكب يمسح مساحات متساوية في أزمنة متساوية.
- **فائدة:** تتحرك الكواكب بسرعة أكبر عندما تكون قريبة من الشمس، بينما تتحرك بسرعة أبطأ عندما تكون بعيدة عنها.

01/7 ضع ✓ أو × : كان يُعتقد قديمًا أن الشمس والقمر والكواكب والنجوم تدور كلها حول الأرض.

02/7 اختر: توصل إلى أن الأرض والكواكب تدور جميعها حول الشمس ..

A كوبرنيكس B براهي
C كبلر D نيوتن

03/7 **اكتب المصطلح العلمي:** الكواكب تتحرك في مدارات إهليلجية وتكون الشمس في إحدى البؤرتين.

04/7 اختر: حسب قانون كبلر الأول فإن مدارات الكواكب ..

A دائرية B خطية
C إهليلجية D كروية

05/7 **اكتب المصطلح العلمي:** الزمن اللازم للمذنب ليكمل دورة واحدة.

06/7 **اكتب المصطلح العلمي:** الخط الوهمي من الشمس إلى الكواكب يمسح مساحات متساوية في أزمنة متساوية.

07/7 اختر: تتحرك الكواكب بسرعة أبطأ عندما تكون ..... الشمس.

A قريبة من B بعيدة عن
C موازية لـ D متعامدة مع

08/7 ◄ اكتب المصطلح العلمي: مربع النسبة بين زمنين دوريين لكوكبين حول الشمس يساوي مكعب النسبة بين متوسطي بُعديهما عن الشمس.

09/7 ◄ اختر: يستعمل القانون الثالث لكبلر في ..

A مقارنة أبعاد الكواكب بأزمانها الدورية

B حساب نصف قطر القمر

C حساب نصف قطر الأرض

D حساب نصف قطر الشمس

10/7 ◄ ضع ✓ أو × : يستعمل القانون الثاني لكبلر في مقارنة الأبعاد والأزمان الدورية للقمر وللأقمار الاصطناعية حول الأرض.

11/7 ◄ اختر: في قانون كبلر الثالث، يتناسب الزمن الدوري (T) لكوكب حول الشمس مع بُعده عن الشمس (r) حسب التالي ..

A $T^2 \propto r^3$ B $T^3 \propto r^2$

C $T^3 \propto \frac{1}{r^2}$ D $T^2 \propto \frac{1}{r^3}$

12/7 ◄ اختر: قمران في مداريهما حول كوكب؛ نصف قطر مدار أحدهما $8.0\times10^6\ m$ وزمنه الدوري $1.0\times10^6\ s$ ، ونصف قطر مدار القمر الثاني $2.0\times10^7\ m$ ، ما الزمن الدوري للقمر الثاني؟

A $5.0\times10^5\ s$ B $4.0\times10^6\ s$

C $2.5\times10^6\ s$ D $1.3\times10^7\ s$

القانون الثالث لكبلر

◄ **نصه**: مربع النسبة بين زمنين دوريين لكوكبين حول الشمس يساوي مكعب النسبة بين متوسطي بُعديهما عن الشمس.

◄ **صيغته الرياضية ..**

$$\left(\frac{r_A}{r_B}\right)^3 = \left(\frac{T_A}{T_B}\right)^2$$

T_A الزمن الدوري للجسم A [يوم] r_A بُعد الكوكب A من الشمس [وحدة فلكية]

T_B الزمن الدوري للجسم A [يوم] r_B بُعد الكوكب B عن الشمس [وحدة فلكية]

◄ **استخدامه ..**

- مقارنة أبعاد الكواكب عن الشمس بأزمانها الدورية.
- مقارنة الأبعاد والأزمان الدورية للقمر وللأقمار الاصطناعية حول الأرض.

◄ **فائدة**: القانونان الأول والثاني لكبلر يطبقان على كل كوكب على حده، أما القانون الثالث فيربط حركة أكثر من كوكب حول الجسم نفسه.

أمثلة على قانون كبلر الثالث

◄ **2 ص188**: يدور كويكب حول الشمس في مدار متوسط نصف قطره يساوي ضعف متوسط نصف قطر مدار الأرض، احسب زمنه الدوري بالسنوات الأرضية.

◄ **الحل**:

$$\left(\frac{T_{كويكب}}{T_{أرض}}\right)^2 = \left(\frac{r_{كويكب}}{r_{أرض}}\right)^3$$

(نعوض: سنة أرضية 1 = $T_{أرض}$ و $r_{كويكب} = 2r_{أرض}$)

$$\left(\frac{T_{كويكب}}{1}\right)^2 = \left(\frac{2r_{أرض}}{r_{أرض}}\right)^3$$

$$\left(T_{كويكب}\right)^2 = 8$$

$T_{كويكب}$ = 2.83 سنة أرضية (حسبنا الجذر التربيعي للطرفين)

◄ **مثال1 ص188**: قاس جاليليو أبعاد مدارات أقمار المشتري مستعملاً قطر المشتري وحدةَ قياس، ووجد أن الزمن الدوري لأقرب قمر 1.8 يوم، وكان على بُعد 4.2 وحدات من مركز المشتري، أما القمر الرابع فزمنه الدوري 16.7 يومًا، احسب بُعد القمر الرابع عن المشتري باستعمال الوحدات التي استعملها جاليليو.

◄ **الجواب النهائي**: 19 وحدة.

13/7 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** الأجسام تجذب أجسامًا أخرى بقوة تتناسب طرديًا مع حاصل ضرب كتلها وعكسيًا مع مربع المسافة بين مراكزها.

14/7 ◄ **اختر:** قوة التجاذب بين جسمين تعتمد على ..

A الحجم والمسافة

B الكتلة والمسافة

C الكتلة والكثافة

D الزمن الدوري والكتلة

15/7 ◄ **اختر:** إذا تضاعفت المسافة بين جسمين؛ فإن القوة الجاذبة بينهما ..

A تنقص إلى الربع

B تنقص إلى النصف

C تزيد إلى الضعف

D لا تتغير

16/7 ◄ **اختر:** قوة الجاذبية بين جسمين تساوي 100 N ، إذا نقصت كتلة أحدهما إلى النصف؛ فإن قوة الجاذبية بينهما ستُصبح ..

A 200 N　　B 150 N

C 100 N　　D 50 N

قانون نيوتن في الجذب الكوني

◄ **نصه:** الأجسام تجذب أجسامًا أخرى بقوة تتناسب طرديًا مع حاصل ضرب كتلها، وعكسيًا مع مربع المسافة بين مراكزها.

◄ **العلاقة الرياضية ..**

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

F قوة الجاذبية [N]　　m_1 كتلة الجسم الأول [kg]

G ثابت الجذب الكوني [$N.m^2/kg^2$]　　m_2 كتلة الجسم الثاني [kg]

r المسافة بين مركزي الجسمين [m]

◄ **فائدتان ..**

◄ إذا زادت إحدى كتلتي جسمين إلى الضعف؛ فإن قوة التجاذب بينهما تزيد إلى الضعف لأن قوة التجاذب تتناسب طرديًا مع الكتلة.

◄ إذا زادت المسافة بين مركزي جسمين إلى الضعف؛ فإن قوة التجاذب بينهما تنقص إلى الربع لأن قوة التجاذب تتناسب عكسيًا مع مربع المسافة.

أمثلة على قانون نيوتن في الجذب الكوني

◄ **8 ص193:** ما قوة الجاذبية بين جسمين كتلة كل منهما 15 kg والمسافة بين مركزيهما 35 cm وقيمة ثابت الجذب الكوني G تساوي $6.67\times10^{-11}\ N.m^2/kg^2$ ؟ وما نسبة هذه القوة إلى وزن أي منهما؟

◄ **الحل:** قوة الجاذبية بين الجسمين ..

$cm \xrightarrow{\times10^{-2}} m$

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$= \frac{(6.67\times10^{-11})\times15\times15}{(35\times10^{-2})^2}$$

$$= 1.23\times10^{-7}\ N$$

نحسب وزن الجسم ثم نحسب نسبة القوة الجاذبة إلى وزن الجسم ..

$$F = mg = 15\times9.8 = 147\ N$$

$$\frac{F}{F_g} = \frac{1.23\times10^{-7}}{147} = 8.33\times10^{-10}$$

41 ص209: إذا كان البعد بين مركزي كرتين 2 m ، وكانت كتلة إحداهما 8 kg وكتلة الأخرى 6 kg وقيمة ثابت الجذب الكوني G تساوي $6.67\times10^{-11}\ \mathrm{N.m^2/kg^2}$ ، فما قوة الجاذبية بينهما؟

◄ الحل:

$$F = \mathrm{G}\frac{m_1 m_2}{r^2} = \frac{(6.67\times10^{-11})\times8\times6}{2^2} = 8\times10^{-10}\ \mathrm{N}$$

43 ص209: إذا كانت قوة الجاذبية بين إلكترونين البعد بينهما 1 m تساوي 5.54×10^{-71} N ، وقيمة ثابت الجذب الكوني G تساوي $6.67\times10^{-11}\ \mathrm{N.m^2/kg^2}$ فاحسب كتلة الإلكترون.

◄ الحل:

$$F = \mathrm{G}\frac{m_e m_e}{r^2}$$

$$m_e{}^2 = \frac{Fr^2}{\mathrm{G}}$$ (بادلنا الطرفين وضربناهما في $\frac{r^2}{\mathrm{G}}$)

$$m_e{}^2 = \frac{(5.54\times10^{-71})\times1^2}{(6.67\times10^{-11})} = 8.3\times10^{-61}$$

$$m_e = 9.11\times10^{-31}\ \mathrm{kg}$$ (حسبنا الجذر التربيعي للطرفين)

الجذب الكوني والقانون الثالث لكبلر

◄ **الزمن الدوري لكوكب**: الزمن اللازم لدوران الكوكب دورة كاملة حول الشمس.

◄ **العلاقة الرياضية ..**

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{\mathrm{G}m_s}}$$

T الزمن الدوري لكوكب يدور حول الشمس [s] — r نصف قطر مدار الكوكب [m]

G ثابت الجذب الكوني $[\mathrm{N.m^2/kg^2}]$ — m_s كتلة الشمس [kg]

◄ **فائدتان ..**

- مربع الزمن الدوري يتناسب مع مكعب المسافة الفاصلة بين مراكز الأجسام.
- ينطبق قانون الزمن الدوري لكوكب على المدارات دائرية الشكل والمدارات الإهليلجية.

◄ **تنبيه**: علاقة الزمن الدوري لكوكب تُسمى **صيغة نيوتن للقانون الثالث لكبلر**؛ حيث تم استنتاجها بالربط بين قانون الجذب الكوني وقانون كبلر الثالث.

17/7 ◄ **اكتب المصطلح العلمي**: الزمن اللازم لدوران الكوكب دورة كاملة حول الشمس.

18/7 ◄ **اختر**: يتناسب مربع الزمن الدوري لكوكب مع ..... مداره حول الشمس.

A نصف قطر

B قطر

C مربع نصف قطر

D مكعب نصف قطر

19/7 ◄ ضع ✓ أو × : ينطبق قانون الزمن الدوري لكوكب على المدارات دائرية الشكل فقط.

20/7 ◄ **اختر**: من العوامل المؤثرة على الزمن الدوري لدوران كوكب حول الشمس ..

A نصف قطر مدار الكوكب

B كتلة الكوكب

C حجم الشمس

D حجم الكوكب

21/7 اختر: لقياس قوة الجاذبية بين جسمين تستخدم تجربة ..

A نيوتن　　B كبلر

C كوبرنيكس　　D كافندش

22/7 اختر: تُستخدم تجربة كافندش في قياس ..

A كتل الأجسام

B قيمة ثابت الجذب الكوني

C تكور الأجسام

D جميع ما سبق

23/7 املأ الفراغ: في تجربة كافندش، عند وضع الكرات الكبيرة بالقرب من الصغيرة يدور الذراع بسبب ..... .

24/7 اختر: في تجربة كافندش عند تساوي قوة اللي للسلك الرفيع وقوة التجاذب بين الكرات ..... الذراع.

A يتوقف　　B يرتفع

C ينخفض　　D يدور

25/7 املأ الفراغ: في تجربة كافندش تقاس قوة التجاذب بين الكتل من خلال قياس الزاوية التي يشكّلها دوران ..... .

26/7 املأ الفراغ: تجربة ..... تُسمى تجربة إيجاد وزن الأرض.

مثال على حساب الزمن الدوري لكوكب

6 ص193: يدور نبتون حول الشمس في مدار نصف قطره 4.495×10^{12} m ، فإذا كانت كتلة الشمس 1.99×10^{30} kg وقيمة ثابت الجذب الكوني 6.67×10^{-11} N.m^2/kg^2 ، فاحسب الزمن الدوري لنبتون.

الحل:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_s}} = 2\pi\sqrt{\frac{(4.495\times10^{12})^3}{(6.67\times10^{-11})(1.99\times10^{30})}} = 5.2\times10^9 \text{ s}$$

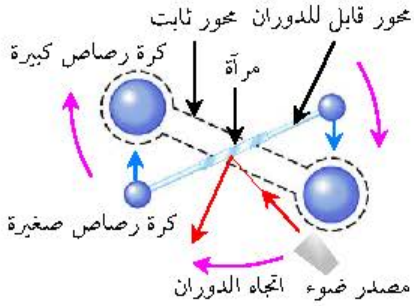
$$T = 5.2\times10^9 \text{ s} = \frac{5.2\times10^9}{24\times60\times60} \text{ day} = 6.02\times10^4 \text{ day}$$

تجربة كافندش وقياس ثابت الجذب الكوني

أهمية تجربة كافندش ..

- أكدت توقعات نيوتن من حيث وجود قوة تجاذب بين أي جسمين.
- تحديد قيمة تجريبية لثابت الجذب الكوني G .
- ساعدت على حساب كتلة الأرض.

تركيب الجهاز المستخدم ..



- ذراع أفقية تحمل كرتين صغيرتين من الرصاص عند نهايتها، والذراع معلقة من منتصفها بسلك رفيع قابل للدوران.
- كرتان كبيرتان من الرصاص ثابتتان.

فكرة عمل الجهاز ..

١ عند وضع الكرات الكبيرة بالقرب من الصغيرة تؤدي قوة الجاذبية إلى دوران الذراع.

٢ عند تساوي قوة اللي للسلك الرفيع وقوة التجاذب بين الكرات تتوقف الذراع عن الدوران.

٣ تقاس قوة التجاذب بين الكتل من خلال قياس الزاوية التي شكّلها دوران الذراع والذي يقاس بمساعدة الشعاع الضوئي المنعكس عن مرآة مستوية.

◄ **تعليل:** تُسمى تجربة كافندش تجربة إيجاد وزن الأرض لأنها ساعدت على حساب كتلة الأرض.

◄ **بمعرفة قيمة الثابت G يمكن حساب ..**

- كتلة الشمس.
- قوة الجاذبية بين أي كتلتين.

◄ **العلاقة الرياضية المستخدمة لحساب كتلة الأرض و تسارع الجاذبية الأرضية ..**

$$m_E = \frac{g r_E^2}{G}$$

$$g = \frac{G m_E}{r_E^2}$$

m_E كتلة الأرض [kg] r_E نصف قطر الأرض [m]

g تسارع الجاذبية [m/s^2] G ثابت الجذب الكوني [$N.m^2/kg^2$]

- تنبيه: تسارع الجاذبية يتناسب طرديًا مع كتلة الأرض وعكسيًا مع مربع نصف قطرها.

◄ **تعليل:** لا تظهر قوة التجاذب بين الأجسام التي نشاهدها في حياتنا اليومية لصغر كتلها.

27/7 ◄ ضع ✓ أو × : تسارع الجاذبية الأرضية يتناسب عكسيًا مع كتلة الأرض.

28/7 ◄ ضع ✓ أو × : تسارع الجاذبية الأرضية يتناسب عكسيًا مع مربع نصف قطر الأرض.

29/7 ◄ اختر: إذا بدأت الأرض في الانكماش وبقيت كتلتها ثابتة؛ فإن قيمة تسارع الجاذبية g ..

A لا تتغير B تنقص

C تزيد D تتلاشى

30/7 ◄ اختر: إذا تضاعفت كتلة الأرض فإن تسارع الجاذبية ..

A يقل للنصف B يقل للربع

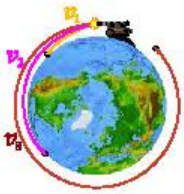
C يتضاعف D لا يتغير

▼ 7-2 استخدام قانون الجذب الكوني ▼

مدارات الكواكب والأقمار الاصطناعية

◄ **تعليل:** لاحظ العلماء أن مدار كوكب أورانوس الذي تم حسابه بواسطة قانون الجاذبية لا يتفق مع المدار الفعلي لهذا الكوكب بسبب وجود كوكب نبتون الذي يجذب أورانوس بالإضافة إلى جذب الشمس له.

◄ **فكرة نيوتن لتوضيح حركة الأقمار الاصطناعية ..**



◄ تَخَيَّل مدفعًا يُطلق قذيفة في اتجاه أفقي بسرعة معينة v_1 فتكون لها سرعة أفقية وأخرى رأسية.

◄ تتخذ القذيفة مسارًا على شكل قطع مكافئ ثم تسقط على الأرض.

◄ إذا زادت السرعة الأفقية للقذيفة v_2 ؛ فإنها ستقطع مسافة أطول على سطح الأرض ولكنها ستسقط عليه في النهاية.

◄ إذا انطلقت القذيفة من مدفع ضخم بسرعة كبيرة مناسبة v_3 فإنها ستسير المسافة كاملةً حول الأرض (تتحرك في مسار دائري حول الأرض).

حركة القمر الاصطناعي

◄ **وصفها:** يدور القمر الاصطناعي على ارتفاع ثابت عن الأرض حركة دائرية منتظمة.

◄ **تعليل:** القمر الاصطناعي يبدو لمراقب على سطح الأرض كأنه فوق بقعة معينة لا يتحرك لأن السرعة المدارية للقمر الاصطناعي تتفق مع معدل دوران الأرض.

◄ **كتلة القمر الاصطناعي ..**

◄ كلما زادت كتلة القمر الاصطناعي تطلب ذلك صاروخًا أقوى لإيصاله إلى مداره.

◄ سرعة القمر الاصطناعي في مداره لا تعتمد على كتلته.

31/7 ◄ اختر: إذا أطلق مدفع قذيفة في اتجاه أفقي بسرعة ما؛ فإن القذيفة ستتخذ مسارًا على شكل ..

A قطع زائد　　B قطع مكافئ

C قطع ناقص　　D مسار دائري

32/7 ◄ اختر: إذا انطلقت قذيفة من مدفع ضخم على الأرض بسرعة كبيرة في اتجاه أفقي؛ فإنها ستتحرك في مسار على شكل ..

A خط مستقيم

B قطع زائد

C قطع ناقص

D دائري حول الأرض

33/7 ◄ ضع ✓ أو × : يدور القمر الاصطناعي على ارتفاع ثابت عن الأرض حركة دائرية منتظمة.

34/7 ◄ اختر: السرعة المدارية للقمر الاصطناعي ..... معدل دوران الأرض.

A تقل عن　　B تتوافق مع

C تزيد عن　　D ضعف

35/7 ◄ اختر: يدور قمر اصطناعي حول الأرض، أي العوامل التالية تعتمد عليها سرعته؟

A كتلة القمر

B البُعد عن الأرض فقط

C كتلة الأرض وبُعده عن الأرض

D كتلة الشمس

36/7 ◄ اختر: قمراً نصف قطر مداره $6.7 \times 10^4\ km$ ومقدار سرعته $2 \times 10^5\ m/s$ ، يدور حول كوكب صغير، ما كتلة الكوكب الذي يدور حوله القمر؟ $G = 6.67\times10^{-11}\ N.m^2/kg^2$

A $2.5 \times 10^{18}\ kg$

B $2.5 \times 10^{23}\ kg$

C $4.0 \times 10^{20}\ kg$

D $4.0 \times 10^{28}\ kg$

سرعة القمر الاصطناعي وزمنه الدوري

◄ **العلاقات الرياضية ..**

$v = \sqrt{\frac{Gm_E}{r}}$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_E}}$	$r = h + r_E$

v سرعة القمر [m/s] — T الزمن الدوري للقمر الاصطناعي [s]

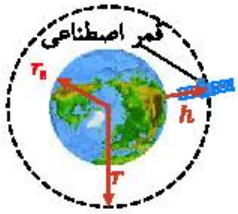
G ثابت الجذب الكوني $[N.m^2/kg^2]$ — h ارتفاع القمر عن سطح الأرض [m]

m_E كتلة الأرض [kg] — r_E نصف قطر الأرض [m]

r نصف قطر المدار [m]

◄ **تنبيه:** يمكن استعمال معادلتي سرعة القمر الاصطناعي وزمنه الدوري لأي جسم آخر يتحرك في مدار حول جسم ثانٍ، فيحل محل m_E في المعادلتين كتلة الجسم المركزي، وستكون r المسافة بين مركز الجسم الذي يتحرك في المدار ومركز الجسم المركزي.

مثال على سرعة القمر الاصطناعي وزمنه الدوري



◄ **مثال2 ص 196:** قمر اصطناعي يدور حول الأرض على ارتفاع 225 km فوق سطحها، إذا علمت أن كتلة الأرض 5.97×10^{24} kg ونصف قطر الأرض 6.38×10^6 m وقيمة الثابت G تساوي $6.67\times10^{-11}\ N.m^2/kg^2$ ؛ فما مقدار سرعة القمر المدارية وزمنه الدوري؟

◄ **الحل:** نصف قطر مدار القمر ..

$\text{km} \xrightarrow{\times10^3} \text{m}$ $\quad r = h + r_E = 225 \times 10^3 + 6.38\times10^6 = 6.61\times10^6$ m

أولاً: نحسب سرعة القمر المدارية ..

$$v = \sqrt{\frac{Gm_E}{r}} = \sqrt{\frac{(6.67 \times 10^{-11}) \times (5.97\times10^{24})}{(6.61 \times 10^6)}} = 7761.57\ \text{m/s}$$

ثانياً: نحسب الزمن الدوري للقمر ..

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_E}} = 2\pi\sqrt{\frac{(6.61 \times 10^6)^3}{(6.67 \times 10^{-11}) \times (5.97 \times 10^{24})}} = 5350.96\ \text{s}$$

37/7 ◄ اختر: كلما ابتعدنا عن الأرض فإن التسارع الناتج عن الجاذبية ..

A يتضاعف　　B يزيد

C ينقص　　D لا يتغير

38/7 ◄ اختر: إذا تضاعفت كتلة الأرض فإن تسارع الجاذبية ..

A يقل للنصف　　B يقل للربع

C يتضاعف　　D لا يتغير

39/7 ◄ اختر: ما مقدار تسارع الجاذبية الأرضية على ارتفاع 9.6×10^6 m من مركز الأرض بوحدة m/s² ؟ علمًا أن نصف قطر الأرض 6.4×10^6 m .

A $\frac{2}{3}g$　　B $\frac{4}{9}g$

C $\frac{3}{2}g$　　D $\frac{9}{4}g$

40/7 ◄ اكتب المصطلح العلمي: قوة جذب الأرض للجسم.

41/7 ◄ اكتب المصطلح العلمي: حالة يكون فيها الوزن الظاهري للجسم صفرًا.

42/7 ◄ اختر: شعور رواد الفضاء داخل مكوك الفضاء بانعدام الوزن سببه ..

A انعدام الجاذبية الأرضية

B تساوي تسارعهم مع تسارع المكوك

C تساوي سرعتهم مع سرعة المكوك

D توافق سرعة المكوك مع سرعة الأرض

تسارع الأجسام الناشئ عن الجاذبية الأرضية

◄ **المقصود به:** معدل زيادة سرعة الأجسام عندما تسقط سقوطًا حرًا نحو الأرض.

◄ **العلاقة الرياضية ..**

$$a = g\left(\frac{r_E}{r}\right)^2$$

r_E نصف قطر الأرض [m]　　a التسارع الناشئ عن الجاذبية الأرضية [m/s²]

g تسارع الجاذبية الأرضية [m/s²]　　r بُعد الجسم عن مركز الأرض [m]

◄ **فائدة:** كلما ابتعدنا عن الأرض فإن التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية ينقص تبعًا لعلاقة التربيع العكسي السابقة.

الوزن وانعدام الوزن

◄ **الوزن:** قوة جذب الأرض للجسم.

◄ **انعدام الوزن:** حالة يكون فيها الوزن الظاهري للجسم صفرًا وتُدعى (zero − g).

◄ **مثال توضيحي ..**

◄ في مكوك الفضاء عند ارتفاع 400 km فوق سطح الأرض تصبح $g = 8.7$ m/s² ، أي أصغر بقليل من قيمتها على سطح الأرض، مما يعني أن قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في المكوك لا تساوي صفرًا، وهذه الجاذبية تسبب دورانه حول الأرض.

◄ رواد الفضاء في المركبات الفضائية يبدون عديمي الوزن رغم أنهم يتعرضون للجاذبية الأرضية لأنهم يتسارعون بنفس تسارع حركة المكوك مما يجعل وزنهم الظاهري يساوي صفرًا فيشعرون بانعدام وزنهم، (لو قفز رجل يحمل حجرًا من طائرة فإنه سيشعر أثناء سقوطه بأن الحجر عديم الوزن).

◄ **مثال:** مكوك الفضاء عند ارتفاع 400 km فوق سطح الأرض، إذا علمت أن نصف قطر الأرض 6.38×10^6 m فما مقدار تسارع المكوك الناشئ عن الجاذبية الأرضية؟

◄ **الحل:** نحسب نصف قطر المدار، ثم نحسب تسارع المكوك ..

$$r = h + r_E = 400\times10^3 + 6.38\times10^6 = 6.78\times10^6 \text{ m}$$

km $\xrightarrow{\times10^3}$ m

$$a = g\left(\frac{r_E}{r}\right)^2 = 9.8\left(\frac{6.38\times10^6}{6.78\times10^6}\right)^2 = 8.68 \text{ m/s}^2$$

43/7 ◄ **اكتب المصطلح العلمي:** التأثير المحيط بجسم له كتلة.

44/7 ◄ ضع ✓ أو × : قوة الجاذبية تعمل بين أجسام متلامسة فقط.

45/7 ◄ **اختر:** وحدة قياس مجال الجاذبية ..

A N/kg B N/kg^2

C kg/N D kg/N^2

46/7 ◄ ضع ✓ أو × : مجال الجاذبية للشمس المؤثر على كوكب يظهر تأثيره في مكان وجود الكوكب.

47/7 ◄ **املأ الفراغ:** قيمة شدة المجال الجاذبي للأرض عند سطحها يساوي ..... .

48/7 ◄ **اختر:** إذا علمت أن كتلة القمر 7.3×10^{22} kg ونصف قطره 1785 km ، وقيمة ثابت الجذب الكوني G تساوي $6.67\times10^{-11}\ N.m^2/kg^2$ ؛ فما شدة مجال الجاذبية على سطحه؟

A $1.528\ m/s^2$ B $1.6\ m/s^2$

C $3.056\ m/s^2$ D $9.80\ m/s^2$

49/7 ◄ ضع ✓ أو × : شدة المجال الجاذبي للأرض تتناسب طرديًا مع مربع البعد عن مركز الأرض.

50/7 ◄ **اختر:** تعتمد شدة مجال جاذبية الأرض على ..

A كتلة الأرض B كتلة الجسم

C كتلة الشمس D حجم الشمس

مجال الجاذبية

◄ **المقصود به:** التأثير المحيط بجسم له كتلة، ويساوي ثابت الجذب الكوني مضروبًا في كتلة الجسم ومقسومًا على مربع البُعد عن مركز الجسم، ويكون اتجاهه في اتجاه مركز الكتلة.

◄ **العلاقة الرياضية ..**

$g = \frac{F}{m}$	$g = \frac{GM}{r^2}$

g مجال الجاذبية $[N/kg \cong m/s^2]$ r البعد عن مركز الجسم $[m]$

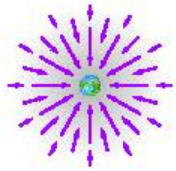
G ثابت الجذب الكوني $[N.m^2/kg^2]$ F القوة المؤثرة على جسم في مجال الجاذبية $[N]$

M كتلة الجسم المسبب للمجال $[kg]$ m كتلة الجسم الموضوع في المجال $[kg]$

◄ **فائدة:** قوة الجاذبية تؤثر عن بُعد وتعمل بين أجسام غير متلامسة أو قد تكون بعيدة.

◄ **مثال توضيحي:** عند دوران كوكب حول الشمس فإنه يخضع لقوة تؤثر فيه والتي تنتج بسبب تفاعل كتلة الكوكب مع المجال الجاذبي للشمس في مكان وجود الكوكب وليس مع الشمس نفسها.

المجال الجاذبي للأرض



◄ **قيمته:** شدة المجال الجاذبي عند سطح الأرض تساوي 9.8 N/kg .

◄ **تمثيله:** مجموعة من المتجهات تحيط بالأرض وتشير إلى مركزها.

◄ **العوامل المؤثرة فيه ..**

- شدة المجال الجاذبي تتناسب عكسيًا مع مربع البعد عن مركز الأرض.
- شدة المجال الجاذبي تعتمد على كتلة الأرض وليس على كتلة الجسم.

أمثلة على مجال الجاذبية

◄ **48 ص209:** إذا كانت كتلة القمر 7.34×10^{22} kg وبُعد مركزه عن مركز الأرض 3.8×10^{8} m ، وكتلة الأرض 5.97×10^{24} kg وثابت الجذب الكوني $6.67\times10^{-11}\ Nm^2/kg^2$ ، فاحسب مقدار مجال الجاذبية للأرض على القمر.

◄ **الحل:**

$$g_{\text{الأرض على القمر}} = \frac{GM}{r^2} = \frac{(6.67\times10^{-11})(5.97\times10^{24})}{(3.8\times10^{8})^2} = 2.76\times10^{-3}\ N/kg$$

◄ **50 ص210**: إذا كانت كتلة رائد فضـاء 80 kg ، وقد فقد 25 % من وزنه عند نقطة في الفضاء، فما شدة مجال جاذبية الأرض عند هذه النقطة؟ علمًا أن $g = 9.8\ m/s^2$.

◄ **الحل**: وزن رائد الفضاء على سطح الأرض ..

$$F_g = mg = 80 \times 9.8 = 784\ N$$

وزن رائد الفضاء عند النقطة في الفضاء ..

$$F_g = mg = 784 \times 0.75 = 588\ N$$

شدة مجال جاذبية الأرض عند هذه النقطة ..

$$g = \frac{F}{m} = \frac{588}{80} = 7.35\ N/kg$$

الكتلة وأنواعها

◄ **الكتلة**: ميل المنحنى في الرسم البياني للقوة ـ التسارع.

◄ **أنواع الكتلة**: كتلة القصور ، كتلة الجاذبية.

◄ **كتلة القصور**: نسبة مقدار القوة المحصلة المؤثرة في جسم ما إلى مقدار تسارعه.

◄ **تعليل**: تُعدّ كتلة القصور مقياسًا لمانعة أو مقاومة الجسم لأي نوع من أنواع القوى المؤثرة فيه لأنه كلما كانت كتلة الجسم أكبر كان الجسم أقل تأثرًا بأي قوة وكان تسارعه أصغر.

◄ **العلاقة الرياضية المستخدمة في حساب كتلة القصور ..**

$$m_{\text{القصور}} = \frac{F_{\text{محصلة}}}{a}$$

a التسارع $[m/s^2]$ $F_{\text{محصلة}}$ القوة المحصلة $[N]$ $m_{\text{القصور}}$ كتلة القصور $[kg]$

◄ **ميزان القصور ..**

◄ وظيفته: حساب كتلة القصور لجسم.

◄ فكرة عمله: نؤثر بقوة في الجسم ثم نقيس تسارعه باستعمال ميزان القصور، ومنه نحسب كتلة القصور.

◄ **51/7** اختر: كتاب كتلته 1.25 kg ووزنه في الفضاء 8.35 N ، ما قيمة المجال الجاذبي في ذلك المكان بوحدة N/kg ؟

A 0.15 B 6.68

C 9.80 D 10.44

◄ **52/7** **اكتب المصطلح العلمي**: ميل المنحنى في الرسم البياني للقوة ـ التسارع.

◄ **53/7** **اكتب المصطلح العلمي**: نسبة مقدار القوة المحصلة المؤثرة في جسم ما إلى مقدار تسارعه.

◄ **54/7** اختر: مقياس لممانعة أو مقاومة الجسم لأي نوع من أنواع القوى المؤثرة فيه ..

A كتلة الجاذبية B كتلة القصور

C الوزن D الاحتكاك

◄ **55/7** **املأ الفراغ**: يُستعمل ..... لحساب كتلة القصور لجسم ما.

56/7 ◄ اختر: تحدد مقدار قوة الجاذبية بين جسمين ..

A كتلة الجاذبية　B كتلة القصور

C الوزن　D تسارع الجاذبية

57/7 ◄ اختر: يُستعمل لقياس كتلة الجاذبية ..

A الميزان ذو الكفتين

B قانون نيوتن

C ميزان القصور

D قانون كبلر

58/7 ◄ اكتب المصطلح العلمي: كتلة القصور وكتلة الجاذبية متساويتان في المقدار.

59/7 ◄ املأ الفراغ: مقدار كتلة الجاذبية ..... مقدار كتلة القصور.

60/7 ◄ املأ الفراغ: افترض ..... أن الجاذبية ليست مجرد قوة بل هي تأثير من الفضاء نفسه.

61/7 ◄ ضع ✓ أو × : حسب نظرية أينشتاين فإن الكتل تغير الفضاء المحيط بها فتجعله منحنيًا.

62/7 ◄ ضع ✓ أو × : من عيوب نظرية أينشتاين أنها لا توضح كيف تعمل الكتلة على انحناء الفضاء.

كتلة الجاذبية ومبدأ التكافؤ

◄ **كتلة الجاذبية:** الكتلة التي تُحدد مقدار قوة الجاذبية بين جسمين.

◄ حسابها ..

$$m_{\text{الجاذبية}} = \frac{r^2 F_{\text{الجاذبية}}}{Gm}$$

$m_{\text{الجاذبية}}$ كتلة الجاذبية لجسم [kg]　$F_{\text{الجاذبية}}$ قوة الجاذبية بين الجسمين [N]

m كتلة الجسم الثاني [kg]　G ثابت الجذب الكوني [$N.m^2/kg^2$]

r المسافة بين الجسمين [m]

◄ **الميزان ذو الكفتين:** يستخدم في قياس كتلة الجاذبية لجسم ما عن طريق قياس القوة المؤثرة فيها بسبب جاذبية الأرض.

◄ **مبدأ التكافؤ:** افترض نيوتن أن كتلة القصور وكتلة الجاذبية متساويتا المقدار.

نظرية أينشتاين في الجاذبية

◄ **النظرية النسبية العامة:** الجاذبية ليست مجرد قوة، بل هي تأثير من الفضاء نفسه.

◄ **نتائج نظرية أينشتاين ..**

- تنبأت بشكل دقيق في تأثيرات الجاذبية.
- الكتل تغير الفضاء المحيط بها فتجعله منحنيًا.
- تتسارع الأجسام بسبب الطريقة التي تسير بها في الفضاء المنحني.

◄ **انحراف الضوء ..**

- تنبأت نظرية أينشتاين بانحراف الضوء عند مروره قرب أجسام كتلها كبيرة جدًا.
- لاحظ علماء الفلك انحراف الضوء القادم من النجوم عند مروره قرب الشمس.

◄ **الثقوب السوداء ..**

- **وصفها:** أجسام كتلها كبيرة جدًا وكثافتها كبيرة، والضوء الخارج منها يرتد إليها بشكل كامل ولا يستطيع الخروج منها أبدًا.
- **يستدل على وجودها:** من خلال تأثيرها في النجوم القريبة منها.
- **كشف أماكنها:** عن طريق الأشعة الناتجة عن انجذاب المادة إليها وسقوطها فيها.

◄ **القصور في نظرية أينشتاين:** لا توضح أصل الكتلة، ولا كيف تعمل الكتلة على تحدب (انحناء) الفضاء.

▼ حلول الفصل السابع ▼

◄ 7-1 حركة الكواكب والجاذبية

01	02	03	04	05	06	07
✓	A	القانون الأول لكبلر	C	الزمن الدوري للمذنب	القانون الثاني لكبلر	A

08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
القانون الثالث لكبلر	A	×	A	B	قانون الجذب الكوني	B	A	D	الزمن الدوري لكوكب

18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
D	×	A	D	B	قوة الجاذبية	A	الذراع	كافندش	×	✓	C	C

◄ 7-2 استخدام قانون الجذب الكوني

31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
B	D	✓	B	C	D	C	C	B	الوزن	انعدام الوزن

42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
B	مجال الجاذبية	×	A	✓	9.8 N/kg	A	×	A	B	الكتلة

53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
كتلة القصور	B	ميزان القصور	A	A	مبدأ التكافؤ	يساوي	أينشتاين	✓	✓

▼ المراجع ▼

◄ الفيزياء (١) التعليم الثانوي ـ نظام المقررات ـ البرنامج المشترك./ وزارة التعليم ـ الرياض، ١٤٣٧ هـ

دورات الحرف

- اختبار القدرات
- الاختبار التحصيلي
- كفايات المعلمين

زيادة في درجتك تصل إلى **23** درجة

معدل درجات المشتركين أعلى من المعدل العام بـ **11** درجة

حقق بعض المشتركين الدرجة الكاملة **%100**

الدورات الحضورية
في المدن التالية

الدورات الإلكترونية المباشرة (online)
في جميع المدن (تدرب وأنت في بيتك)

دار الحرف
daralharf.com

للاطلاع على التجارب الموثقة للمشتركين والتسجيل
daralharf.com

للاستفسار
050 154 2222
050 154 9000

- 2 في 1 كتاب تبسيط مدمج معه دفتر تدريبات.
- بُني بطريقة مبتكرة وفريدة ترتكز على الربط بين شرح الموضوع والتدريبات عليه.
- وُضعت فيه التدريبات مقابلة للشرح.
- يقوم على الموازنة بين شمولية الشرح وتنوع التدريبات دون الإسهاب في أحدهما على حساب الآخر.

السعر 45 ريالا
شامل الضريبة

دار الحرف
daralharf.com
للطلب والاستفسار 9200 00 882
خدمة التوصيل 0557551566