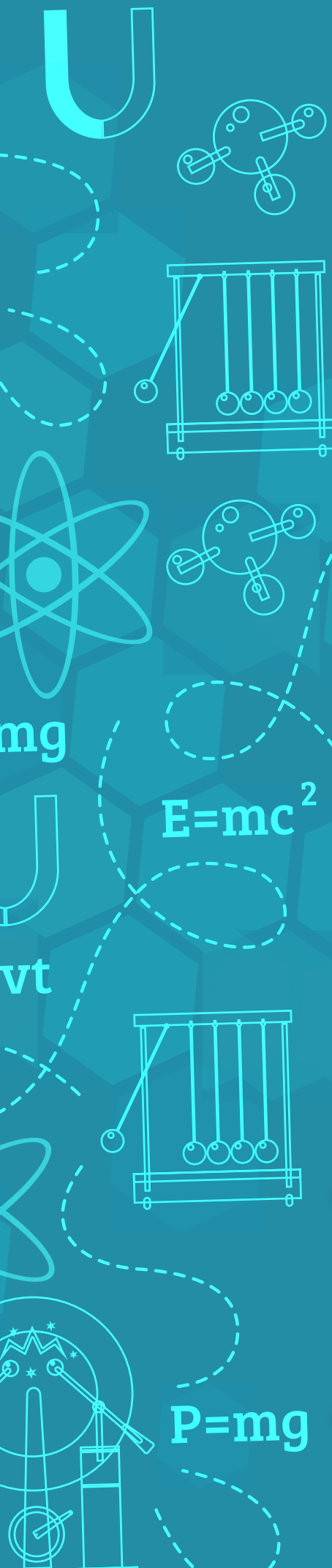


دولة قطر
وزارة التربية والتعليم والتعليم العالي

دليل التقويم

مادة الفيزياء

المستوى الثاني عشر / الفصل الدراسي الأوّل

يتضمن الدليل

اختبارات المعالجة التربويّة
الاختبار التشخيصيّ

اختبارات تقييم التعلّم
تطبيقات الدروس
اختبار الوحدة
اختبار نهاية الفصل الدراسي

الاختبارات العمليّة
اختبار المهارات العمليّة
اختبار مهارات الاستقصاء العلميّ

دليل الاجابات
جداول الملاءمة
الإجـابات

وزارة التربية والتعليم والتعليم العالي

Ministry of Education and Higher Education

يخضع هذا الكتاب لقانون حقوق الطبع والنشر,
ويخضع للإستثناء التشريعي المسموح به قانوناً
ولأحكام التراخيص ذات الصلة.

لا يجوز نسخ أي جزء من هذا الكتاب من دون الحصول
على الإذن المكتوب من وزارة التربية و التعليم والتعليم العالي في دولة قطر.

تم إعداد الكتاب بالتعاون مع شركة تكنولاب

التأليف: فريق من الخبراء من شركة أمزل

شركة أمزل للنشر

النشيد الوطني

قَسَـمًا بِمَـنْ رَفَـعَ السَّـمَاءْ قَسَـمًا بِمَـنْ نَشَـرَ الضِّـيَاءْ
قَطَـرٌ سَتَبْـقَى حُـرَّةً تَسْمُـو بِـرُوحِ الأَوْفِـيَـاءْ
سِـيرُوا عَـلَى نَـهْـجِ الأُلَـى وَعَـلَى ضِيَـاءِ الأَنْبِـيَاءْ
قَطَـرٌ بِقَـلْـبِي سِـيرَةٌ عِـزٌّ وَأَمْجَـادُ الإِبَـاءْ
قَطَـرُ الرِّجَـالِ الأَوَّلِـين حُمَـاتُنَـا يَـوْمَ النِّـدَاءْ
وَحَمَـائِـمٌ يَـوْمَ السَّـلاَمْ جَـوَارِحٌ يَـوْمَ الفِـدَاءْ

وزارة التربية والتعليم والتعليم العالي

Ministry of Education and Higher Education

المراجعة والتدقيق العلميّ والتربويّ

إدارة المناهج الدراسية و مصادر التعلم
إدارة تقييـــم الطلبـــة

الإشراف العلميّ والتربوي

إدارة المناهج الدراسيّة ومصادر التَعلّم

المقدمة

يوفّر دليل التقويم معلوماتٍ كافيةً عن أداء الطّلّاب، ويقدّم تغذية راجعة في غاية الأهمّيّة عن مجمل العمليّة التعليميّة. لا يساعد هذا الدّليل المعلّمين في إعداد الاختبارات فقط بل وفي -توحيد نواتج هذه الاختبارات لتشكّل إطارًا مرجعيًّا صادقًا لتحليل أداء الطّلّاب ومعالجة الثّغرات الموجودة.

يتميّز هذا الدليل بتنوّع الاختبارات المتوفّرة فيه، والّتي تُستخدم في مختلف مراحل العمليّة التعليميّة، وتستهدف المعارف والمهارات، كما يربط الدليل بين أسئلة الاختبارات والمخرَجات، وهو ما يسمح بتقييم تحقّق المخرجات بشكل دقيق وشموليّ، حيث إنّ الاختبارات تغطّي المخرجات كافّةً.

يتضمّن الدليل نوعين من الأسئلة: هي أسئلة الاختيار من متعدّد والأسئلة ذات الإجابة القصيرة. ويتضمّن أنواعًا متعدّدة من التقويم التشخيصيّ Diagnostic والتّقويم البنائيّ Formative والتّقويم الختاميّ Summative. ويمكن تقسيم مكوّنات الدليل كالآتي:

أوّلًا: اختبارات المعالجة التربويّة

الاختبار التشخيصيّ : يطبَّق هذا الاختبار قبل تنفيذ/ شرح أيّ وحدة جديدة، ويهدف إلى تقويم المخرجات السّابقة والمعرفة المطلوب تحقّقها قبل الشروع بالوحدة الجديدة. يقدّم تغذية راجعة للمعلّم لتحديد خطّة المعالجة والمراجعة المطلوبة للمخرجات السّابقة، كما يقدّم تغذية راجعة فرديّة لكلّ طالب حول المخرَجات غير المتحقّقة لديه ليعالجها. تحديد درجة هذا الاختبار 10 درجات، ومستوى عمق المعرفة للأسئلة المطروحة لا يتخطّى DOK1 و DOK2.

ثانيًا: اختبارات تقييم التعلّم

تطبيقات الدروس: يطبَّق هذا الاختبار في نهاية كلّ درس، وهو أقرب ما يكون إلى مفهوم الاختبار البنائيّ. ويهدف إلى تقويم فهم الطّلّاب لمخرَجات الدّرس قبل الانتقال إلى درس جديد. يقدّم تغذية راجعة للمعلّم حول مدى تحقّق مخرَجات الدّرس عامّة، ومدى الحاجة إلى أنشطة دعم التّعلّم. كما يقدّم تغذية راجعة فرديّة لكلّ طالب حول مدى تحقّق مخرَجات الدّرس لديه.
تحديد درجة هذا الاختبار يتراوح بين 10 أو 15 درجة، وذلك بحسب عدد المخرجات الّتي يجب أن تشملها الأسئلة. ومستوى عمق المعرفة للأسئلة المطروحة يتراوح بين DOK1 و DOK2 و DOK3.
اختبار الوحدة: يطبَّق هذا الاختبار في نهاية كلّ وحدة، وهو أقرب ما يكون إلى مفهوم الاختبار الكلّيّ أو الختاميّ للوحدة ككلّ. ويهدف إلى تقويم فهم الطّلّاب لمخرَجات الوحدة قبل الانتقال إلى وحدة جديدة. يقدّم تغذية راجعة للمعلّم حول مدى تحقّق مخرَجات الوحدة بشكل عامّ. كما يقدّم تغذية راجعة فرديّة لكلّ طالب حول مدى تحقّق مخرَجات الوحدة ككلّ.
تحديد درجة هذا الاختبار 20 درجة. ومستوى عمق المعرفة للأسئلة المطروحة يتراوح بين DOK1 و DOK2 و DOK3.

اختبار نهاية الفصل الدراسي: يطبَّق هذا الاختبار في نهاية الفصل، وهو بمثابة الاختبار الكلّيّ أو الختاميّ للفصل. يهدف إلى تقويم فهم الطّلّاب لمخرَجات الفصل الأوّل بكلّ وحداته. يقدّم تغذية راجعة للمعلّم حول مدى تحقّق مخرَجات الفصل بشكل عامّ. كما يقدّم تغذية راجعة فرديّة لكلّ طالب حول مدى تحقّق مخرَجات

الفصل بشكل تفصيليّ..
تحديد درجة هذا الاختبار 50 درجة. ومستوى عمق المعرفة للأسئلة المطروحة يتراوح بين DOK1 و DOK2 و DOK3. أمّا عدد الأسئلة فلا يزيد عن 25 سؤالًا.

ثالثًا: الاختبارات العمليّة

اختبار المهارات العمليّة: تطبَّق هذه الاختبارات في كلّ وحدة تعليميّة. وتهدف إلى تقويم المهارات العمليّة للطّلبة في المختبرات، ومدى قدرتهم على تنفيذ تجارب عملية بأنفسهم.
تحديد درجة هذا الاختبار 5 درجات، ويركّز بشكل أساسيّ على المهارات العمليّة المُراد تنفيذها عملياً في المختبر.

اختبار مهارات الاستقصاء العلميّ: يطبَّق هذا الاختبار في كلّ وحدة تعليميّة في موادّ العلوم، ويهدف إلى تقويم مهارات الاستقصاء العلميّ.
تحديد درجة هذا الاختبار 5 درجات. و يركز بشكل اساسي على مهارات الاستقصاء العلمي المراد من الطالب اتقانها أثناء القيام بدراسة الحالة أو حل المشكلات.

رابعًا: دليل الاجابات

جداول الملاءمة: يسبق إجاباتِ كلّ اختبار جدولُ الملاءمة الخاص بالاختبار، ويتكونّ من العناوين الآتية:

السّؤال	المخرَجات	الدّرجة	DOK

- السؤال: ويبيّن رقم السؤال، وفرع السؤال الّذي طُرح في الاختبار.
- المخرَجات: يبيّن المخرَجاتِ المرتبطةَ بكلّ سؤال طُرح في الاختبار.
- الدّرجة: تتضمّن الدّرجة المخصَّصة لكلّ سؤال، ثمّ مجموع درجات الاختبار في نهاية الجدول.
- DOK: وهي اختصار لكلمة عمق المعرفة Depth of knowledge، وهي تصنِّف كلَّ سؤال مطروح في الاختبارات ضمن ثلاثة مستويات من الصّعوبة وهي: DOK1, DOK2, DOK3.

الإجابات :
تتضمّن الإجابات الصحيحة لكلّ سؤال ورد في الاختبارات، مع شرح وافٍ للجواب؛ وذلك لمساعدة المعلّم على التحقّق من اختيار الإجابة الصّحيحة وتفسيرها.

فهرس المحتويات

الوحدة الأولى: الجاذبية والحركة الدائرية

• أولاً: الاختبارات

• ثانياً: الإجابات

الوحدة الثانية: الاهتزازات والخصائص المتقدمة للموجات

• أولاً: الاختبارات

• ثانياً: الإجابات

اختبار نهاية الفصل الدراسي الأوّل

• أولاً: الاختبار

• ثانياً: الإجابات

unit
01

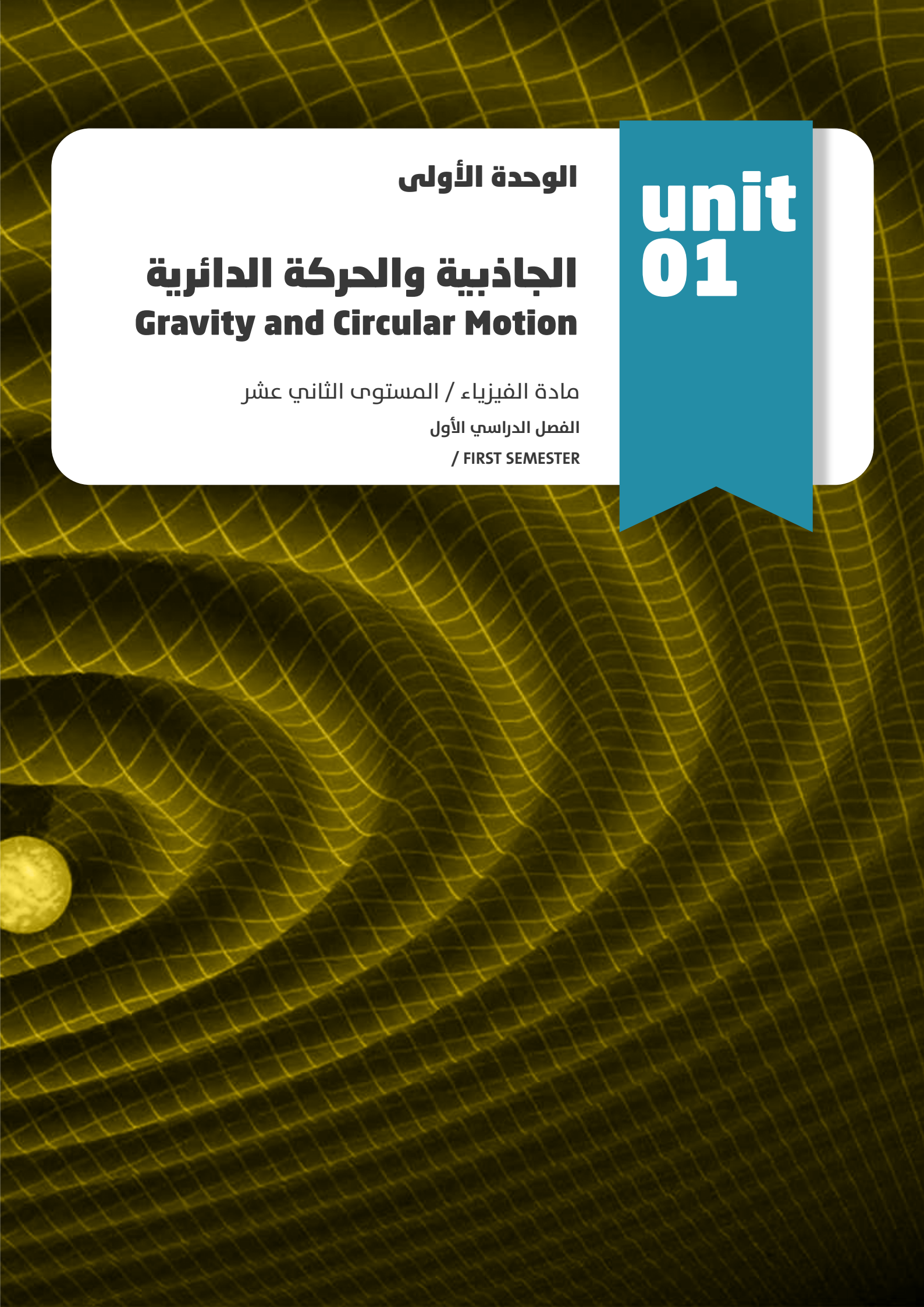
الوحدة الأولى

الجاذبية والحركة الدائرية
Gravity and Circular Motion

مادة الفيزياء / المستوى الثاني عشر

الفصل الدراسي الأول

/ FIRST SEMESTER



فهرس المحتويات
الوحدة الأولى

أولًا: الاختبارات

الاختبار التشخيصيّ

تطبيق الدرس الأوّل: الحركة الدائريّة

تطبيق الدرس الثاني: قانون نيوتن للجاذبيّة

تطبيق الدرس الثالث: جهد الجاذبيّة

تطبيق الدرس الرابع: الحركة المداريّة

اختبار المهارات العمليّة

اختبار مهارات الاستقصاء العلميّ

اختبار الوحدة الأولى

ثانيًا: الإجابات

إجابات الاختبار التشخيصي

إجابات تطبيق الدرس الأوّل: الحركة الدائريّة

إجابات تطبيق الدرس الثاني: قانون نيوتن للجاذبيّة

إجابات تطبيق الدرس الثالث: جهد الجاذبيّة

إجابات تطبيق الدرس الرابع: الحركة المداريّة

إجابات اختبار المهارات العمليّة

إجابات اختبار مهارات الاستقصاء العلميّ

إجابات اختبار الوحدة الأولى

أولًا: الاختبارات

الاختبار التشخيصيّ

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة:	\ 10

اختر الإجابة الصحيحة للأسئلة من 1–9:

1. لكي يغادر الصاروخ مدار الأرض ويدخل الفضاء الخارجيّ، تزداد قوّة الدفع التي تؤدّي إلى زيادة تسارع حركته، وبالتالي إلى زيادة سرعته، ما يساعده على الافلات من مجال الجاذبيّة الأرضيّة ودخول الفضاء. أيُّ قوانين نيوتن يربط قوّة الدفع بالتسارع؟

a. قانون نيوتن الأوّل.

b. قانون نيوتن الثاني.

c. قانون نيوتن الثالث.

d. قانون الجاذبيّة لنيوتن.

2. بعد أن يفتح المظليّ مظلّته بوقت قصير، يتحرّك بسرعة ثابتة. هناك قوّتان تؤثران عليه: وزن المظلّيّ مع المظلّة ومقاومة الهواء. أيُّ العبارات تصف العلاقة بين القوّتين؟

a. القوّتان لهما نفس المقدار والاتّجاه.

b. مقدار الوزن أكبر من مقاومة الهواء.

c. مقدار مقاومة الهواء أكبر من الوزن.

d. القوّتان لهما نفس المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.

3. تُقدّر السرعة المنتظمة لمصعد في مبنى سكني ب 3.2 m/s. ما الوقت الذي يستغرقه أحد السكّان للوصول إلى منزله في الطابق الثالث على ارتفاع 9.6 m من سطح الأرض؟

a. 1 s
b. 2 s
c. 3 s
d. 4 s

4. تتسارع طائرة أثناء الإقلاع بمعدل $3.4\ m/s^2$. إذا كانت الكتلة الكليّة للطائرة $8 \times 10^3\ kg$، ما مقدار محصّلة القوى المؤثّرة على الطائرة أثناء التسارع؟

a. 26200 N
b. 27200 N
c. 28200 N
d. 29200 N

5. قذفت كرة، عموديًا إلى الأعلى، بسرعة ابتدائيّة $30\ m/s$ بإهمال مقاومة الهواء.
ما مقدار إزاحة الكرة بعد ثانيتين؟ تسارع الجاذبية الأرضية $g = 9.8\ m/s^2$.

a. 3 m
b. 20.2 m
c. 40.4 m
d. 294 m

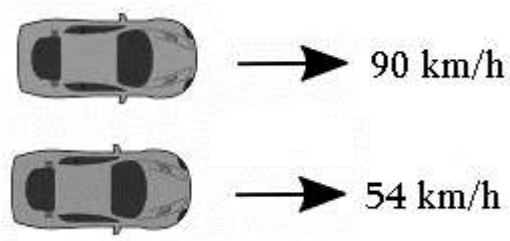
6. وزن طالب 750 N على سطح الأرض. إذا كانت قوّة الجاذبيّة على كوكب المرّيخ 38% من قوّة الجاذبية الأرضيّة، كم سيكون وزن الطالب على المرّيخ؟

a. 285 N
b. 465 N
c. 750 N
d. 1973.7 N

7. نسبة قوّة الجاذبية على القمر إلى قوّة الجاذبية على الأرض 1 : 6. إذا كانت كتلة رجل على الأرض 84 kg. ما مقدار كتلته على القمر؟

a. 14 kg
b. 16.7 kg
c. 84 kg
d. 98 kg

8. سيّارتان لهما نفس الكتلة. تتحرّك السيّارة الأولى بسرعة 90 km/h وتتحرّك السيارة الثانية بسرعة 54 km/h. ما نسبة طاقة الحركة للسيّارة الأولى إلى طاقة الحركة للسيّارة الثانية؟



a. $\frac{5}{3}$

b. $\frac{9}{7}$

c. $\frac{15}{25}$

d. $\frac{25}{9}$

9. سقط جسم كتلته m من ارتفاع h حيث استقر بين يدي رجل بعد أن قطع نصف المسافة التي كانت تفصله عن الأرض. إذا اعتبرنا سطح الأرض الإطار المرجعي لطاقة الوضع التجاذبيّة، أي العبارات الآتية تصف التحوّلات في الطاقة لهذا الجسم؟

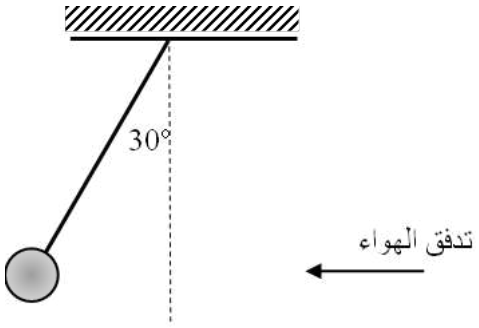
a. مقدار طاقة الوضع التجاذبيّة للجسم يساوي صفرًا.

b. تصبح طاقة الوضع التجاذبيّة لهذا الجسم سالبة.

c. يزيد مقدار طاقة حركة الجسم ضعف ما كان عليه قبل السقوط.

d. يقلّ مقدار طاقة الوضع التجاذبيّة للجسم إلى نصف ما كان عليه قبل السقوط.

10. كرة وزنها 0.15 N معلّقة بخيط مهمل الكتلة كما هو موضّح في الشكل المجاور. أثّر تدفّق هوائي في اتجاه أفقي على الكرة، قوّته F_{air}، ما أدى إلى إزاحة الخيط بزاوية 30° عن الوضع العمودي. ارسم مخطّط الجسم الحرّ للقوى المؤثّرة على الكرة في الوضع الموضّح في الصورة.



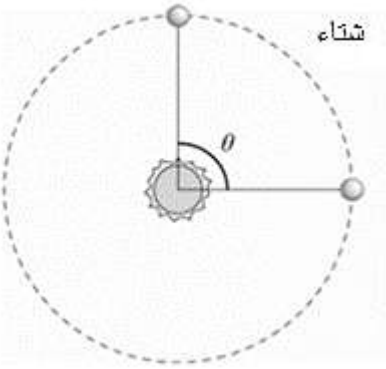
تطبيق الدرس الأوّل: الحركة الدائريّة

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة: \ 15

اختر الإجابة الصحيحة للأسئلة من 1-5:

1. إذا اعتبرنا مدار الأرض دائريًّا، ومدّة فصل الشتاء ربع السنة، ما مقدار الإزاحة الزاويّة للأرض من بداية فصل الشتاء إلى نهايته؟



a. 0.785 rad

b. 1.57 rad

c. 3.14 rad

d. 6.28 rad

2. ما السرعة الخطّية لذراع عقرب الدقائق في السّاعة إذا كان طوله 2 cm؟

a. 3.49×10^{-3} cm/s

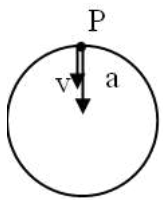
b. 3.49×10^{-3} m/s

c. 104.7×10^{-3} cm/s

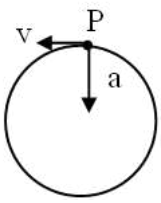
d. 104.7×10^{-3} m/s

3. يتحرّك الإلكترون بحركة دائريّة منتظمة حول نواة الذرّة. ما الرسم البيانيّ الذي يوضح تسارع الإلكترون a والسرعة v عند النقطة P؟

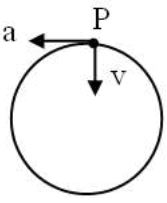
a.



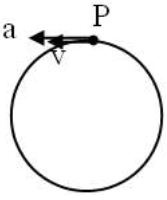
b.



c.



d.



4. يتحرّك جسم بسرعة خطّية منتظمة v على مسار دائري نصف قطره r. الزمن الدوري لحركة هذا الجسم T_1. إذا ضاعفنا نصف قطر المسار الدائري وزدنا السرعة الخطّية للجسم 4 أضعاف، يصبح الزمن الدوري T_2. ما العلاقة بين T_1 و T_2 ؟

a. $T_2 = \frac{T_1}{4}$

b. $T_2 = \frac{T_1}{2}$

c. $T_2 = T_1$

d. $T_2 = 4T_1$

5. تحرّك جسم كتلته 250 g على محيط دائرة نصف قطرها 50 cm بسرعة مماسيّة 25 m/s. أحسب القوة المركزية.

a. 12.5 N

b. 312.5 N

c. 1250 N

d. 2250 N

6. تحلّق طائرة نفّاثة، فوق المطار، بسرعة 134.1 m/s على مسار دائريّ متوازٍ مع مستوى الأرض. ما مقدار نصف قطر مسارها لإحداث تسارع جذب مركزيّ مقداره $9.8\ m/s^2$؟

a. 1035 m

b. 1435 m

c. 1635 m

d. 1835 m

7. أحسب السرعة الزاويّة لإطار سيّارة نصف قطره 0.3 m عندما تتحرّك السيّارة بسرعة 15 m/s.

.....

.....

8. كرة حديدية كتلتها m معلّقة بخيط، تسير بحركة دائريّة منتظمة بسرعة v، نصف قطر الدائرة r. ما مقدار قوّة الجذب المركزيّة، بدلالة m وv و r، اللازمة لتتابع الكرة مسارها الدائري في حال تضاعفت السرعة؟

.....

.....

9. طفلٌ كتلته 20 kg يجلس في عربة مربوط بها حبـــــــل بطول 2 m. الحبل مربوط بمحرّك يقوم بتحريك العربة في مسار دائري بسرعة خطّيّة ثابتة v ، في اللحظة التي يكون فيها قوّة الشدّ في الحبل 100 N.

a. أحسب السرعة الخطّيّة للعربة التي يجلس عليها الطفل.

.....

.....

b. أحسب السرعة الزاويّة للعربة التي يجلس عليها الطفل ω.

.....

.....

c. ما عدد الدورات التقريبيّ التي تقوم بها العربة في الدقيقة؟

.....

.....

10. طفل كتلته 35 kg يدور على مسار دائري نصف قطره 12 m بحركة دائريّة منتظمة. قطع ربع المسار الدائريّ بزمن 1.6 s.

a. ما مقدار السرعة الخطّيّة للطفل؟

.....

.....

b. ما مقدار تسارع الجذب المركزي لحركة الطفل؟

.....

.....

c. ما مقدار محصّلة القوى المؤثّرة على الطفل أثناء حركته؟

.....

.....

تطبيق الدرس الثاني: قانون نيوتن للجاذبيّة

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة: \ 10

اختر الإجابة الصحيحة في الأسئلة من 1-4:

1. ما العلاقة الرياضية الصحيحة التي تصف قوة التجاذب الكتلي بين كتلتين مختلفتين، m_1 و m_2، بينهما مسافة r في الفراغ؟

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

b. $F = G\frac{m_1 m_2}{r}$

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

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

2. إذا كان مقدار قوة التجاذب الكتلي بين كتلتين، تفصلهما مسافة معيّنة في الفراغ، هي F_1، ما مقدار هذه القوّة في حال تضاعفت كتلة أحداهما ونقصت المسافة بين الكتلتين إلى الثلث؟

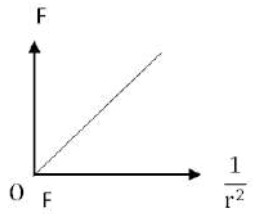
a. $2F_1$

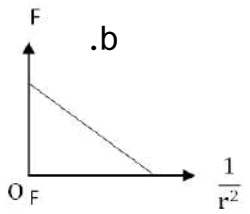
b. $3F_1$

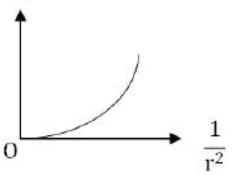
c. $6F_1$

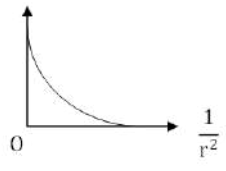
d. $18F_1$

3. جسمان تفصل بينهما مسافة r يؤثّر كل منهما على الآخر بقوّة جاذبيّة F. ما الرسم البياني الذي يصف F بدلالة $\frac{1}{r^2}$ ؟

a.


b.


c.


d.


4. شدّة مجال الجاذبيّة الأرضيّة في دولة قطر أقلّ ممّا هي عليه في كلّ من القطبين. ما سبب ذلك؟

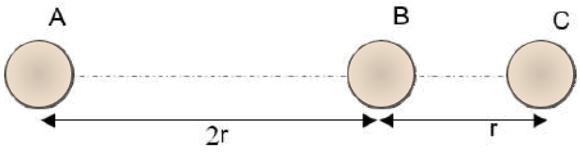
a. مساحة كلّ قطب أكبر بكثير من مساحة قطر.

b. الطقس في القطبين أبرد من الطقس في دولة قطر.

c. دولة قطر أبعد عن مركز الأرض من كلٍّ من القطبين.

d. دولة قطر أقرب إلى مركز الأرض من كل من القطبين.

5. لنفترض أنّ هناك ثلاثة أجسام متماثلة في الشكل والكتلة: A وB وC، موجودة على سطح أفقي كما مبيّن في الشكل المجاور. المسافة بين A وB ضعف المسافة بين B وC.

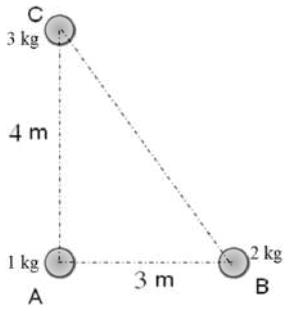


إن كانت F_{CB} هي قوّة الجاذبيّة التي تؤثّر بها C على B، و F_{AB} هي قوّة الجاذبيّة التي تؤثّر بها A على B، فما مقدار النسبة $\frac{F_{CB}}{F_{AB}}$؟

.....

.....

6. ثلاث كتل نقطيّة، 1 kg على A و 2 kg على B و 3 kg على C، موضوعة عند رؤوس مثلث قائم الزاوية ABC كما هو موضّح في الشكل المجاور علمًا بأنّ $G = 6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2/kg^2$،



a. أحسب القوّى التجاذبيّة F_{BA} و F_{CA} بين A وكل من الكتلتين B وC.

.....

.....

b. أحسب مقدار محصّلة قوى الجاذبية على A.

.....

.....

7. اذا كانت كتلة رجل 60 kg.

a. إذا كان تسارع الجاذبية 9.8 N/kg، فما وزن هذا الرجل على الأرض؟

.....

.....

b. ما وزن الرجل نفسه على القمر إن كان تسارع جاذبيّة القمر 1.6 N/kg؟

.....

.....

8. وفقًا لقانون الجاذبيّة لنيوتن، تؤثّر الكرة والأرض على بعضهما البعض بقوّتي تجاذب متساويتي المقدار ومتعاكستي الاتجاه. فسّر سبب سقوط الكرة نحو الأرض وليس العكس.

.....

.....

تطبيق الدرس الثالث: جهد الجاذبيّة

الاسم: الصف: التاريخ:

اختر الإجابة الصحيحة للأسئلة من 1-4

الدرجة: \ 10

1. ما العلاقة الصحيحة لجهد الجاذبيّة V_G لجسم كتلته M، عند نقطة تبعد عنه مسافة r؟

a. $V_G = -G\frac{M}{r^2}$

b. $V_G = -G\frac{M}{r}$

c. $V_G = -GM.r$

d. $V_G = -G\frac{M^2}{r}$

2. ما القيمة العظمى لجهد الجاذبيّة الأرضيّة عند نقطة في الفضاء اللانهائي؟

a. الصفر.

b. لانهائي.

c. أقلّ من الصفر.

d. أكبر من الصفر.

3. ما وحدة قياس جهد الجاذبيّة في النظام الدولي؟

a. N/kg

b. kg/N

c. J/kg

d. kg/J

4. مركبة فضائيّة تتحرّك باتّجاه الأرض تحت تأثير مجال الجاذبيّة الأرضيّة. تعتمد المسافة بين المركبة ومركز الأرض على ثلاث كمّيّات هي:

I. طاقة الوضع التجاذبيّة للمركبة.

II. شدّة مجال الجاذبيّة على المركبة.

III. قوّة الجاذبيّة المؤثّرة على المركبة.

أيُّ كمّيّة تتناسب عكسيّاً مع المسافة بين المركبة ومركز الأرض؟

a. I

b. I و II

c. II و III

d. I و II و III

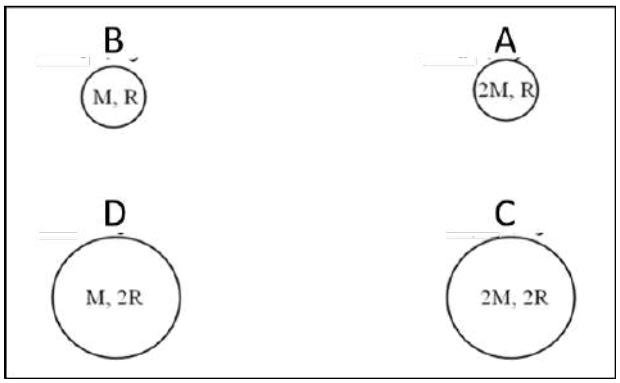
5. يتحرّك كويكب، كتلته 10^9 kg، في الفضاء الخارجي نحو الأرض. ما التغيير في طاقة الوضع التجاذبيّة لهذا الكويكب عندما يصبح على بعد 4×10^8 m من مركز الأرض؟

$$G = 6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2/kg^2$$

.....

.....

6. أربعة كواكب منتظمة لديها كتلة بدلالة M ونصف قطر بدلالة R كما هو موضّح في الشكل المجاور.



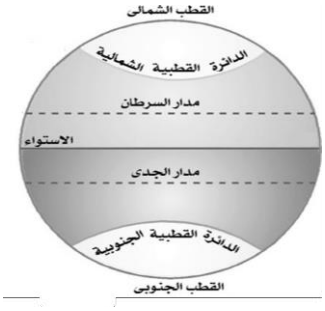
أيّ كوكب لديه أصغر سرعة إفلات؟

فسّر إجابتك.

.....

.....

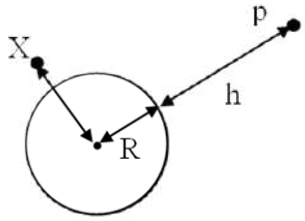
7. **حدّد بالرجوع للشكل المجاور، ما أفضل منطقة على سطح الأرض، يمكن إطلاق المركبات الفضائيّة منها إلى مداراتها؟**



.....

.....

8. **كوكب نصف قطره 3.1×10^6 m. شدّة مجال الجاذبيّة لهذا الكوكب عند نقطة غير ثابتة p هي 2.2 N/kg .**

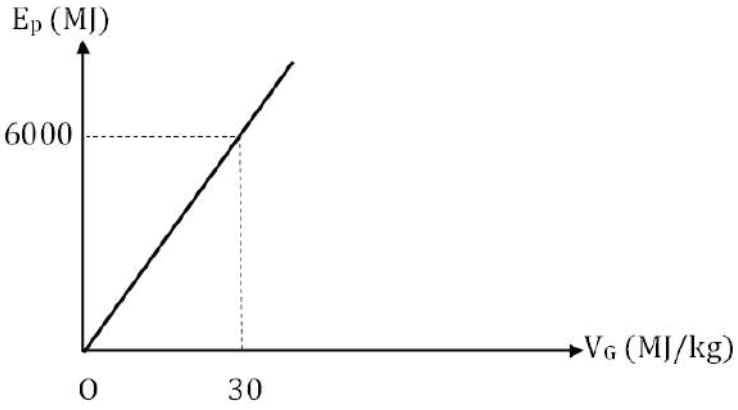


a. **قارن بين جهد الجاذبية عند النقطة X والنقطة P.**

.....

.....

b. **من خلال الرسم البياني المجاور، أحسب كتلة الجسم عند النقطة X؟**



.....

.....

c. **أحسب جهد الجاذبيّة عند النقطة P إذا كانت تبعد عن سطح الكوكب مسافة 2.4×10^7 m.**

.....

.....

تطبيق الدرس الرابع: الحركة المداريّة

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة: \ 15

الثوابت الفيزيائية:

- **كتلة الأرض: 5.98×10^{24} kg ,نصف قطر الأرض: 6.4×10^{6} m**
- **ثابت الجذب العام: $G = 6.67 \times 10^{-11}$ N.m²/kg²**

اختر الإجابة الصحيحة للأسئلة من 1-5

1. ينصّ أحد القوانين على أنّ مربّع الزمن الدوري لمدار كوكب حول الشمس يتناسب طرديًا مع مكعّب نصف قطر المدار. ما اسم هذا القانون؟

a. قانون كبلر الأوّل.

b. قانون كبلر الثاني.

c. قانون كبلر الثالث.

d. قانون الجاذبيّة لنيوتن.

2. يبعد كوكب صغير عن الشمس 14 ضعفًا للمسافة بين الأرض والشمس البالغة 1.5×10^{11} m. ما الزمن الدوري المداري المتوقّع لهذا الكوكب؟

a. 50 سنة.

b. 50.4 سنة.

c. 52 سنة.

d. 52.4 سنة.

3. **إذا كان الزمن الدوريّ لقمر اصطناعي في مدار يبعد مسافة r عن مركز كوكب كتلته M هو T، ما الزمن الدوري الذي يحتاجه هذا القمر الاصطناعي في حال وُضع في مدار يبعد نفس المسافة عن كوكب آخر كتلته 2 M.**

a. $\frac{T}{2}$

b. $\frac{\sqrt{2}}{2}T$

c. $2T$

d. $8T$

4. **ترتبط طاقة الحركة المداريّة E_k لكوكبٍ كتلته m على مداره الدائري بطاقة الوضع التجاذبيّة E_P لهذا الكوكب. ما العلاقة الصحيحة بين طاقة الحركة وطاقة الوضع التجاذبيّة؟**

a. $E_k = E_p$

b. $E_k = 2E_p$

c. $E_k = -\frac{1}{2}E_p$

d. $E_k = -E_p$

5. **يدور قمر اصطناعيّ حول الأرض على ارتفاع 100 km من مركز الأرض. ما مقدار الزمن الدوريّ المداريّ للقمر الاصطناعيّ؟**

a. 1.44 h

b. 2.44 h

c. 3.44 h

d. 4.44 h

6. القمر الاصطناعيّ الثابت بالنسبة إلى الأرض هو قمر اصطناعيّ يبقى في موقعه في السماء بالنسبة إلى مشـــاهد ثابت على الأرض. يدور قمر اصـــطناعيّ ثابت، كتلته 5×10^4 kg، حول الأرض في مدار دائريّ نصف قطره 36000 km. ما الزمن الدوريّ التقريبيّ للقمر الاصطناعيّ في مدار نصف قطره 12000 km؟

.....

.....

7. قذف شخص صخرةً كتلتها 0.25 kg أفقيًّا من قمّة جبل إفرست، على ارتفـــــاع 8.8 km فوق مستوى سطح البحر.

a. أحسب بوحدة km/h، السرعة التي تتطلّبها الصخرة بحيث تدور حول الأرض وتعود إلى القاذف، حيث إنّه لا يزال على قمّة جبل إفرست.

.....

.....

b. كم من الوقت يجب أن ينتظر الشخص الذي قذف الصخرة حتّى تعود الصخرة إليه؟

.....

.....

c. أوجد مقدار واتّجاه قوّة الجاذبيّة المؤثّرة على الصخرة.

.....

.....

8. وُضـــع قمر اصـــطنـاعيٌ كتلتـه 1600 kg في مـدار متزامن مع مـدار الأرض على ارتفاع 4×10^4 km.

a. أحسب طاقة الحركة للقمر الاصطناعي.

.....

.....

b. أحسب طاقة الوضع التجاذبيّة للقمر الاصطناعي.

.....

.....

9. يدور قمر اصطناعيّ كتلته m حول الأرض التي كتلتها M على مسار دائري نصف قطره r.

a. بيّن أنّ صيغة الطاقة الكلّية للقمر الاصطناعي في مداره الثابت هي $E = -\frac{1}{2}G\frac{mM}{r}$.

.....

.....

b. فسّر وجود الإشارة السالبة في القانون.

.....

.....

c. فسّر سبب تناقص ارتفاع القمر الاصطناعي إذا تباطأت سرعته.

.....

.....

اختبار المهارات العمليّة

الاسم: الصفّ: التاريخ:

الدرجة: \ 5

الدرس الثاني	قانون نيوتن للجاذبيّة
النشاط	حساب تسارع الجاذبيّة الأرضيّة g وكتلة الأرض M
سؤال الاستقصاء	كيف يمكن حساب تسارع الجاذبيّة الأرضيّة g من خلال السقوط الحر واستنتاج كتلة الكرة الأرضية من خلال قانون نيوتن للجاذبيّة؟

اسم التجربة: استقصاء تسارع الجاذبيّة الأرضيّة وكتلة الأرض.

الهدف: قياس التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية g من خلال تجربة السقوط الحر مسافة h، وذلك باستخدام المعادلة $g = \frac{2h}{t^2}$ حيث t تمثل زمن السقوط واستنتاج كتلة الأرض M.

أدوات التجربة: كرة الجولف – ساعة إيقاف – خيط – شريط متري.

- ابحث عن مكان مناسب لإسقاط كرة الجولف. السقوط من ارتفاع كافٍ (حوالي 2 m تقريبًا).
- استخدم الشريط المتري لقياس المسافة التي سيسقطها الجسم من الأعلى إلى الأسفل.
- سجّل الارتفاع ..... = h
- كرّر المحاولة على الأقل 5 مرّات. سجّل النتائج بالجدول أدناه.

1. أكمل الجدول التالي ثمّ أحسب متوسّط زمن السقوط:

المحاولة	t (s)
1	
2	
3	
4	
5	

.....

2. أحسب معدّل تسارع الجاذبية الأرضية.

.....

.....

3. أحسب مقدار كتلة الأرض M مع العلم أنّ:

- **ثابت الجذب العام:** $G = 6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2/kg^2$
- **نصف قطر الأرض** $r = 6.4 \times 10^6\ m$

.....

.....

4. من خلال مقارنة مقدار كتلة الأرض الذي حصلت عليه مع المقدار المعتمد عالميًّا، حدّد العوامل التي أثّرت على النتائج.

.....

.....

5. ما اقتراحاتك للحصول على نتائج دقيقة لتسارع الجاذبية وكتلة الأرض؟

.....

.....

اختبار مهارات الاستقصاء العلميّ

الاسم: الصفّ: التاريخ:

الدرجة: \ 5

الدرس الرابع	الحركة المدارية
النشاط	القانون الثالث لكبلر
سؤال الاستقصاء	ما العلاقة بين زمن الدوريّ المداريّ لكوكب ونصف قطر مداره؟

يوضح الجدول التالي الزمن الدوريّ المداريّ ونصف قطر المدار لكل كوكب في نظامنا الشمسي.

الكوكب	نصف قطر المدار r (AU*)	الزمن الدوريّ المداريّ T (year)
عطارد	0.39	0.24
الزهرة	0.72	0.62
الأرض	1	1
المريخ	1.52	1.88
المشتري	5.2	11.86
زحل	9.54	29.46
أورانوس	19.18	84.01
نبتون	30.06	164.8

* AU: وحدة فلكية تساوي حوالي 149.6×10^6 km وهي المسافة بين الأرض والشمس.

1. اعتمادًا على الجدول أعلاه، ضع فرضيّة حول العلاقة بين الزمن الدوريّ المداريّ و نصف قطر مدار الكواكب.

.....

.....

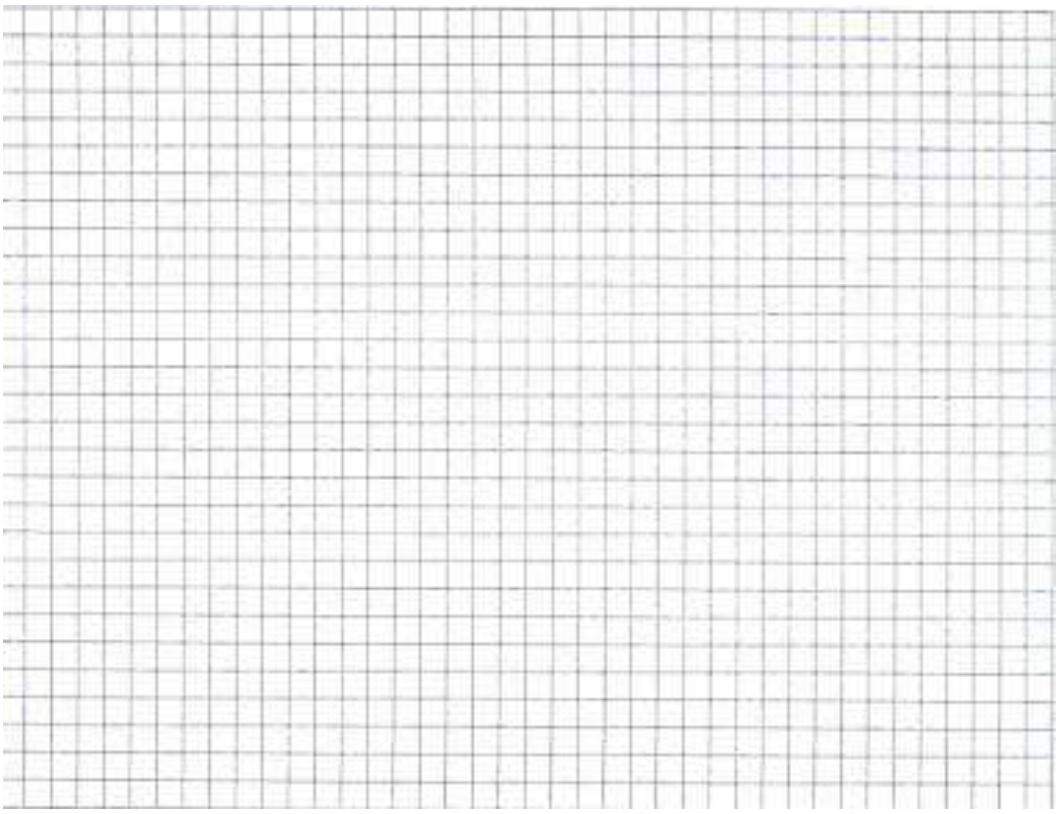
2. سجّل في الجدول التالي مكعّب نصف المدار ومربّع الزمن الدوري المداري لكلّ من الكواكب الأربعة.

الكوكب	عطارد	الزهرة	الأرض	المريخ
r^3				
T^2				

3. أرسم رسمًا بيانيّاً لـ T^2 ، على المحور الرأسي ، كدالة لـ r^3 ، على المحور الأفقي باستخدام المقياس:

المحور الأفقي: $1\ cm \rightarrow 0.5\ (AU^3)$

المحور الرأسي: $1\ cm \rightarrow 0.5\ (year^2)$



4. استنتج من الرسم البيانيّ صحّة أم عدم صحة الفرضيّة التي وضعتها سابقًا حول العلاقة بين الزمن الدوري المداري لكوكب ونصف قطر مداره.

.....

5. في عام 2016، اقترح الباحثون احتمال وجود كوكب تاسع في المجموعة الشمسية نصف قطر مداره 420 AU. أحسب الزمن الدوريّ المداريّ لهذا الكوكب.

.....

.....

اختبار الوحدة الأولى

الاسم: الصفّ: التاريخ:

الثوابت الفيزيائية: الدرجة: \ 20

- **ثابت الجذب العام:** $G = 6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2/kg^2$
- **كتلة الأرض** $5.98 \times 10^{24}\ kg$ **نصف قطر الأرض** $6.4 \times 10^{6}\ m$

اختر الإجابة الصحيحة للأسئلة من 1-8

1. طفل يلعب في إحدى عربات اللعبة الدوارة في مدينة الألعاب، تحركت العربة بالطفل في مسار دائري لمسافة 8 m. أحسب الإزاحة الزاويّة للطفل علمًا أن نصف قطر اللعبة الدوّارة 5 m.

a. 0.8 rad
b. 1.6 rad
c. 2.4 rad
d. 3.2 rad

2. يتحرّك جسم بسرعة خطّيّة ثابتة على مسار دائريّ. ما العبارة التي تصف تسارعه؟

a. تسارع الجسم باتّجاه مركز الدائرة.
b. تسارع الجسم صفر لأنّ سرعته ثابتة.
c. تسارع الجسم مماسي لمسار الحركة الدائريّة.
d. تسارع الجسم بالاتجاه المعاكس لمركز الدائرة.

3. يدور إلكترون حول نواة الذرّة في حركة دائريّة منتظمة. ما الزاوية بين متّجه سرعة الالكترون الخطّية ومتّجه تسارعه؟

a. 0^o
b. 45^o
c. 90^o
d. 180^o

4. نقطة لاجرانج هي مكان موجود على خطٍّ بين جرمين سماويّين (عادة من الكواكب أو توابع الكواكب أو النجوم) حيث يتساوى مقدار قوّة جذب الجرم الأوّل لجسم ما مع مقدار قوّة جذب الجرم الآخر. أين موقع نقطة لاجرانج بين الأرض وقمرها؟

a. أقرب إلى الأرض لأنّ كتلة القمر أصغر.

b. في منتصف المسافة بين الأرض والقمر.

c. أقرب إلى القمر لأنّ كتلة الأرض أكبر بكثير.

d. وجود نقطة لاجرانج بين الأرض والقمر مشروط بتماثل الجرمين.

5. جسم كتلته 3 kg على سطح الأرض، ينجذب إلى الأرض بقوّة حوالي 30 N، بينما لا نرى عليه أيّ تأثير ملحوظ لقوة جذب كوكب المرّيخ علمًا أنّ كتلة المرّيخ 6.4×10^{23} kg، وأقرب مسافة بين الأرض والمرّيخ 5.6×10^{10} m. لماذا لا نلاحظ تأثير قوّة جذب الجسم للمرّيخ؟

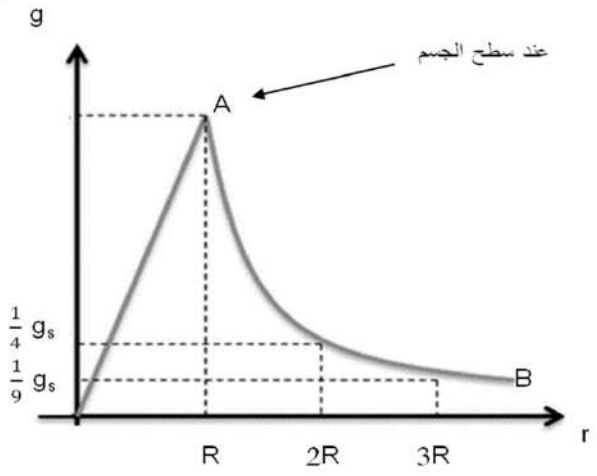
a. لأنّ كتلة الجسم صغيرة.

b. لأنّ كتلة الجسم لا تتأثّر بالجاذبيّة.

c. لأنّ اتّجاه قوّة الجذب على الجسم بواسطة المرّيخ هو مركز الأرض.

d. لأنّ قوّة الجذب بين المرّيخ والجسم صغيرة جدًّا مقارنةً بقوّة الجذب بين الجسم والأرض.

6. يوضح الرسم البيانيّ أدناه كيف تتغيّر شدّة مجال جاذبيّة كوكب g في نقطة معيّنة مع المسافة r التي تفصل هذه النقطة عن مركز هذا الكوكب.



كيف تختلف g بين A وB بالنسبة إلى المسافة؟

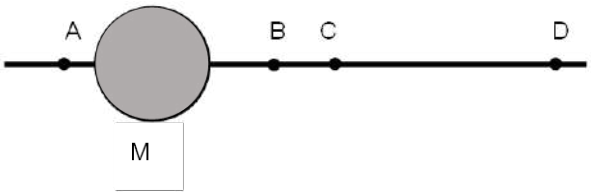
a. تتغيّر g تغيّرًا خطّيًا مع المسافة r.

b. تتغيّر g خطّيًا مع مربّع المسافة r.

c. تتناسب g تناسبًا عكسيًّا مع المسافة r.

d. تتناسب g تناسبًا عكسيًّا مع مربّع المسافة r.

7. يوضح الشكل أدناه كتلة كوكب معيّن. عند أيّ نقطة يمكن أن يكون مقدار جهد الجاذبيّة أكبر؟



a. النقطة A

b. النقطة B

c. النقطة C

d. النقطة D

8. يتحرّك قمر اصطناعيّ كتلته m حول كوكب كتلته M بسرعة v في مسار دائريّ. المسافة بين مركز القمر ومركز الكوكب R. ما المعادلة التي تصف حركة القمر الاصطناعيّ؟

a. $\frac{mv^2}{R} = \frac{T^2}{R^3}$

b. $\frac{mv^2}{R} = \frac{GM}{R^2}$

c. $\frac{mv^2}{R} = \frac{GMm}{R^2}$

d. $\frac{GMm}{R^2} = \frac{T^2}{R^3}$

9. أحسب سرعة الإفلات للأرض.

.....

.....

10. يدور قمر اصـــطناعيّ كتلته M_S حول الأرض في مدار دائري نصـــف قطره r. إن كانت كتلة الأرض M_E، بيّن أنّ سرعة القمر الاصطناعيّ تعطى بواسطة المعادلة $v^2 = G\frac{M_E}{r}$.

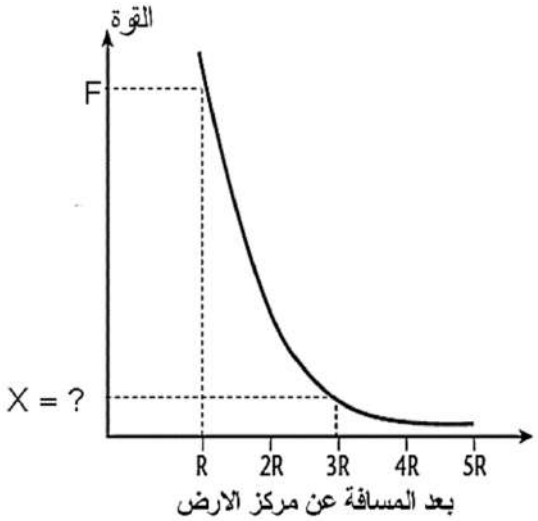
.....

.....

.....

11. يُظهر الرسم البياني المجاور قوّة الجاذبيّة بين الأرض والجسم كدالّة في المسافة بينه وبين مركز الأرض حيث R هو نصف قطر الأرض .

حدّد قيمة X بدلالة F.



.....

.....

12. تسير سيّارة بسرعة 25 m/s على مسار دائري نصف قطره 500 m.

ما مقدار تسارع الجذب المركزيّ للسيّارة؟

.....

.....

13. جسمان كتلتاهما m_1 وm_2 تفصل بين مركزيهما مسافة r، يجذب كلٌّ منهما الآخر بقوّة جاذبيّة مقدارها F. في حال تضاعفت كتلة كلّ جسم منهما، ونقُصت المسافة بين مركزيهما إلى ربع قيمتها الأولى، نحصل على قوّة جذب جديدة F_2. ما العلاقة بين F وF_2 ؟

.....

.....

14. يوضح الجدول الآتي كتل وأنصاف أقطار أربعة كواكب خياليّة، مُعبَّرًا عنها كنِسَب من كتلة الأرض M_E ونصف قطرها R.

الكوكب	الكتلة (× M)	نصف القطر (× R)
W	4	3
X	2	4
Y	$\frac{1}{2}$	1
Z	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

إذا هبط رائد فضاء على الكواكب الأربعة، فعلى أيّ كوكب يكون له الوزن الأكبر؟

.....

.....

15. في عام 1610 اكتشف جاليليو أربعة أقمار لكوكب المشتري: يوروبا وكاليستو وآيو وجانيميد، تظهر أزمانها الدوريّة في الجدول المجاور.

القمر	الزمن الدوري (يوم)
يوروبا	3.6
كاليستو	16.7
آيو	1.8
جانيميد	7.2

وفقًا لقوانين كبلر، ما ترتيب الأقمار من حيث بعدها عن كوكب المشتري، بدءًا من الأقرب إلى الأبعد؟

.....

.....

16. يدور القمر الاصطناعيّ فوبوس حول كوكب المرّيخ في مدار دائريّ تقريبًا نصف قطره 9.7×10^6 m. إذا كان الزمن الدوريّ لهذا القمر 2.75×10^4 s،

a. ما كتلة كوكب المرّيخ؟

.....

.....

b. إذا كان الزمن الدوريّ لقمر ديموس الذي يدور حول كوكب المريخ 1.09×10^5 s. ما نصف قطر مدار هذا القمر؟

.....

.....

17. في أواخر العام 1985، وُضع أوّل قمر اصطناعيّ AUSSAT في مدار ثابت بالنسبة للأرض فوق خطّ الاستواء.

a. ماذا تعني عبارة "المدار الثابت بالنسبة للأرض"؟

.....

.....

b. على أيّ ارتفاع فوق سطح الأرض وُضع AUSSAT؟

.....

.....

c. أعطِ ميزةً واحدةً لهذا المدار.

.....

.....

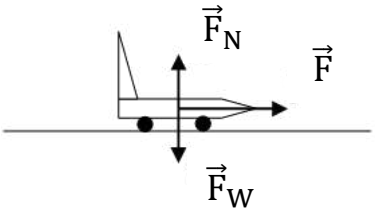
ثانيًا: الإجابات

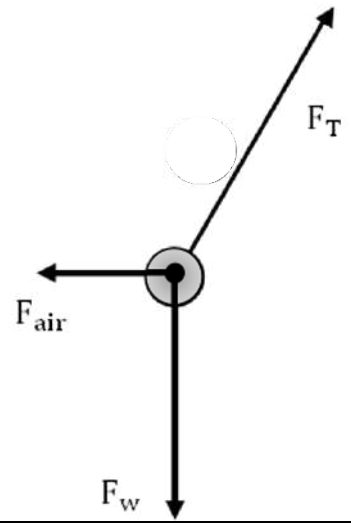
إجابات الاختبار التشخيصي

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1103.1	1	1
2	P1103.1	1	1
3	P1103.1	1	2
4	P1103.1	1	1
5	P1103.1	1	1
6	P1103.3	1	2
7	P1103.3	1	1
8	P1107.1	1	2
9	P1107.1	1	1
10	P1101.2	1	2
المجموع		**10**	

- **الإجابات**

1	b. قانون نيوتن الثاني. ينصّ قانون نيوتن الثاني للحركة على أنّ تسارع أيّ جسم ناتجٌ عن قوّة مؤثّرة عليه، يتناسب تناسبًا عكسيًّا مع كتلة الجسم، وطرديًّا مع مقدار القوّة وفي نفس اتّجاهها.
2	d. القوّتان لهما نفس المقدار ومتعاكستان في الاتجاه. بحسب قانون نيوتن الأوّل، عندما يتحرّك جسمٌ بسرعة ثابتة تكون محصّلة القوى عليه صفرًا . بما أنّ المظلي يتحرك بسرعة ثابتة تحت تأثير قوّتان، فهذا يعني أنّ لهما نفس المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.
3	c. 3 s بحســب قانون نيوتن الأول، بما أنّ حركة المصــعد منتظمة فإنّ تســارع المصــعد خلال هذه المرحلة يكون صفرًا، وبالتالي: $v = \frac{d}{t}$ $t = \frac{d}{v} = \frac{9.6}{3.2} = 3\ s$
4	b. 27200 N بحسب قانون نيوتن الثاني: $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ $\vec{F}_W + \vec{F}_N + \vec{F} = m\vec{a}$ على المحور الرأسي  $F_W - F_N + 0 = 0$ على المحور الأفقيّ $0 + 0 + F = m.a_X$ $F = 8\times10^3 \times 3.4 = 27200\ N.$

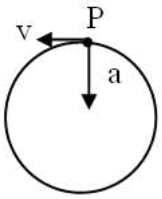
5	c. 40.4 m بما أنّ الحركة عموديّة إلى أعلى، لذلك تُعدّ حركةَ سقوطٍ حرّ، وبالتالي نستخدم $d = v_i t + \frac{1}{2}(-g)t^2$ $d = 30 \times 2 + \frac{1}{2}(-9.8)2^2 = 40.4 \text{ m}$
6	a. 285 N $F_{WM} = 0.38 \times F_{WE} = 0.38 \times 750$ $F_{WM} = 285 \text{ N}$
7	c. 84 kg الكتلة ثابتة وليس لها علاقة بقوّة الجاذبيّة، لذلك لا تتغيّر مع تغيّر قوّة الجاذبيّة.
8	d. $\frac{25}{9}$ $\frac{E_K(\text{السيّارة الأولى})}{E_K(\text{السيّارة الثانية})} = \frac{\frac{1}{2}mv_1^2}{\frac{1}{2}mv_2^2} = \frac{v_1^2}{v_2^2} = \left(\frac{90\frac{km}{h}}{54\frac{km}{h}}\right)^2 = \frac{25}{9}$
9	d. تقلّ مقدار طاقة الوضع التجاذبيّة للجسم إلى نصف ما كان عليه قبل السقوط. لأنّ تغيّر مقدار طاقة وضع الجاذبية يتم حسابه وفق المعادلة التالية: $\Delta E_P = m.g.h$ حيث يتناسب مقدار التغيّر في طاقة الوضع التجاذبيّة للجسم تناسبًا طرديًّا مع الارتفاع عن سطح الأرض. بما أنّ ارتفاع الجسم عن سطح الأرض قلّ إلى النصف، فإنّ مقدار طاقة الوضع التجاذبيّة قلّ إلى النصف.
10	ثلاث قوى تؤثّر على الكرة: F_W: وزن الكرة (اتّجاهها عمودي إلى الأسفل) F_{air}: مقاومة الهواء (اتّجاهها أفقي إلى اليسار) F_T: قوّة شدّ الخيط (اتّجاهها مائل على طول الخيط)  رسم متّجه F_T بما يحقّق الاتزّان السكوني للجسم.

إجابات تطبيق الدرس الأوّل: الحركة الدائريّة

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1201.1	1	1
2	P1201.1	1	2
3	P1201.1	1	1
4	P1201.2	1	1
5	P1201.2	1	2
6	P1201.2	1	1
7	P1201.2	1	1
8	P1201.2	1	2
9a	P1201.2	1	1
9b	P1201.2	1	1
9c	P1201.2	1	2
10a	P1201.2	2	2
10b	P1201.2	1	1
10c	P1201.2	1	1
المجموع		**15**	

- **الإجابات**

1	1.57 .b $\theta = 90^{\circ} = \frac{\pi}{2} = \frac{3.14}{2} = 1.57 \text{ rad}$
2	3.49×10^{-3} cm/s .a يستغرق ذراع الدقائق ساعة واحدة ليصنع 2π rad سرعتها الزاويّة $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi}{3600} = 1.74 \times 10^{-3} \text{ rad/sec}$ $v = \omega.r$ $v = 1.74 \times 10^{-3} \times 2 = 3.48 \times 10^{-3}$ cm/s
3	.b  الحركة الدائريّة المنتظمة لجسمٍ ما تتمّ بسرعة ثابتة، لكن السرعة المتّجهة ليست ثابتة نتيجة تغيّر اتّجاه سرعة الجسم على الدائرة. ينتج عن هذا التغيّر تسارعٌ لحركة الجسم. في الحركة الدائريّة، يكون للجسم تسارعٌ مكوّنٌ من مركّبتين: مركّبة مماسيّة مرتبطة بتغيّر السرعة، وهي هنا صفرٌ لأنّ مقدار السرعة ثابت، ومركّبة عموديّة باتّجاه مركز المسار الدائريّ (وتساوي مربّع السرعة على نصف قطر دائرة المسار). يقتصر التسارع إذن على المركّبة العموديّة على المسار أي باتّجاه مركز الدائرة.
4	$T_2 = \frac{T_1}{2}$ .b $T_2 = \frac{2\pi r'}{v'} = \frac{2\pi(2r)}{4v} = \frac{2\pi r}{2v} = \frac{T_1}{2}$

312.5 N .b $F_c = ma_c$ $F_c = m\frac{v^2}{r}$ $m = 250\ g = 0.25\ kg$ $r = 50\ cm = 0.5\ m$ $v = 25\ m/s$ $F_c = 0.25\frac{(25)^2}{0.5}$ $= 312.5\ N$	**5**
1835 m.d $a = \frac{v^2}{r}$, $r = \frac{v^2}{a}$ $r = \frac{(134.1)^2}{9.8} \approx 1835\ m$	**6**
50 rad/s $\omega = \frac{v}{r}$ $\omega = \frac{15}{0.3} = 50\ rad/s$	**7**
$4m\frac{v^2}{r}$ $F = ma = m\frac{(2v)^2}{r} = 4m\frac{v^2}{r}$	**8**

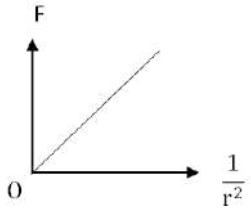
$\sqrt{10}$ m/s $F = ma = m\frac{v^2}{r}$, $v = \sqrt{\frac{Fr}{m}}$ $v = \sqrt{\frac{100\times2}{20}} = \sqrt{10} = 3.16$ m/s	**9a**
$\omega = 1.58$ rad/s $\omega = \frac{v}{r}$ $\omega = \frac{3.16}{2} = 1.58$ rad/s	**9b**
≈ 30 دورة في الدقيقة $1 \text{ rad/s} = \frac{\frac{1}{2\pi}\text{rev}}{\frac{1}{60}\text{min}}$ $= \frac{30}{\pi}$ rev/min $\omega = 1.58 \text{ rad/s} = 1.58 \times (\frac{30}{\pi} \text{ rev/min}) \approx 30.2 \text{ rpm} = 30 \text{ rpm}$	**9c**
11.8 m/s $T = 4 \times 1.6 = 6.4$ s $v = \frac{2\pi r}{T}$ $v = \frac{2\pi \times 12}{6.4}$ $v = 11.8$ m/s	**10a**
11.6 m/s^2 $a = \frac{v^2}{r}$ $a = \frac{11.8^2}{12} = 11.6$ m/s^2	**10b**
406 N $F = ma$ $F = 35\times11.6 = 406$ N	**10c**

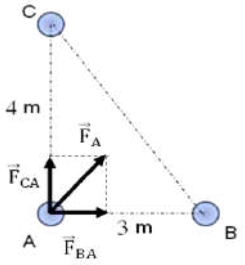
إجابات تطبيق الدرس الثاني: قانون نيوتن للجاذبيّة

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1202.1	1	1
2	P1202.1	1	1
3	P1202.1	1	1
4	P1202.2	1	2
5	P1202.1	1	2
6a	P1202.1	1	1
6b	P1202.1	1	3
7a	P1202.2	1	1
7b	P1202.2	1	1
8	P1202.1	1	2
المجموع		**10**	

- **الإجابات**

1	a. $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$ بحسب قانون نيوتن للتجاذب الكونيّ الذي ينصّ على أنّ قوة التجاذب بين كتلتين تتناسب طرديًّا مع حاصل ضربهما وعكسيًّا مع مربّع المسافة الفاصلة بين مركزيهما.
2	d. $18F_1$ بحسب قانون نيوتن للتجاذب الكونيّ: $F = G\frac{Mm}{r^2}$ $\frac{F_2}{F_1} = \frac{G\frac{2Mm}{\left(\frac{r}{3}\right)^2}}{G\frac{Mm}{r^2}}$ $F_2 = 18F_1$
3	a.  بحسب قانون نيوتن للتجاذب الكونيّ: $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2} = \frac{k}{r^2}$ إذا اعتبرنا x تمثّل $\frac{1}{r^2}$ وy تمثّل F يصبح لدينا $y = k.x$ وهي معادلة لخط مستقيم يمر بِالنقطة 0.
4	c. دولة قطر أبعد من كلّ من القطبين عن مركز الأرض. المسافة التي تفصل دولة قطر عن مركز الأرض أكبر من المسافة بين أي من القطبين إلى مركز الأرض. بما أنّ شدّة الجاذبيّة في أي نقطة على سطح الأرض تتناسب عكسيًّا مع مربع المسافة التي تفصلها عن مركز الأرض، تكون شدّة مجال الجاذبيّة الأرضية في دولة قطر أقل منه عند القطبين.

4 $\frac{F_{CB}}{F_{AB}} = \frac{G\frac{m\times m}{(r)^2}}{G\frac{m\times m}{(2r)^2}} = \frac{4r^2}{r^2} = 4$	**5**
$F_{CA} = 3.335 \times 10^{-11}$ N و $F_{BA} = 2.223 \times 10^{-11}$ N $F_{BA} = G\frac{m_A m_B}{r^2}$ $F_{BA} = 6.67 \times 10^{-11} \frac{1\times3}{(3)^2} = 2.223 \times 10^{-11}$ N $F_{CA} = G\frac{m_A m_C}{r^2}$ $F_{CA} = 6.67 \times 10^{-11} \frac{1\times2}{(4)^2} = 3.335 \times 10^{-11}$ N	**6a**
$F_A = 4 \times 10^{-11}$ N  $F_A = \sqrt{F_{BA}^2 + F_{CA}^2}$ $= \sqrt{(2.223 \times 10^{-11})^2 + (3.335 \times 10^{-11})^2}$, $F_A = 4 \times 10^{-11}$ N	**6b**
$F_W = 588$ N $F_W = m.g = 60 \times 9.8$ $F_W = 588$ N	**7a**
96 N $F_{W2} = m.g_2 = 60 \times 1.6 = 96$ N	**7b**
وفقًا لقانون نيوتن الثالث للحركة، فإنّ القوّة التي تجذب الكرة بها الأرض تساوي القوّة التي تجذب الأرض بها الكرة. بما أنّ كتلة الأرض كبيرة للغاية مقارنة بكتلة الكرة، لذا فإنّ تسارع الأرض صغير جدًا وغير ملحوظ أمّا تسارع الكرة فيكون كبيرًا. وبالتالي يمكن ملاحظة تأثير الأرض على الكرة ولا يمكن ملاحظة تأثير الكرة على الأرض.	**8**

إجابات تطبيق الدرس الثالث: جهد الجاذبيّة

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1202.3	1	1
2	P1202.3	1	1
3	P1202.3	1	1
4	P1202.3	1	2
5	P1202.3	1	1
6	P1202.3	1	3
7	P1202.3	1	2
8a	P1202.3	1	1
8b	P1202.3	1	2
8c	P1202.3	1	1
المجموع		**10**	

الإجابات

1	b. $V_G = -G\frac{M}{r}$
2	a. صفر عندما تكون النقطة عند مسافة لانهائيّة عن مركز الأرض تصبح $r \to \infty$ $V_G = G\frac{M}{r}$ وبالتالي $v_G = 0$
3	c. J/kg $E = mv_G$ $VG = \frac{E(J)}{m(kg)}$
4	a. I طاقة الوضع التجاذبيّة للمركبة $E_p = -\frac{GM_E m}{r}$
5	-9.97×10^{14} J $\Delta E_p = E_{p(f)} - E_{p(i)}$ $= -\frac{GM_E m}{r_f} - \left(-\frac{GM_E m}{r_i}\right)$ $= GM_E m\left(-\frac{1}{r_f} + \frac{1}{r_i}\right)$ $= 6.67\times10^{-11} \times 5.98\times10^{24} \times 10^9\left(-\frac{1}{4\times10^8} + 0\right)$ $= -9.97\times10^{14}$ J
6	الكوكب D بما أنّ $v_{\text{الافلات}} = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$ تكون السرعة أصغر ما يمكن عندما تكون الكتلة صغيرة ونصف القطر كبيرًا.
7	أفضل منطقة لإطلاق المركبات الفضائيّة خطّ الاستواء، حيث يكون نصف قطر الأرض أكبر منه في منطقة القطبين وباقي المدارات، وهذا يؤدّي إلى أنّ سرعة الافلات عند خطّ الاستواء تكون أقلّ ما يمكن.

8a	عند النقطة P يكون جهد الجاذبية أقل من جهد الجاذبية عند النقطة X لأنّ $V_G = -G\frac{M}{r}$ وبالتالي كلما زادت المسافة بين مركز الكوكب والنقطة كلما أصبح مقدار جهد الجاذبية المطلقة أصغر وبما أنّها سالبة فإن جهد الجاذبية عند النقطة p يكون أكبرمن جهد الجاذبية النقطة x تكون أكبر جهد الجاذبيّة عند النقطة P : $V_{GP} = -G\frac{M}{r_P}$ جهد الجاذبيّة عند النقطة X : $V = -G\frac{M}{r_X}$ بقسمة المعادلتين: $\frac{V_{GP}}{V_{GX}} = \frac{r_X}{r_P} < 1$ لأن $r_X < r_P$ $V_{GP} < V_{GX}$ جهد الجاذبيّة في النقطة P أكبرمنه في النقطة X.
8b	200 kg كما هو واضح من الرسم البياني أن العلاقة تطابق المعادلة: $E_p = m\ v_G$ حيث m هي كتلة الجسم. $m = \text{الميل} = \frac{E_p}{v_G}$ $= \frac{6000\ MJ}{30\ MJ/kg} = 200\ kg$
8c	$V \approx - 6 \times 10^7\ J/kg$ $V = -G\frac{M}{r} = -G\frac{Mr}{r^2} = -gr = -g(R+h)$ $V = - 2.2 \times (3.1\times10^6 + 2.4\times10^7) \approx - 6 \times 10^7\ J/kg$

إجابات تطبيق الدرس الرابع: الحركة المداريّة

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1202.4	1	1
2	P1202.4	1	1
3	P1202.4	1	2
4	P1202.4	1	2
5	P1202.4	1	1
6	P1202.4	1	1
7a	P1202.4	1	1
7b	P1202.4	1	2
7c	P1202.4	1	2
8a	P1202.4	1	1
8b	P1202.4	1	1
9a	P1202.4	1	1
9b	P1202.4	1	2
9c	P1202.4	2	2
المجموع		**15**	

- **الإجابات**

1	c. قانون كبلر الثالث. ينصّ هذا القانون على أنّ مربّع الزمن الدوري لمدار كوكب حول الشمس يتناسب طرديًّا مع مكعّب نصف قطر المدار.
2	d. 52.4 سنة بحسب قانون كبلر الثالث: $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$ إن كانت T_P تمثّل الزمن الدوريّ للكوكب وT_E الزمن الدوريّ للأرض، نستطيع أن نكتب بحسب قانون كبلر الثالث: $\frac{T_E^2}{R_E^3} = \frac{T_p^2}{R_p^3}$ $\frac{(1\ \text{year})^2}{R_E^3} = \frac{T_p^2}{(14R_E)^3}$ $\frac{(1\ \text{year})^2}{1} = \frac{T_p^2}{(14)^3}$ $T_p^2 = 14^3$ $T_p = \sqrt[3]{2744} = 52.4$ سنة
3	b. $\frac{\sqrt{2}}{2}T$ $T = \frac{2\pi}{\omega}$ $\omega = \frac{v}{r}$ $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ $T^2 = 4\pi^2\frac{r^3}{GM}$ $T'^2 = 4\pi^2\frac{r^3}{G \times 2M} = \frac{1}{2}4\pi^2\frac{r^3}{GM} = \frac{1}{2}T^2$ $T' = \frac{1}{\sqrt{2}}T = \frac{\sqrt{2}}{2}T$

$E_k = -\frac{1}{2} \times E_p$. .c $E_k = \frac{1}{2}\frac{GmM}{r}$ $E_p = -\frac{GmM}{r}$ $E_k = -\frac{1}{2}\left(-\frac{GmM}{r}\right) = -\frac{1}{2} \times (Ep)$	**4**
1.44 h .a $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ $= 2\pi\sqrt{\frac{(6.4\times10^6+10^5)^3}{6.67\times10^{-11}\times5.98\times10^{24}}}$ $= 5176\ s = 1.44\ h.$	**5**
4.62 ساعة وفقًا لقانون الزمن الدوري لكبلر 4.62 h $\frac{T^2}{R^3}$ ، ثابت $\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3} = \sqrt{\left(\frac{36000\ km}{12000\ km}\right)^3}$ $T_2 = 24\ hours \times 3^{-\frac{3}{2}} = 4.62\ h.$	**6**

≈ 28400 km/h $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$ $v = \sqrt{\frac{6.67\times10^{-11}\times5.98\times10^{24}}{(6400+8.8)\times10^{3}}}$ $= 7888.89$ m/s ≈ 28400 km/h.	**7a**
≈ 85 min $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ $T = 2\pi\sqrt{\frac{(6400\times10^{3}+8.8\times10^{3})^3}{6.67\times10^{-11}\times5.98\times10^{24}}} = 5101.4$ s ≈ 85 min	**7b**
≈ 2.4 N نحو مركز الأرض $F = m\frac{V^2}{R+h}$ $F = 0.25\frac{7888.89^2}{(6400+8.8)\times10^{3}}$ ≈ 2.4 N	**7c**
$E_k = 1.3754 \times 10^{10}$ J $E_k = \frac{1}{2}\frac{GmM}{(R+h)}$ $= \frac{1}{2}\frac{6.67\times10^{-11}\times1600\times5.98\times10^{24}}{(6.4\times10^{6}+4\times10^{7})}$ $= 1.3754 \times 10^{10}$ J	**8a**
$E_p = -2.7508 \times 10^{10}$ J $E_p = -2E_k$ $= -2(1.3754 \times 10^{10}) = -2.7508 \times 10^{10}$ J	**8b**

9a	$E = E_p + E_k$. حيث إنّ $E_p = mvG = m\left(-G\frac{M}{r}\right) = -G\frac{mM}{r}$ $E_k = \frac{1}{2}mv2 = \frac{1}{2}m\left(\sqrt{\frac{GM}{r}}\right)^2 = \frac{1}{2}\frac{mGM}{r}$ $E = -\frac{mGM}{r} + \frac{1}{2}\frac{mGM}{r} = -\frac{1}{2}\frac{mGM}{r}$
9b	يجب أن تكون E دائمًا سالبة لأنّ قوّة الجاذبيّة هي قوّة سحب.
9c	عندما يبطئ القمر الاصطناعيّ، فهو يفقد طاقة، وبالتالي ينخفض نصف قطر المدار وبالتالي يتناقص الارتفاع أيضًا.

إجابات اختبار المهارات العمليّة

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1103.1	1	1
2	P1103.1	1	1
3	P1103.1	1	1
4	P1103.2	1	2
5	P1103.2	1	3
المجموع		**5**	

- **الإجابات**

1

متوسّط زمن السقوط 0.4 s تقريباً مع مراعاة هامش الخطأ.

المحاولة	t (s)
1	0.4
2	0.5
3	0.3
4	0.4
5	0.4

2

$9.8\ m/s^2$ مع مراعاة هامش الخطأ.

$$g = \frac{2h}{t^2} = \frac{2\times2}{0.4^2} = 9.8\ m/s^2$$

3

مقدار كتلة الأرض هو: $6 \times 10^{24}\ kg$ مع مراعاة هامش الخطأ.

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

$$M = \frac{gr^2}{G}$$

$$= \frac{9.8\times(6.4\times10^6)^2}{6.67\times10^{-11}} = 6 \times 10^{24}\ kg$$

4

بيّنت المقارنة وجود فرق بسيط بين مقدار كتلة الأرض التي حصلنا عليها والمقدار المعتمد عالميًا.

أسباب هذا الاختلاف: عدم دقّة القراءات، تأثير الهواء، المسافة الصغيرة.

5

للحصول على نتائج أدق يمكن اعتماد مستشعر لقياس الزمن، تصوير فيديو لسقوط الكرة يؤمن قياس أكثر دقّة للمسافات.

إجابات اختبار مهارات الاستقصاء العلميّ

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1202.4	1	1
2	P1202.4	1	1
3	P1202.4	1	1
4	P1202.4	1	2
5	P1202.4	1	3
المجموع		**5**	

- **الإجابات**

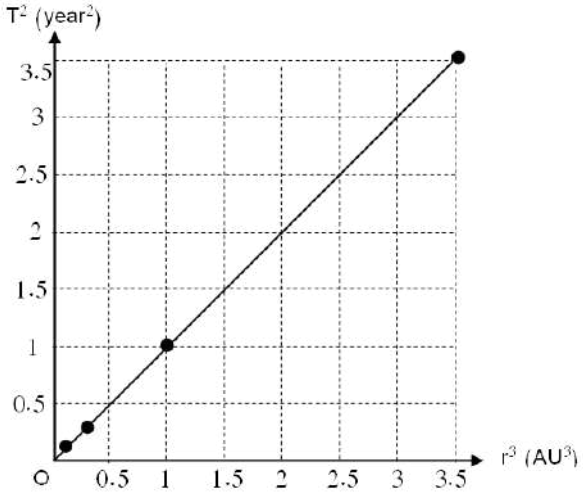
1

وضع فرضيّة حول العلاقة بين الزمن الدوري المداري للكوكب ونصف قطره، مثلاً: كلّما كان نصف قطر المدار أكبر كلّما زاد الزمن الدوريّ المداريّ.

2

الكوكب	عطارد	الزهرة	الأرض	المريخ
r^3	0.06	0.37	1	3.51
T^2	0.06	0.38	1	3.53

3



4

العلاقة بين T^2 و r^3 خطّية وبالتالي

$T^2 = k.r^3$

حيث أنّ k هي الميل

$k = \frac{3.53-0.06}{3.51-0.06} \approx 1$

بما أنّ الرسم البياني خطّ مستقيم يمر في الأصل، يتناسب مربّع الزمن الدوري المداري للكوكب مع مكعّب نصف قطر مداره، فإن الفرضيّة صحيحة.

5

الزمن الدوري المداري للكوكب التاسع:

$T^2 = r^3$

$T = \sqrt{r^3} = \sqrt{420^3} = 88604.4 \text{ year}$

إجابات اختبار الوحدة الأولى

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1201.1	1	1
2	P1201.1	1	1
3	P1201.2	1	1
4	P1202.1	1	1
5	P1202.1	1	1
6	P1202.2	1	1
7	P1202.2	1	2
8	P1202.4	1	1
9	P1202.3	1	1
10	P1202.4	1	1
11	P1202.1	1	2
12	P1201.2	1	1
13	P1202.1	1	2
14	P1202.1	1	2
15	P1202.4	1	3
16a	P1202.1	1	1
16b	P1202.4	1	1
17a	P1202.4	1	1
17b	P1202.2	1	1
17c	P1202.4	1	1
المجموع		**20**	

- **الإجابات**

1	b. 1.6 rad $s = 8\ m$ ونصف القطر $r = 5\ m$ $\theta = \frac{s}{r} = \frac{8\ m}{5\ m} = 1.6\ radians$
2	a. تسارع الجسم باتّجاه مركز الدائرة. في الحركة الدائريّة، يكون للجسم تسارعٌ مكوّنٌ من مركّبتين: مركّبة مماسيّة مرتبطة بتغيّر السرعة، وهي هنا صفرٌ لأنّ السرعة ثابتة مقدارًا، ومركّبة عموديّة باتّجاه مركز المسار الدائريّ وتساوي مربّع السرعة على نصف قطر دائرة المسار. يقتصر التسارع إذن على المركّبة باتّجاه مركز الدائرة.
3	c. الزاوية بين تسارع الإلكترون المماسي والسرعة 90^o. بما أنّ تسارع الجسم في هذه الحالة هو نتيجة تغيّر اتّجاه السرعة، فإنّ اتّجاه التسارع يكون إلى الداخل نحو مركز الدائرة، على أساس أنّ مركّبة التسارع المماسي صفر نتيجة ثبات سرعة الإلكترون مقدارًا.
4	c. إنّه أقرب إلى القمر لأنّ كتلة الأرض أكبر بكثير. لنفترض وجود جسم كتلته m في نقطة لاجرانج بين الأرض والقمر. قوة جذب الأرض لهذا الجسم: $F_E = G\frac{M_{الأرض} m_{الجسم}}{r_1^2}$ قوّة جذب القمر لهذا الجسم: $F_M = G\frac{M_{القمر} m_{الجسم}}{r_2^2}$ بما أنّ كتلة الأرض هي أكبر بكثير من كتلة القمر، لكي يكون $F_E = F_M$ بحسب تعريف نقطة لاجرانج، يجب أن تكون المسافة بين الجسم والقمر d_2 أصغر بكثير من المسافة d_1 بين الجسم والأرض. فتكون بالتالي نقطة لاجرانج أقرب إلى القمر منها إلى الأرض.
5	d. لأنّ قوّة الجذب بين المرّيخ والطفل صغيرة جدًا مقارنة بالقوّة بين الطفل وسطح الأرض. $F = G\frac{m_{المريخ} m_{الطفل}}{r^2}$ $= 6.67 \times 10^{-11}\frac{6.4\times10^{23}\times3}{(5.6\times10^{10})^2}$ $F = 4.1 \times 10^{-8}\ N << 30\ N.$
6	d. تتناسب g تناسبًا عكسيًّا مع مربّع المسافة. شدّة مجال جاذبيّة كوكب: $g = G\frac{M}{r^2}$
7	d. النقطة D المقدار الأكبر لجهد الجاذبيّة هو صفر كونه قيمة سالبة، وبما أنّ جهد الجاذبيّة يتناسب عكسيًّا مع مربّع المسافة فإنّ أكبر جهد يكون على أبعد نقطة من مركز الكوكب.

8	c. $\frac{mv^2}{R} = \frac{GMm}{R^2}$ لأنّ قوّة الجذب المركزيّ تساوي قوّة الجاذبية الأرضيّة على أساس أنّ جهد الجاذبيّة الأرضيّـــة $v = G\frac{M}{R}$.
9	سرعة الافلات تقريبًا 1.12×10^4 m/s $v_{\text{إفلات}} = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$ $= \sqrt{\frac{2\times 6.67\times 10^{-11}\times 5.98\times 10^{24}}{6.4\times 10^6}}$ $= 1.12 \times 10^4$ m/s
10	بالنسبة لقمر اصطناعيّ كتلته M_S يدور حول الأرض ذات الكتلة M_E، على مسافة r من مركز الأرض، فإنّ قوّة الجذب المركزيّة يجب أن تساوي قوّة الجاذبيّة بين القمر الاصطناعيّ والأرض، لذلك: $F_{\text{الجذب المركزيّ}} = F_{\text{الجاذبيّة}}$ $\frac{M_S v^2}{r} = \frac{GM_S M_E}{r^2}$ $v^2 = G\frac{M_E}{r}$
11	$X = \frac{F}{9}$ يتناسب مقدار القوّة F عكسيًّا مع مربّع المسافة من مركز الأرض r، لذلك: $\frac{F}{X} = \left(\frac{3R}{R}\right)^2$ يعني أنّ: $X = \frac{F}{9}$
12	1.25 m/s² المعطيات $v = 25.0\ m/s$ ونصف القطر r = 500 m لأنّ: $a_c = \frac{v^2}{r}$ $a_c = \frac{25^2}{500} = 1.25$ m/s²
13	$F_2 = 64$ F $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$ $F_2 = G\frac{(2m_1)(2m_2)}{\left(\frac{r}{4}\right)^2} = 64$ F

14	على كوكب Z لأنّ: $g_E = G\frac{M}{r^2}$ $g_W = G\frac{4M}{(3r)^2} = \frac{4}{9}g_E$ $g_X = G\frac{2M}{(4r)^2} = \frac{1}{8}g_E$ $g_Y = G\frac{\frac{1}{2}M}{(r)^2} = \frac{1}{2}g_E$ $g_Z = G\frac{\frac{1}{2}M}{\left(\frac{1}{2}r\right)^2} = 2g_E$ وحيث إنّ كتلة رائد الفضاء ثابتة فإنّ وزنه يساوي mg. هذا يعني أنّ كوكب Z يكون وزن الرائد فيه هو الأكبر.
15	آيو - يوروبا - جانيميد – كاليستو. $\frac{T^2}{R^3}$= ثابت، لذلك R يتناسب طرديّاً مع $T^{\frac{2}{3}}$.
16a	تتوفّر قوّة الجاذبيّة المطلوبة لإبقاء القمر في مداره من خلال الجاذبيّة بين الكوكب وقمره، لذلك: $\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$ حيث إنّ M هي كتلة المرّيخ وm هي كتلة القمر. ولكن: $v = 2\pi\frac{r}{T}$ هذا يعني: $\frac{m\times 4\pi^2 r}{T^2} = \frac{GMm}{r^2}$ وبالتالي: $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2} = \frac{4\pi^2(9.7\times10^6)^3}{6.67\times10^{-11}\times(2.5\times10^4)} = 7.1\times10^{23}\ \text{kg}$
16b	$\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{T_2^2}{R_2^3}$ $R_2 = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{2}{3}}\times R_1$ $= \left(\frac{1.09\times10^5}{2.75\times10^4}\right)^{\frac{2}{3}}\times 9.7\times10^6 = 2.43\times10^7\ \text{m}$

17a	في المدار الثابت بالنسبة للأرض، يوضع القمر الاصطناعيّ في موضع فوق خطّ الاستواء، وبما أنّ زمنه الدوريّ يوافق الزمن الدوريّ للأرض، يبدو أنّه يبقى في نفس المكان فوق الأرض.
17b	$\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$ ولكن: $v = 2\pi\frac{r}{T}$ وكذلك: $\frac{m\times 4\pi^2 r}{T^2} = \frac{GMm}{r^2}$ هذا يعني: $r^3 = \frac{GMT^2}{4\pi^2} = \frac{6.67\times10^{-11}\times5.98\times10^{24}(24\times60\times60)^2}{4\pi^2}$ وهذا يؤدّي إلى: $r = 4.225\times10^7\ m$ $R + h = r\ ,\ h = 4.225\times10^7 - 6400\times10^3 = 3.6\times10^7\ m$
17c	تتمثّل ميزة المدار الثابت بالنسبة للأرض في أنّه يتيح نقل إشارات الاتّصال من الأرض إلى القمر الاصطناعيّ والعودة إلى أيّ نقطة على الأرض تقريبًا.

unit 02

الوحدة الثانية

الاهتزازات والخصائص المتقدمة للموجات
Oscillations and Advanced Properties of Waves

مادة الفيزياء / المستوى الثاني عشر

الفصل الدراسي الأول

/ FIRST SEMESTER

فهرس المحتويات
الوحدة الثانية

أوّلًا: الاختبارات

الاختبار التشخيصي

تطبيق الدرس الأوّل: الحركة التوافقيّة البسيطة

تطبيق الدرس الثاني: الطاقة في الحركة التوافقيّة البسيطة

تطبيق الدرس الثالث: الاهتزازات القسريّة والرنين

اختبار المهارات العمليّة

اختبار مهارات الاستقصاء العلمي

اختبار الوحدة الثانية

ثانيًا: الإجابات

إجابات الاختبار التشخيصي

إجابات تطبيق الدرس الأوّل: الحركة التوافقيّة البسيطة

إجابات تطبيق الدرس الثاني: الطاقة في الحركة التوافقيّة البسيطة

إجابات تطبيق الدرس الثالث: الاهتزازات القسريّة والرنين

إجابات اختبار المهارات العمليّة

إجابات اختبار مهارات الاستقصاء العلمي

إجابات اختبار الوحدة الثانية

أوّلًا: الاختبارات

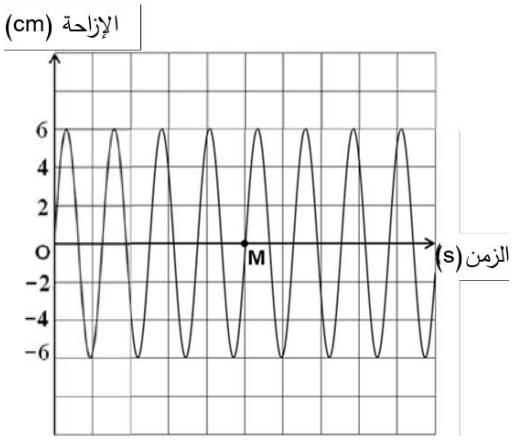
الاختبار التشخيصي

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة: \ 10

اختر الاجابة الصحيحة للأسئلة من 1-9

يمثّل الرسم البيانيّ المجاور الإزاحة لموجة ميكانيكية مقابل الزمن. الزمن الدَوْريّ لهذه الموجة هو T والتردّد هو f. الأسئلة 1، 2 و3 متعلّقة بهذا الشكل.



1. ما سعة هذه الموجة بالوحدة الدولية؟

a. 0.03 m

b. 0.06 m

c. 0.09 m

d. 0.12 m

2. ما الزمن الذي تستغرقه الموجة للإنتقال من O الى M؟

a. T

b. 2T

c. 3T

d. 4T

3. إذا قلّ الزمن الدَوْريّ من T الى $\frac{T}{2}$، ما مقدار التردّد الجديد؟

a. $\frac{f}{2}$

b. f

c. 2f

d. 4f

4. تنتقل قمم الأمواج البحريّة من نهاية الرصيف البحري إلى الشاطئ خلال زمن t. ما الزمن الذي ستستغرقه الأمواج لقطع هذه المسافة في حال تضاعفت السرعة؟

a. $\frac{t}{2}$

b. t

c. $2t$

d. $4t$

5. ينضغط زنبرك ثابته k مسافة 1.5 cm بحيث تصبح الطاقة المختزنة فيه 0.1125 J قبل أن يجري تحريره. كم تكون الطاقة المختزنة في الزنبرك في حال تم ضغطه مسافة 3 cm؟

a. 0.225 J

b. 0.45 J

c. 0.9 J

d. 1.125 J

6. لكلّ موجة ميكانيكيّة طول موجيّ يُرمز له بحرف λ وسرعة v وزمن دوري T. ما العلاقة بين هذه المفاهيم الثلاثة؟

a. $\lambda = \frac{v}{T}$

b. $\lambda = vT$

c. $\lambda = vT^2$

d. $\lambda = \frac{T}{v}$

7. تَرَدُّدُ آلة موسيقيّة نموذجيّة 264 Hz. ما الزمن اللازم لعمل ذبذبة واحدة كاملة؟

a. 3.79×10^{-3} s

b. 264×10^{-3} s

c. 3.79 s

d. 264 s

8. تتحرّك كرتان بسرعتين مختلفتين. تتحرّك الكرة الأولى، كتلتها m، بسرعة v حيث تكون طاقتها الحركية E_{k_1}. أمّا الكرة الثانية فكتلتها 2m وتتحرّك بسرعة $3v$ بحيث تكون طاقتها الحركية E_{k_2}. ما نسبة E_{k_2} إلى E_{k_1}؟

a. 1.5

b. 5

c. 9

d. 18

9. كيف تتغيّر حدّة الصوت؟

a. بتغيّر تردّد الموجات الصوتيّة.

b. بتغيّر سعة الموجات الصوتيّة.

c. بتغيّر المسافة بين مصدر الصوت والأذن.

d. بتغيّر درجة حرارة الوسط الذي ينتقل فيه الصوت.

10. قارن بين الموجات الميكانيكيّة والموجات الكهرومغناطيسيّة كمسارات لنقل الطاقة. أعطِ مثالاً على ذلك.

.....

.....

تطبيق الدرس الأوّل: الحركة التوافقيّة البسيطة

الاسم: الصف التاريخ:

الدرجة: \ 15

اختر الاجابة الصحيحة للأسئلة من 1-6

1. سقطت كرة على سطحٍ مرن من ارتفاع معيَّن. بإهمال مقاومة الهواء، ما نوع حركة الكرة؟

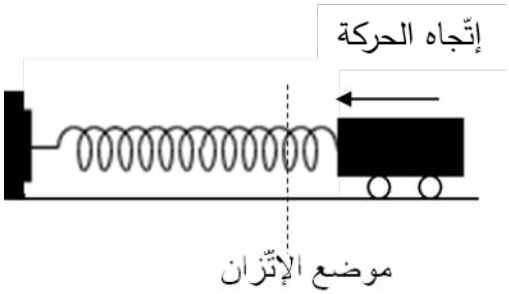
a. حركة اهتزازيّة

b. حركة منتظمة

c. حركة توافقيّة بسيطة

d. حركة تسارعيّة منتظمة

2. يُظهر الشكل أدناه نظام له حركة دوريّة. بإهمال قوى الاحتكاك، عندما تتمّ إزاحة الجسم عن موضع الاتزان، تعمل قوّة شدّ على إعادته باتّجاه موضع الاتّزان. ما اسم القوّة التي لها هذه الميزة؟



a. قوّة الشدّ

b. قوّة التوازن

c. قوّة النابض

d. قوّة الإرجاع.

3. يتحرّك جسم بحسب المعادلة الزمنيّة $x = 0.01\sin(2t + \frac{\pi}{6})$ حيث تمثّل x إزاحة الجسم عن موضع الإتّزان بوحدة m في لحظة t بوحدة s. ما موضع الجسم عند اللحظة $t = 0$؟

a. $x = 0.5$ cm

b. $x = 1$ cm

c. $x = 1.5$ cm

d. $x = 2$ cm

4. ما العوامل التي تؤثّر في قوّة الإرجاع في البندول البسيط؟

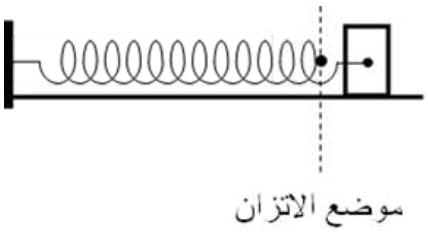
a. كتلة الجسم فقط.

b. كتلة الجسم والزاوية θ .

c. طول الخيط والزاوية θ .

d. كتلة الجسم وطول الخيط.

5. وضـعت كتلة على سـطح عديم الاحتكاك، تمّ وصـلها بأحد أطراف نابض طرفه الآخر مثبّت بجدار. سُحبت الكتلة عن موضع الاتزان بإزاحة 0.02 m، ثم حُرّرت من السكون حيث بدأت تتأرجح بزمن دوريّ 1.57s. ما المعادلة الزمنية الصحيحة التي توضح موضع الكتلة x مقاسَةً بالمتر، والزمن t مقاسًا بالثانية؟



a. $x = 0.02\sin(4t)$

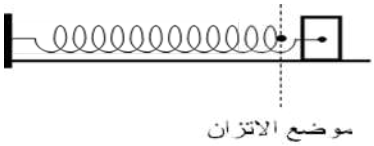
b. $x = 0.02\cos(4t)$

c. $x = 0.02\sin(4t - \frac{3\pi}{2})$

d. $x = 0.02\cos(4t + \frac{\pi}{2})$

6. جسم، كتلته m، متّصل بنابض أفقيّ، ثابته k. الطرف الآخر للنابض مثبّت بجدار. تمّ سحب الكتلة من موضع الاتّزان وتحريرها بحيث يخضع النظام للحركة التوافقيّة البسيطة بزمن دوري T.

ما مقدار الزمن الدوريّ T_1 لنظام الكتلة–النابض إذا ضاعفنا كتلة الجسم؟



a. $T_1 = 0.5\ T$

b. $T_1 = T$

c. $T_1 = 1.4\ T$

d. $T_1 = 2\ T$

7. نابض أفقيّ له ثابت 200 N/m مثبّت بطرفه الأيسر بحائط وطرفه الأيمن مربوط بجسم كتلته 0.5 kg. عند إزاحة الجسم مسافة $x = -0.02$ m من موضع الاتّزان وتمّ تحريره من السكون حيث بدأ يتحرّك حركة توافقية بسيطة.

a. ما مقدار كلّ من السرعة القصوى والسرعة الصغرى للجسم؟

.....

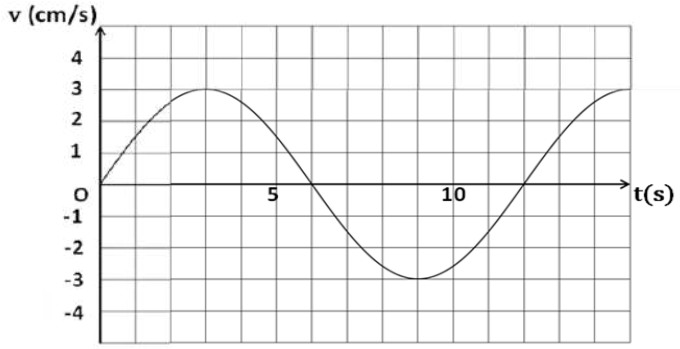
.....

b. ما القيمة العظمى للتسارع؟

.....

.....

8. الرسم البيانيّ الآتي يُوضح تغيّر سرعة جسيم v بدلالة الزمن t لحركة توافقيّة بسيطة $v = v_{max}\cos(\omega t + \varphi)$



a. ما مقدار السرعة الزاويّة ω؟

.....

.....

b. أحسب ثابت الطّور للسرعة φ.

.....

.....

9. بندول بسيط طوله $1.5\ m$ موجود في مكان حيث تسارُع الجاذبية $g = 9.8\ m/s^2$.

a. احسب الزمن الدوري للبندول.

.....

.....

b. احسب تردّد البندول.

.....

.....

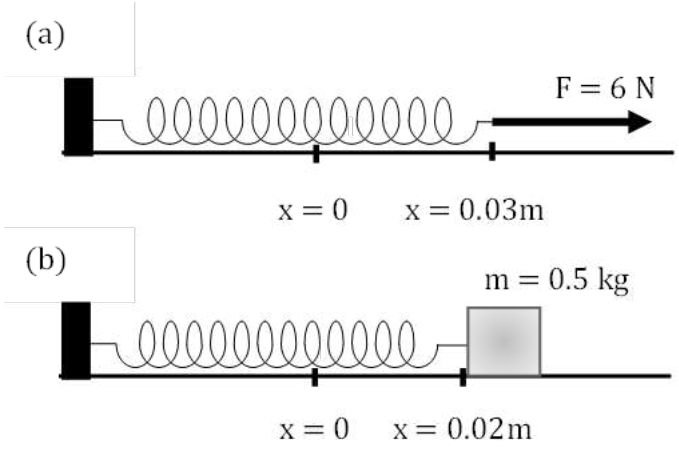
c. لنفترض أنّنا وضعنا هذا البندول على سطح كوكب حيث تسارُع جاذبيته أقل من تسارُع جاذبيّة الأرض، هل يزيد التردّد أم ينقص؟ فسّر إجابتك.

.....

.....

10. ثُبّت نابض أفقيًّا بأحد طرفيه إلى حائط من جهة اليسار، ثم أُزيح الطرف الآخر إلى اليمين كما هو موضّح في الشكل (a). تتناسب استطالة النابض مع مقدار القوة المؤثّرة فيه، فإذا كان مقدار القوة 6 N تكون استطالة النابض 0.03 m.

وُضعت كتلة 0.5 kg وسُحبت مسافة 0.02 m على سطح مهمَل الاحتكاك كما هو مبيّن في الشكل (b)، حُرّرت الكتلة وصارت تتذبذب.



a. احسب ثابت النابض

.....

.....

b. احسب تردّد ذبذبات النابض.

.....

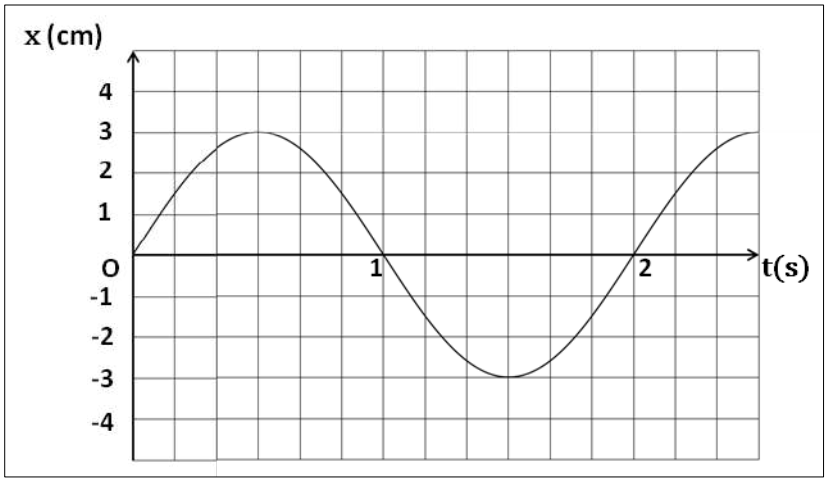
.....

تطبيق الدرس الثاني: الطاقة في الحركة التوافقيّة البسيطة

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة:	\ 10

اختر الاجابة الصحيحة للأسئلة من 1-4



1. يوضح الرسم البيانيّ المجاور تغيّر الإزاحة x بدلالة الزمن t لحركة توافقيّة بسيطة في نظام النابض-الكتلة المهتز. ما شكل طاقة النظام عند الإزاحة $x = 3\ cm$؟

a. طاقة حركيّة.

b. طاقة وضع مرونيّة.

c. طاقة وضع تجاذبيّة فقط.

d. طاقة حركية وطاقة وضع مرونيّة.

2. الطاقة الكليّة لجسم يتحرّك حركة توافقية بسيطة، كتلته 2 kg وسعته 0.01 m، هي 4 J. ما مقدار زمنه الدوري بوحدة الثانية (s)؟

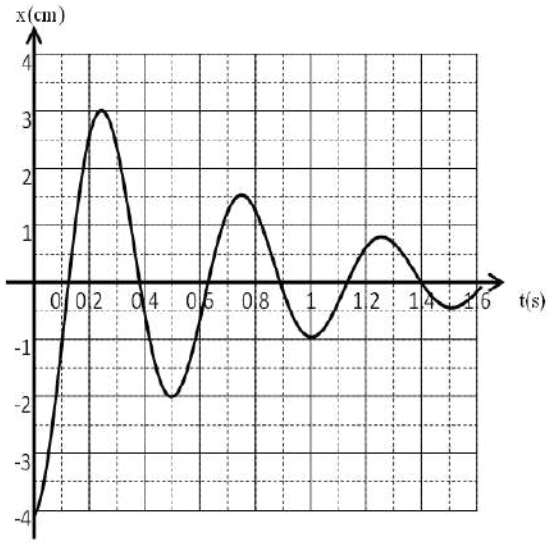
a. $\frac{\pi}{100}$ s

b. $\frac{\pi}{50}$ s

c. $\frac{\pi}{20}$ s

d. $\frac{\pi}{10}$ s

3. **يمثّل الرسم البيانيّ المجاور تغيّر الإزاحة مقابل الزمن لجسم مهتز، كتلته 0.1 kg، يتحرّك بحركة اهتزازية متخامدة تحت الحد. ما مقدار التغيّر في الطاقة بين $t = 0$ و $t = 0.5$ s؟**



a. -9×10^{-3} J

b. -2 J

c. -12 J

d. -94 J

4. **طائرة تحلّق في خطّ مستقيم على ارتفاع ثابت. إذا تعرّضت مقدّمة الطائرة لمطبّات هوائية، فسوف تتأرجح المقدّمة للأعلى والأسفل حتّى تعود الطائرة في النهاية إلى ارتفاعها الأصليّ. ما نوع تخامد هذا النظام؟**

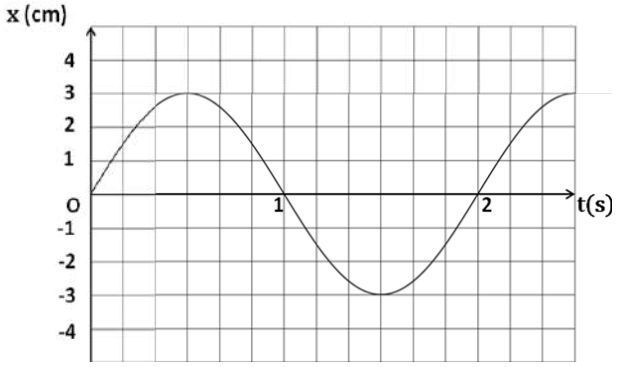
a. تخامد حرج

b. غير متخامد

c. تخامد فوق الحد

d. تخامد تحت الحد

5. يوضح الرسم البياني المجاور تغيّر الإزاحة x بدلالة الزمن t لحركة توافقيّة بسيطة في نظام النابض–الكتلة المهتز حيث الكتلة 0.5 kg



a. ما قيمة الطاقة الحركيّة العظمى للنظام $(E_k)_{max}$؟

.....

.....

.....

b. باستخدام معادلة طاقة الوضع المرونية عندما تكون الإزاحة $x = 3\ cm$، أحسب ثابت النابض k.

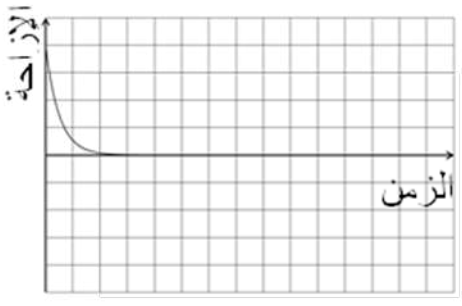
.....

.....

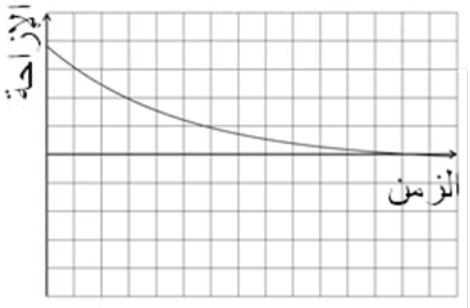
.....

6. يوجد في حياتنا اليومية العديد من الأنظمة التي تعتبر أمثلة على النظام المتخامد. يمثّل الرسمين البيانيّن أدناه الإزاحة مقابل زمن التخامد لنظامين مختلفين.

وضّح الفرق بين الرسمين البيانيّين 1 و2 مع إعطاء مثال على كلّ منهما.



(1)



(2)

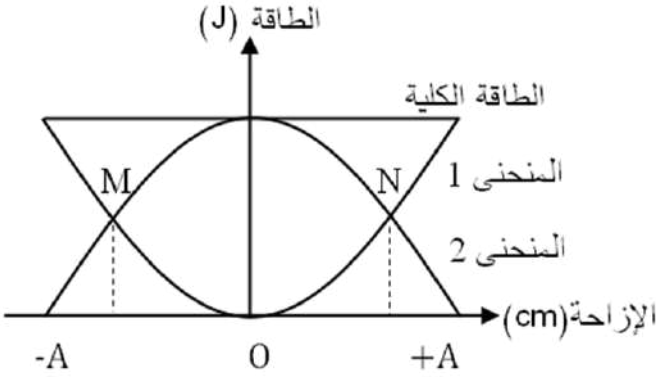
.....

.....

.....

.....

7. يوضح الشكل المجاور تغيّر الطاقة الكليّة E_T، والطاقة الحركيّة E_K وطاقة الوضع المرونية E_E كدالة بالاستطالة، لنظام مهتزّ يتحرّك حركة توافقية بسيطة سعتها A.



a. حدّد المنحنى الذي يمثّل E_E .

.....

.....

b. ما مقدار الإزاحة x عند النقطتين M و N؟

.....

.....

c. استنتج سرعة النظام المهتزّ في النقطتين M و N.

.....

.....

تطبيق الدرس الثالث: الاهتزازات القسريّة والرنين

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة: \ 10

اختر الاجابة الصحيحة للأسئلة من 1-4:

1. يجلس طالب على أرجوحة؛ تمّ دفعه دفعة صغيرة بكلّ دورة بحيث تكون سعة الدورة ثابتة. ماذا تسمَّى هذه القوّة المضافة؟

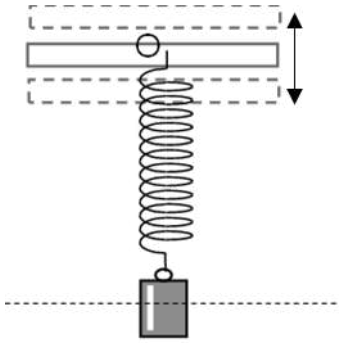
a. قوة شدّ

b. قوة دورية

c. قوة محركة

d. قوة مقاومة

2. يتكوّن نظام، يهتزّ اهتزازًا متخامدًا، من جسمٍ له كتلة معلَّقٍ بنابض بأحد طرفيه، والطرف الآخر مُثبّت في الطاولة بشكل رأسي يتحرّك بتردد f كما هو ظاهر في الشكل المجاور. ما مقدار التردّد f الذي يعطي الجسم السعة القصوى مع العلم أنّ التردّد الطبيعيّ هو 20 Hz؟



a. يساوي 20 Hz.

b. أقلّ بكثير من 20 Hz.

c. أكثر بقليل عن 20 Hz.

d. أكثر بكثير عن 20 Hz.

3. يهتزّ نظام مكوّن من جسم كتلته 0.25 kg ونابض له ثابت 10 N/m اهتزازاً متخامدًا فوق الحد. ما مقدار تردّد القوة الدوريّة الذي يوصل الجسم إلى حالة الرنين؟

a. 0.025 Hz

b. 0.1 Hz

c. 1 Hz

d. π Hz

4. تسير سيارة على طريق فيه مطبّات منتظمة؛ المسافة بين قمّتَيْ كلّ مطبّيْن متتاليين 15 m. إذا كان الزمن الدوري الطبيعي للسيّارة هو 1 s، ما السرعة التي يجب على السائق تجنّبها كي لا يصل إلى حالة الرنين؟

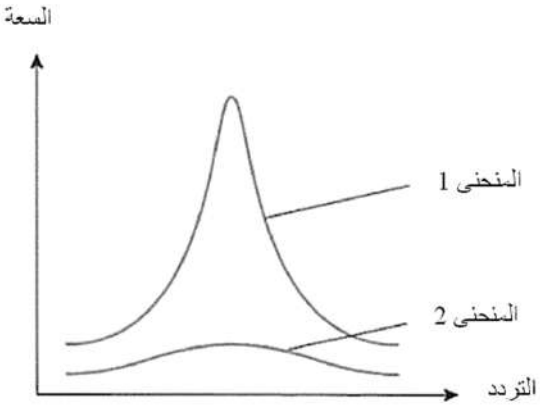
a. 15 km/h

b. 54 km/h

c. 80 km/h

d. 100 km/h

5. يوضح الرسم البيانيّ المجاور تغيّر سعة نظام مهتزّ متخامد مع تردّده، ومنحنيان يسمَّيان المنحنى الرنيني.



a. أيّ منحنى يمثل نظام مهتزّ ذات تخامد تحت الحدّ؟

.....

.....

b. ما مقدار السعة عندما يصل التردّد الى أقصى قيمة؟

.....

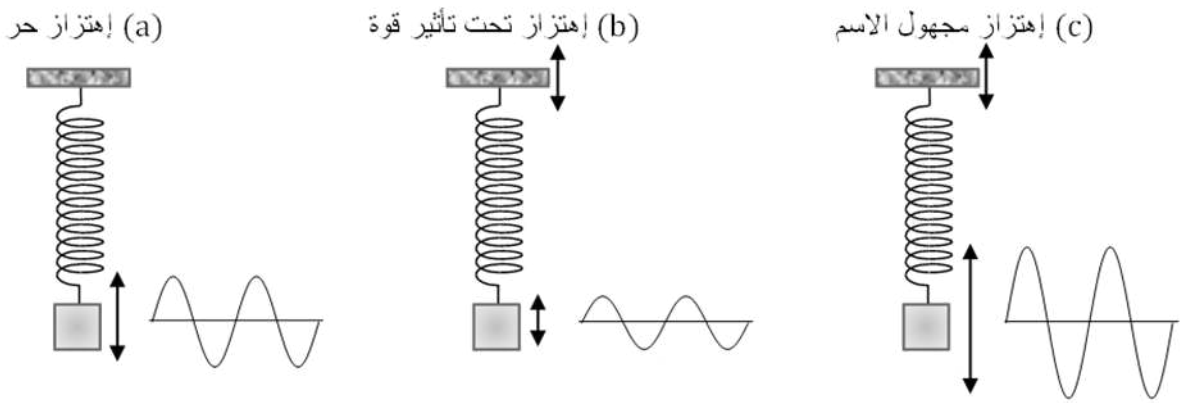
.....

6. لماذا يُستخدم ممتَصّ الصدمات بالسيارة؟

.....

.....

7. تمثّل الأشكال الثلاثة كتلة معلّقة بنابض في وضع رأسي.



a. قارن السعة في الأشكال الثلاثة مع ذكر نوع الاهتزاز.

.....

.....

.....

b. ما اسم الظاهرة التي تحدث في الشكل (c)؟ فسّر إجابتك.

.....

.....

8. صنّف أمثلة الرنين الآتية إلى صنفين: صنف رنين مرغوب فيه وصنف رنين غير مرغوب فيه.

الاهتزازات الناتجة عن الموجات الزلزالية – الرنين بين جزيئات الطعام والإشعاعات المنبعثة في فرن الميكروويف – الرنين بين تردّد الإرسال وتردّد جهاز الاستقبال في الراديو – خطوات الأقدام على جسر لها رنين مع التردّد الطبيعي للجسر.

رنين مرغوب فيه	رنين غير مرغوب فيه

اختبار المهارات العمليّة

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة: \ 5

الدرس الثالث	الاهتزازات القسرية والرنين
النشاط	الحصول على الرنين عمليًّا
سؤال الاستقصاء	كيف يؤثّر تخامد النظام في السعة؟

المقدمة

خلال اهتزاز نظام اهتزازًا حرّاً فإنّ تردّده يكون طبيعيًّا f_o، ولكن يوجد في حياتنا الكثير من الأنظمة التي تهتزّ تحت تأثير قوة خارجية يفرض تردّده عليها.

ملاحظة: في هذا النشاط سوف نستخدم بندولًا بسيطًا له زمن دوري T يُعطى بالعلاقة $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$.

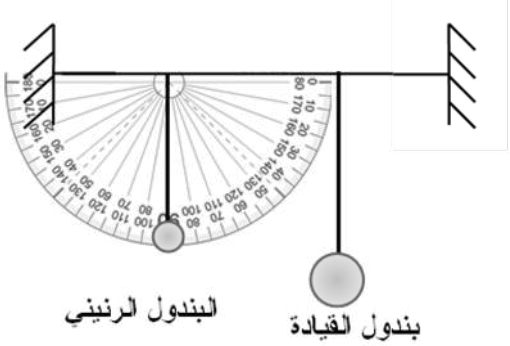
أدوات التجربة

بندول بسيط عدد 2، البندول الأوّل وهو بندول القيادة، طوله $\ell_E = 120\ cm$ وكتلته $m_E = 200\ g$

بينما البندول الثاني وهو البندول الرنيني طوله $\ell_R = 80\ cm$ وكتلته $m_R = 10\ g$.

– مِنْقَلة تُستخدم لقياس زاوية سعة البندول– كأس من الماء– آلة حاسبة– ورقة رسمٍ بيانيّ.

خطوات التجربة

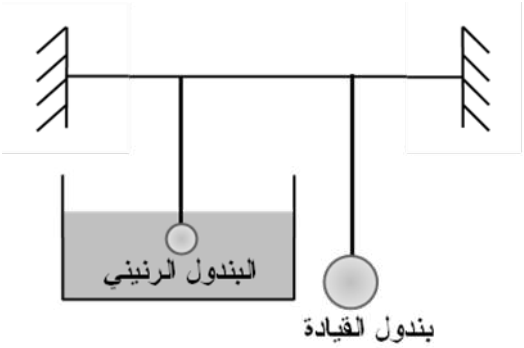


a. دع بندول القيادة يشكّل مع الخط العموديّ (موضع الاتزان) زاوية 15^o مثلاً، ثم دعه يهتزّ تلقائيًّا بهذه السعة. سيهتزّ البندول الرنيني بسعة θ_m.

b. قم بقياس الزاوية θ_m باستخدام المنقلة.

c. أعد تكرار الخطوة أعلاه بعد تقصير طول بندول القيادة ℓ_E 5 cm في كلّ مرّة مع الحفاظ على زاوية الانطلاق: 15^o

d. كرّر الخطوات السابقة بعد أن تضع كتلة البندول الرنيني بالماء كما هو موضح بالصورة.



1. احسب الزمن الدوريّ T_E للبندول القيادة ثم استنتج تردّده f_E.

.....

2. بعد تقصير طول بندول القيادة، احسب التردّد f_E في كل مرة وقس السعة θ_m. سجّل البيانات في الجدول الآتي.

f_E (Hz) للبندول القيادي								
θ_m (°) للبندول الرنيني								

3. باستخدام مقياس رسم مناسب، ارسم على ورقة الرسم البيانيّ, المنحنى الذي يربط السعة θ_m (°) كدالة بالتردّد f_E (Hz) .

4. أرسم مرة ثانية، على نفس ورقة الرسم البيانيّ، المنحنى الذي يربط السعة θ_m (°) كدالة بالتردّد f_E (Hz) بعد أن تضع كتلة البندول الرنيني بالماء كما هو موضح بالصورة.

5. ماذا تستنتج بشأن تأثير تخامد النظام في السعة بعد أن تضع كتلة البندول الرنيني بالماء؟

.....

.....

اختبار مهارات الاستقصاء العلمي

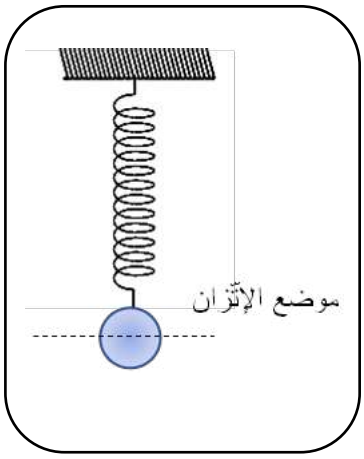
الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة:	5 \

الدرس الأوّل	الحركة التوافقية البسيطة
النشاط	الزمن الدوري لنظام اهتزاز كتلة – نابض
سؤال الاستقصاء	ما العوامل المؤثرة في الزمن الدوري لنظام اهتزاز كتلة –نابض في حالة إهمال التخامد؟

أجرى عدد من الطلّاب تجربة للتحقّق من العوامل المؤثرة في الزمن الدوري لبندول مرن رأسي مكوّن من كتلة متّصلة بطرف نابض مهمَل الكتلة في حالة إهمال التخامد (الشكل المجاور). تضمّنت التجربة مجموعة من المتغيّرات: الكتلة، ثابت النابض، تسارع الجاذبية الأرضية، الزمن الدوريّ، السعة. لكّل من هذه المتغيرات، تمّ قياس الزمن ل 10 اهتزازات كاملة .

تمّ تسجيل البيانات التي حصل عليها الطلاب في الجداول أدناه.



a. الجدول رقم 1: تأثير السعة بعد تثبيت المتغيرات الأخرى

السعة	الزمن ل10 اهتزازات	الزمن الدوري
3 cm	31.2 s	
5 cm	30.9 s	
8 cm	31.4 s	

b. الجدول رقم 2: تأثير الكتلة بعد تثبيت المتغيّرات الأخرى

الكتلة	الزمن ل10 اهتزازات	الزمن الدوري
50 g	31.1 s	
100 g	44.4 s	
150 g	54.4 s	
200 g	62.8 s	

1. **صـــنّف المتغيّرات: الكتلة، ثابت النابض، تســـارع الجاذبية الأرضـــية، الزمن الدوريّ، الســـعة إلى: متغيّر ثابت مستقل وتابع في جزئي التجربة a, b.**

	a	b
ثابت		
مستقل		
تابع		

2. **لماذا قام الطلاّب بقياس 10 اهتزازات وتكرار كل محاولة ثلاث مرّات بدلاً من القياس المباشـــر للزمن الدوري لإهتزازة واحدة؟**

.....

.....

3. **ماذا تستنتج من الجدول رقم 1؟**

.....

.....

4. **أرسم العلاقة البيانيّة بين الكتلة على المحور الأفقي ومربّع الزمن الدوري على المحور العمودي.**

.....

.....

5. **استنتج العلاقة بين الزمن الدوري للاهتزازات والكتلة المعلّقة بالنابض.**

.....

.....

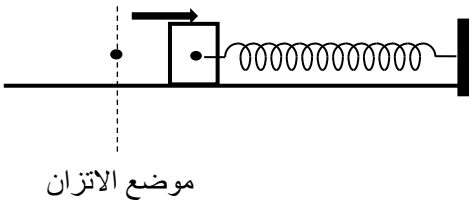
اختبار الوحدة الثانية

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة: \ 20

اختر الاجابة الصحيحة للأسئلة من 1-8

يتكوّن نظام كتلة-نابض من نابض ثابته 10 N/m مثبّت في أحد طرفيه جسم كتلته 0.5 kg كما هو موضح بالشكل المجاور. تمّت إزاحة الجسم أفقيًّا إلى اليمين مسافة معيَّنة ثم تمّ تحريره، المسافة بين أبعد نقطتين خلال الاهتزاز 20 cm بإهمال جميع قوى الاحتكاك. الأسئلة 1، 2 و3 متعلّقة بهذا الشكل.



1. لماذا تُعَدّ حركة النابض حركة توافقية بسيطة؟

a. لأنّها حركة دورية.

b. لأنّ طاقة الوضع التجاذبيّة ثابتة.

c. لأنّ مقدار قوّة الإرجاع للنابض تتناسب طرديًّا مع إزاحة الكتلة m.

d. لأنّ مقدار القوة المؤثّرة من الكتلة على النابض تتناسب مع كتلة الجسم m.

2. ما مقدار سعة الاهتزازات A؟

a. $-20\ \text{cm}$

b. $-10\ \text{cm}$

c. $10\ \text{cm}$

d. $20\ \text{cm}$

3. ما مقدار كلّ من الزمن الدوري T والتردد f للاهتزازات؟

a. $T = 0.1\ \text{s}$ و $f = 10\ \text{Hz}$

b. $T = 0.71\ \text{s}$ و $f = 1.4\ \text{Hz}$

c. $T = 1.4\ \text{s}$ و $f = 0.71\ \text{Hz}$

d. $T = 10\ \text{s}$ و $f = 0.10\ \text{Hz}$

4. معادلة الإزاحة التي تحدّد موقع الجسم خلال الاهتزاز هي $x = A\sin(\omega t + \varphi)$. ما مقدار زاوية الطور الابتدائيّة φ؟

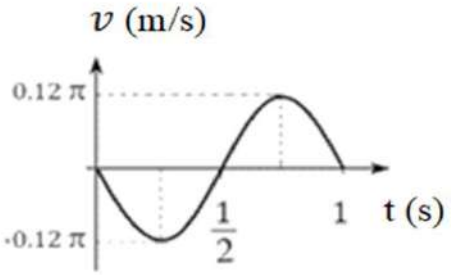
a. 0 rad

b. $\frac{\pi}{2}$ rad

c. π rad

d. $\frac{3\pi}{2}$ rad

5. يوضح الشكل المجاور السرعة v لجسم معلّق بنابض مرن يتحرّك حركة توافقية بسيطة.



ما معادلة تغيّر السرعة كدالّة بالزمن؟

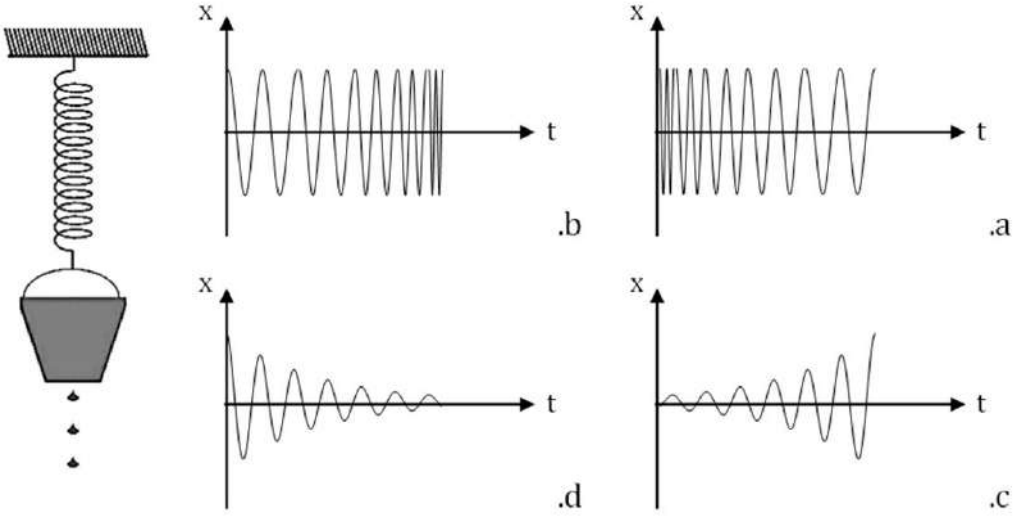
a. $v = 0.06\pi\cos(\pi t)$

b. $v = 0.12\pi\sin(2\pi t)$

c. $v = -0.12\pi\sin(2\pi t)$

d. $v = -0.06\pi\cos(2\pi t)$

6. يتكوّن نظام كتلة–نابض رأسي من نابض ثُبّت أحدُ طرفيه بسطح ثابت، وفي الطّرف الآخر دلو ماء يهتزّ بزمن دوري T. في لحظة ما، حدث ثقب في الدلو. ما الرسم البيانيّ المناسب للإزاحة x كدالة بالزمن t؟



7. إحدى القنوات الفضائيّة في التلفزيون القطري تبثّ إرسالها على القمر الصناعيّ نايل سات بتردّد 12169 Hz. ما تردّد جهاز الاستقبال لديك كي تستطيع مشاهدة برامجها؟

a. 12169 Hz

b. 12169 kHz

c. أقلّ من 12169 Hz

d. أكبر من 12169 Hz

8. عندما تُطرق شوكة رنّانة فإنّ الشوكة تبدأ بالاهتزاز، ويكون صوت الاهتزازات مرتفعًا ثمّ ينخفض تدريجيًّا. ما سبب انخفاض صوتها؟

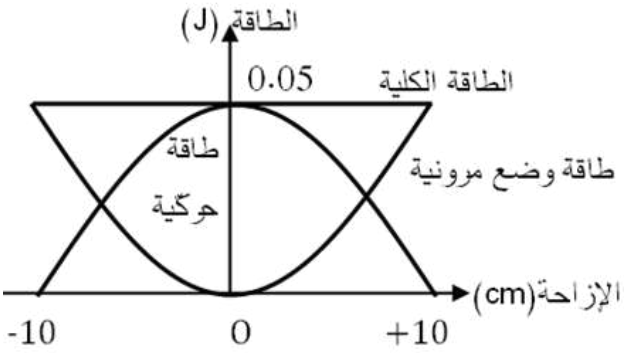
a. لأنّ حركة الشوكة تمثّل نظام تخامد حرج.

b. لأنّ حركة الشوكة تمثّل نظام تخامد تحت الحد.

c. لأنّ حركة الشوكة تمثّل نظام تخامد فوق الحد.

d. لأنّ حركة الشوكة تمثّل نظام حركة توافقية بسيطة.

9. يوضح الشكل المجاور تغيّر طاقة الوضع المرونيّة والطاقة الحركية لنظام كتلة– نابض يتحرّك حركة توافقية بسيطة كدالة بالإزاحة x. إذا كان ثابت النابض k وكتلة الجسم 0.4 kg :



a. ما مقدار ثابت النابض k؟

.....

.....

b. ما مقدار الزمن الدوري T؟

.....

.....

c. ما مقدار سرعة الجسم عندما يمرّ بموضع الإتّزان؟

.....

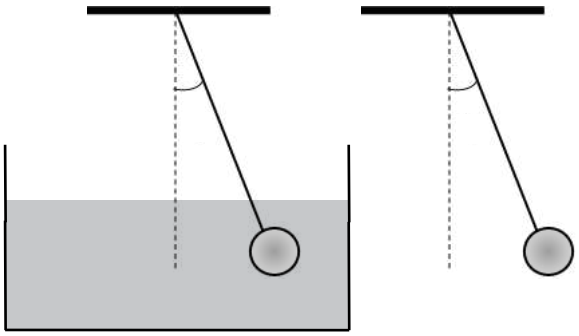
.....

10. يتحرّك جسم بحركة توافقية بسيطة بتسارُع له قيمة عظمى $8\pi\ m/s^2$ وسرعة قصوى $1.6\ m/s$. ما مقدار السعة A؟

.....

.....

11. يتحرّك جسم بتخامد تحت الحد وبزمن دوريّ $T= 1.8\ s$. تمّ غمر هذا الجسم في سائل كما هو موضح بالشكل.



a. ماذا سيحدث لمقدار التخامد للاهتزازات؟

.....

.....

b. ما الزمن الدوري للجسم داخل السائل: $1.6\ s$ ، $1.8\ s$ أو $2\ s$.

.....

.....

12. جسر تاكوما هو جسر معلَّق، بُنِي في ولاية واشنطن الأمريكية فوق نهر تاكوما لأوّل مرة سنة 1940 والذي تحطّم بعد مدّة قصيرة من بنائه تحت تأثير شدّة الرّياح. برأيك، ما أهمّ الأسباب التي أدّت الى تحطّمه؟ فسّر إجابتك.

.....

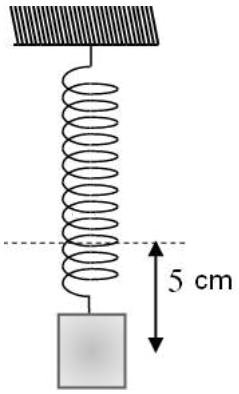
.....

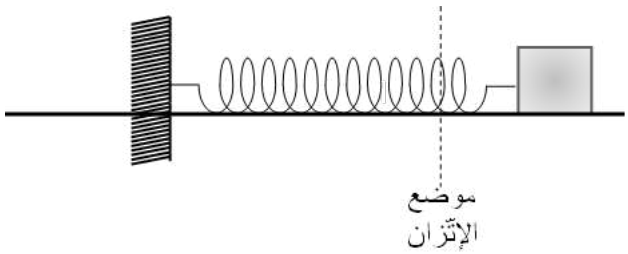
.....

.....

13. عُلّق جسم كتلته 100 g عموديًّا بأحد أطراف نابض، فاستطال النابض. عند الاتّزان كانت الاستطالة 5 cm. لاحقًا، وُضع هذا النابض أفقيًّا على سطح خشن قوّة احتكاكه ثابتة F، ثمّ تمّت إزاحة الجسم مسافة عن موضع الاتّزان حيث تُرك ليهتز اهتزازًا حرًّا حول موضع الاتزان. عدد الاهتزازات التي قام بها النابض خلال 10 ثوانٍ 21 اهتزازة.

المعطيات: $g = 9.8\ m/s^2$





a. احسب ثابت النابض k.

.....

.....

b. ما نوع حركة الاهتزازات لنظام الكتلة–النابض؟

.....

.....

c. احسب تردّد نظام الكتلة – النابض f.

.....

.....

d. بإهمال الاحتكاك، احسب التردّد لنظام الكتلة – النابض.

.....

.....

e. اذا أردنا أن نمنع التخامد للنظام، ما تردّد القوّة التي يجب أن نطبّقها على النظام؟

.....

.....

ثانيًا: الإجابات

إجابات الاختبار التشخيصي

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P0901.3	1	1
2	P0901.3	1	1
3	P0901.3	1	1
4	P0901.3	1	2
5	P1106.2	1	1
6	P0901.4	1	1
7	P0901.3	1	1
8	P1107.1	1	1
9	P0902.3	1	1
10	P0901.2	1	2
المجموع		**10**	

- **الإجابات**

1	0.06 m .b السعة هي الإزاحة القصوى عن موضع اتّزان الجسم المهتزّ وبالتالي: $6\ \text{cm} = 0.06\ \text{m}$
2	4T .d الزمن الدوريّ T هو الزمن الذي تستغرقه الموجة لتكمل دورة واحدة، وعدد الموجات من O الى M هو 4. إذن فالزمن الذي تستغرقه الموجة لتكمل 4 دورات هو 4T.
3	$2f$ .c $f_2 = \frac{1}{T_2}$ ولكن $T_2 = \frac{T}{2}$ $f_2 = \frac{1}{\frac{T}{2}} = \frac{2}{T} = 2\,f$
4	$\frac{t}{2}$ .a $v = \frac{d}{t}$, $t = \frac{d}{v}$ في حال تضاعفت السرعة من v الى $2v$ يصبح الوقت t_2 مع العلم أنّ المسافة لم تتغيّر $t_2 = \frac{d}{v_2} = \frac{d}{2v} = \frac{t}{2}$
5	0.4 J .b $E_E = \frac{1}{2}kx^2$ لنفترض أنّ E_{E1} هي طاقة الوضع المرونية عندما كانت المسافة 1.5 cm وأنّ E_{E2} هي طاقة الوضع المرونية عندما كانت المسافة 3 cm $\frac{E_{E_2}}{E_{E_1}} = \frac{\frac{1}{2}kx_2{}^2}{\frac{1}{2}kx_1{}^2} = \frac{x_2{}^2}{x_1{}^2}$ $\frac{E_{E_2}}{0.1125} = \frac{0.03^2}{0.015^2}$ $E_{E_2} = 0.1125 \times 4 = 0.45\ \text{J}$
6	$\lambda = vT$ .b

7	a. 3.79×10^{-3} s الزمن اللازم لعمل ذبذبة واحدة كاملة يسمّى الزمن الدوري $T = \frac{1}{f}$ $= \frac{1}{264} = 0.00379 \text{ s} = 3.79 \times 10^{-3} \text{ s}$
8	d. 18 معادلة الطاقة الحركية هي: $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ حيث m الكتلة و v السرعة. $\frac{E_{k_2}}{E_{k_1}} = \frac{\frac{1}{2}(2m)(3v)^2}{\frac{1}{2}mv^2} = 18$
9	a. عندما يتغيّر تردّد الموجات الصوتيّة. حيث أنّ حدّة الصوت مرتبطة بعدد الاهتزازات في الثانية التي تتغيّر من شخص إلى آخر (أو بشكل عام من مصدر إلى آخر).
10	تحتاج الموجات الميكانيكية إلى وسط مادي للانتقال خلاله و لا تنتقل في الفراغ مثل الموجات الصوتية أما الموجات الكهرومغناطيسية فتنتقل في الأوساط المادية والفراغ مثل موجات الضوء

إجابات تطبيق الدرس الأوّل: الحركة التوافقيّة البسيطة

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1203.1	1	1
2	P1203.1	1	1
3	P1203.2	1	1
4	P1203.1	1	1
5	P1203.2	1	2
6	P1203.1	1	1
7a	P1203.2	1	2
7b	P1203.2	1	1
8a	P1203.2	1	1
8b	P1203.2	1	1
9a	P1203.2	1	1
9b	P1203.1	1	1
9c	P1203.1	1	2
10a	P1203.2	1	1
10b	P1203.2	1	1
المجموع		**15**	

- **الإجابات**

1	a. حركة اهتزازيّة لأنّ الكرة تهتز حول موضع سكونها في اتجاهين متضادين، وفي فترات زمنية متساوية، ولكن سعتها تقل مع الزمن. كما أنّ قوة الإرجاع ثابتة ولا تتناسب طرديًّا مع الإزاحة التي تمثّل الشرط الضروري للحركة التوافقية البسيطة.
2	d. قوة الإرجاع لأنّها تعمل دائمًا على إرجاع الكتلة إلى موضع الاتّزان
3	a. $x = 0.5\ cm$ $x = 0.01\sin(2t + \frac{\pi}{6})$ عند اللحظة $t = 0$ $x = 0.01\sin(0 + \frac{\pi}{6})$ $= 0.01\sin(\frac{\pi}{6}) = 0.005\ m = 0.5\ cm$ تجدر إشارة الى أنّ الآلة الحاسبة تكون على نظام الRad عند إجراء الحسابات.
4	b. كتلة الجسم والزاوية θ . لأن $F = -mg\sin\theta$
5	b. $x = 0.02\cos(4t)$ $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{1.57} = 4\ rad/s$ $A = 0.02\ m.$ معادلة الازاحة هي: $x = A\cos(\omega t + \varphi)$ $= 0.02\cos(4t + \varphi)$ ولكن عند اللحظة $t = 0$ كانت $x = 0.02\ m$ ولذلك $\cos\varphi = 1$ وهذا يعني $\varphi = 0$ واخيراً تُكتب معادلة الازاحة بدلالة t: $x = 0.02\cos(4t)$

6	$T_1 = 1.4\ T$ .c $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ إذا ضاعفنا الكتلة، يصبح الزمن الدوري الجديد: $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$ $T_1 = T\sqrt{2} \quad = 1.4\ T$
7a	$0.4\ m/s$ العلاقة بين السرعة والاستطالة هي $v = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2}$ حيث إنّ A هي السعة. فهذا يعني أنّ السرعة تكون قصوى عندما يكون الجسم على موضع الاتّزان $x = 0$ لذلك $v_{max} = \pm\ \omega A$ $v = \pm\sqrt{\frac{k}{m}}A$ الى اليمين $v_{max} = \sqrt{\frac{200}{0.5}} \times 0.02 = 0.4\ m/s$ وإذا كانت إلى اليسار فلا بدّ أن تكون بالسالب $v_{min} = -\ 0.4\ m/s$
7b	$8\ m/s^2$ تُعطى القيمة العظمى للتسارع بالمعادلة الآتية $a_{max} = \omega^2 A$ $= \frac{k}{m}A$ $a_{max} = \frac{200}{0.5} \times 0.02 = 8\ m/s^2$

8a	$v_{\max} = 3\ \text{cm/s}$ $\omega = \frac{\pi}{6}\,\text{rad/s}$ يمكن تحديد السرعة القصوى بيانيًّا بقراءة القيمة القصوى التي وصل إليها المنحنى $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ولكن $T = 12\ \text{s}$ (الوقت الذي تستغرقه دورة كاملة) لذلك $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{12} = \frac{\pi}{6}\,\text{rad/s}$
8b	$\varphi = \frac{\pi}{2}$ $v = v_{\max}\cos(\omega t + \varphi)$ عند اللحظة $t = 0$ تكون السرعة $v = 0$ لذلك $0 = v_{\max}\cos(\varphi)$ وهذا يعني أنّ $\varphi = \frac{\pi}{2}$ او $\varphi = -\frac{\pi}{2}$ ولكن في بداية الحركة سيتحرّك الجسيم بالاتّجاه الموجب (من0 الى 3 s) وبالتالي تكون إشارة الإزاحة موجبة: مقبولة $\sin(\frac{\pi}{2}) = +1$ مرفوضة $\sin(-\frac{\pi}{2}) = -1$ لذلك تكون $\varphi = \frac{\pi}{2}$ هي الصحيحة.

2.458 s $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{1.5}{9.8}} = 2.458\ s$	**9a**
0.407 Hz $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2.458} = 0.407\ Hz$	**9b**
بما أنّ g أصبحت أقلّ، سوف يزيد الزمن الدوري حيث توجد علاقة عكسيّة بين الزمن الدوري و $\sqrt{g}$. $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ وبالتالي سيقل التردّد لأنّ $f = \frac{1}{T}$	**9c**
$k = 200\ N/m$ قوّة الارجاع بدلالة الاستطالة: $F = -k.x$ لذلك $F = -6\ N$ $k = -\frac{F}{x}$ $k = -\frac{-6}{0.03} = 200\ N/m$	**10a**
$f = 3.2\ Hz$ $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{200}{0.5}} = 20\ rad/s,$ $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{20}{2\pi} = 3.2\ Hz$	**10b**

إجابات تطبيق الدرس الثاني: الطاقة في الحركة التوافقيّة البسيطة

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1203.3	1	1
2	P1204.2	1	2
3	P1203.3	1	1
4	P1203.3	1	1
5a	P1204.2	1	1
5b	P1204.2	1	2
6	P1204.2	1	1
7a	P1203.3	1	1
7b	P1203.3	1	1
7c	P1203.3	1	2
	المجموع	**10**	

- **الإجابات**

1	b. طاقة وضع مرونية. حيث يكون النابض قد استطال والكتلة في حالة اتزان سكوني لا تتحرّك قبل أن تعكس اتجاه حركتها. في تلك اللحظة وقبل أن ترتد الكتلة تكون طاقة الوضع المرونية تساوي الطاقة الكلّية للنظام.
2	a. $T = \frac{\pi}{100}$ s حيث أن الطاقة الكلية تساوي 4 J $E_T = 4$ J $\frac{1}{2}kA^2 = E_T$ $k = \frac{2E_T}{A^2}$ $k = \frac{8}{A^2} = \frac{8}{(0.01)^2} = 8 \times 10^4$ N/m. $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ $T = 2\pi\sqrt{\frac{2}{8 \times 10^4}} = \frac{\pi}{100}$ s
3	a. -9×10^{-3} J التغيّر في الطاقة: $\Delta E_T = (E_T)_{t=0.5} - (E_T)_{t=0} = \frac{1}{2}m\omega^2(A^2_{t=0.5} - A^2_{t=0})$ بحسب الرسم البياني، تمثّل المدّة الزمنيّة **بين** $t = 0$ و $t = 0.5$ s زمنًا دوريًّا واحدًا. $T = 0.5$ s $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.5} = 4\pi$ rad/s $\Delta E_T = \frac{1}{2} \times 0.1 \times 16\pi^2 (0.02^2 - 0.04^2) = -0.009$ J الاشارة السالبة تعني أنّه حصل نقص في الطاقة نتيجة التخامد.

4	d. التخامد تحت الحد. السعة تتناقص ببطء، لكنّ الزمن الدوري والتردد لا يتغيّران، كما لو كان النظام في حركة توافقيّة بسيطة.
5a	الطاقة الحركيّة للنظام القصوى هي: $(E_K)_{max} = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2$ مع العلم أنّ السرعة الزاويّة: $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2} = 3.14 \text{ rad/s}$ إذًا: $E_{K_{max}} = \frac{1}{2} \times 0.5 \times (3.14)^2 \times (0.03)^2 = 2.2 \times 10^{-3} \text{ J}$
5b	طاقة الوضع المرونية للنظام هي: $E_E = \frac{1}{2} kx^2$ ولكن الطاقة الحركية القصوى تساوي طاقة الوضع المرونية القصوى: $(E_K)_{max} = (E_E)_{max}$ $(E_K)_{max} = \frac{1}{2} kA^2$ $2.2 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} \times k \times (0.03)^2$ $k = 4.89 \text{ N/m}$
6	يمثّل الرسم البياني الأوّل، تخامدًا حرجًا لأنّ سعة الاهتزاز تصبح صفرًا في مدّة زمنيّة قصيرة جدًّا كما يحصل في ممتّص صدمات السيّارات؛ بينما الرسم البياني الثاني يمثّل تخامدًا فوق الحد لأنه بطيئًا ويأخذ زمناً أطول قبل أن يتوقف عن الحركة كما يحدث في مخمّد حركة الباب.

7a	a. المنحى 1 يمثل E_E لأنّه عندما تكون $x = 0$ تكون E_E تساوي 0. وعندما تكون $x = \pm A$ تكون E_E قيمتها عظمى.
7b	$E_T = E_K + E_E$ ولكن $E_K = E_E$ لذلك $\frac{1}{2}kA^2 = 2E_E$ $\frac{1}{2}kA^2 = 2\times \frac{1}{2}kx^2$ $x = \mp A\sqrt{\frac{1}{2}}$
7c	$\frac{1}{2}kA^2 = 2E_K = 2 \times \frac{1}{2}mv^2$ لذلك $v = \pm\sqrt{\frac{k}{m}}A = \pm\omega A$ عند النقطة M تكون السرعة $v = +\omega A$ (من A – نحو 0) عند النقطة N تكون السرعة $v = -\omega A$ (من A نحو 0)

إجابات تطبيق الدرس الثالث: الاهتزازات القسريّة والرنين

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1204.1	1	1
2	P1204.1	1	2
3	P1204.1	1	1
4	P1204.3	1	2
5a	P1204.1	1	1
5b	P1204.1	1	1
6	P1204.3	1	2
7a	P1204.1	1	1
7b	P1204.1	1	1
8	P1204.3	1	1
المجموع		**10**	

- **الإجابات**

1	b. قوة دوريّة لأنّها قوة خارجيّة تتكرّر دوريًّا في حالة الدفع للأرجوحة.
2	a. يساوي 20 Hz. يصل النظام الى أقصى سعة عندما يكون تردّد القوة الدوريّة يساوي التردّد الطبيعي للاهتزازات.
3	c. 1 Hz تحدث حالة الرنين عندما يكون تردد القوة الدوريّة يساوي التردد الطبيعي للنظام f_o. $f = f_o$ $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$ $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{10}{0.25}} \approx 1 \text{ Hz}$
4	b. 54 km/h $v = \frac{d}{T}$ $= \frac{15}{1}$ $= 15 \text{ m/s}$ $= 54 \text{ km/h}$ لكي تمنع حالة الرنين يجب أن لا يكون الزمن الدوري للسيارة مساويًا للزمن t اللازم للسيارة لتقطع المسافة بين القمّتين.
5a	المنحنى 1, لأنّ سعته أكبر
5b	مقدار السعة 0, عندما يصل التردّد إلى أقصى قيمة كما هو مبيّن في الرسم البيانيّ.
6	لتقليل الاهتزاز بالسيارة ومنع الوصول إلى حالة الرنين حيث أنّ التخامد في ممتص الصدمات في السيّارة تخامدًا حرجًا.
7a	الشكل (a): يهتز الجسم باهتزازات حرّة غير متخامدة بتردّد طبيعي f_o بسعة ثابتة القيمة. الشكل (b): يهتز الجسم باهتزازات تحت تأثير قوّة خارجيّة بسعة صغيرة (اهتزاز قسري). الشكل (c): يهتز الجسم باهتزازات تحت تأثير قوّة خارجيّة بسعة كبيرة.
7b	ظاهرة الرنين. لأنّ النظام الذي يهتز اهتزازات قسرية يصل إلى سعة قصوى عندما يتحرّك بتردد طبيعي f_o.

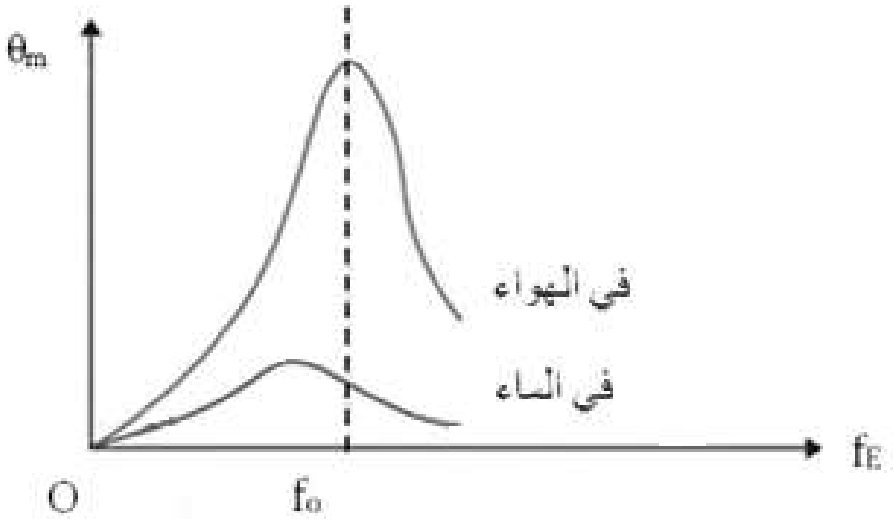
8	**رنين مرغوب فيه**	**رنين غير مرغوب فيه**	
	• الرنين بين جزيئات الطعام والإشعاعات المنبعثة في فرن الميكروويف • الرنين بين تردّد الإرسال وتردّد جهاز الاستقبال في الراديو	• الاهتزازات الناتجة عن الموجات الزلزالية • خطوات الأقدام على جسر لها رنين مع التردّد الطبيعي للجسر	

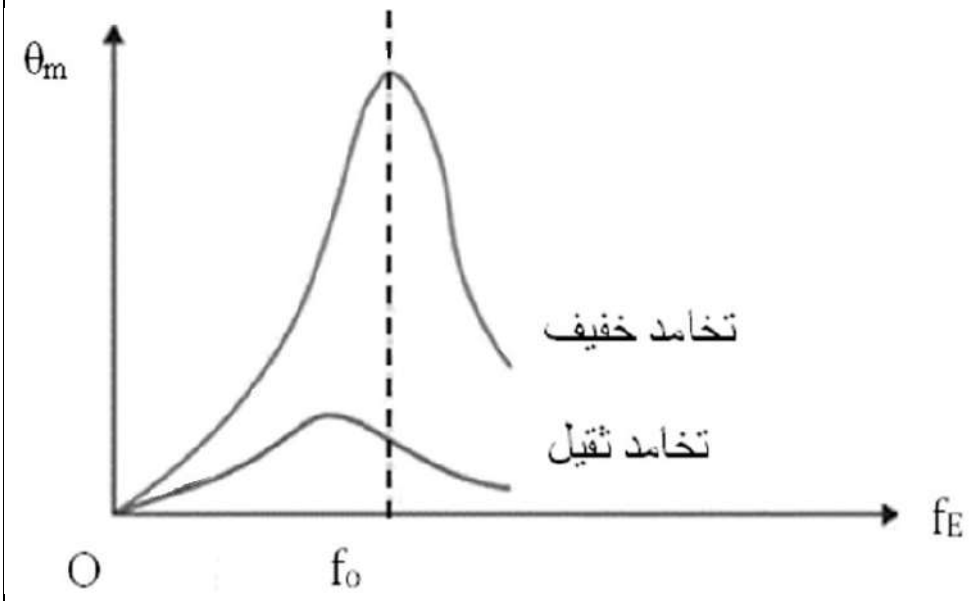
إجابات اختبار المهارات العمليّة

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1203.2	1	1
2	P1204.1	1	1
3	P1204.1	1	1
4	P1203.3	1	2
5	P1204.1	1	2
المجموع		**5**	

- **الإجابات**

$T_E = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ $= 2\pi\sqrt{\frac{1.2}{9.8}} \approx 2.2$ s. $f = \frac{1}{T_E}$ $f = \frac{1}{2.2}$ $= 0.45$ Hz	**1**
تعتمد الإجابات على كيفيّة أخذ القراءات مع مراعاة هامش الخطأ. تعتمد الإجابات على كيفيّة أخذ القراءات مع مراعاة هامش الخطأ. إجابات تقريبية مُقترحة: للبندول القيادي: التردّد ما بين 0.45 Hz و 0.7 Hz (10 قراءات) للبندول الرنيني: السعة تبدأ من 4^o وممكن أن تصل لسعة قصوى تبلغ 40^o	**2**
	**3**

	**4**
يبيّن الرسم البياني، أنه يزداد التخامد وذلك بوضع كتلة البندول الرنيني بالماء: • تقل سعة قمة الرنين. • يصبح التردد الرنيني أقل من التردد الطبيعي (القمة تتجه إلى اليسار). • تصبح قمة الرنين أعرض.	**5**

إجابات اختبار مهارات الاستقصاء العلمي

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1203.1	1	1
2	P1203.1	1	1
3	P1203.1	1	3
4	P1203.1	1	2
5	P1203.1	1	2
المجموع		**5**	

- **الإجابات**

1

	a	b
ثابت	تسارع الجاذبية الأرضية ثابت النابض	تسارع الجاذبية الأرضية ثابت النابض
مستقل	السعة	الكتلة
تابع	الزمن الدوريّ	الزمن الدوريّ

2

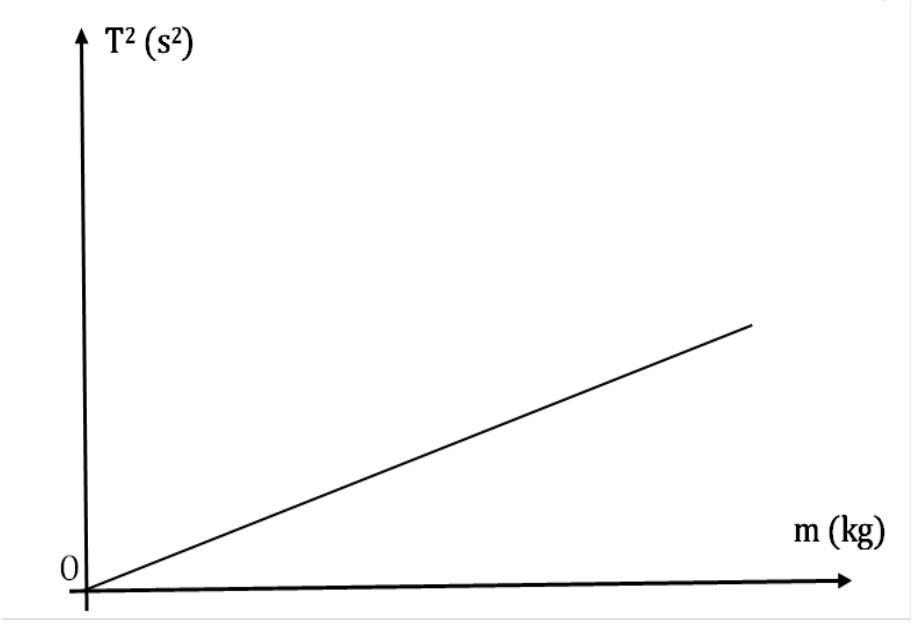
إذا قام الطلاب بقياس الزمن لإهتزازة واحدة مباشـــرةً بدل من قياس 10 اهتزازات فإنّ هامش الخطأ ســـيكون كبيراً ممّا يؤثّر على نتائج التجربة؛ كما أنّ إجراء ثلاث محاولات في كل مرّة يؤدي إلى حساب متوسط الزمن الذي يكون أقرب ما يكون إلى المقدار الحقيقي النظري.

3

من الجدول رقم 1 نستنتج أنّ السعة لا تؤثّر في الزمن الدوري طالما أنّها صغيرة نسبيًّا ولا تؤثّر في مرونة النابض.

4

الرسم البياني للكتلة مع مربع الزمن الدوري



5

بما أنّ مربع الزمن الدوري يتناسب طرديًا مع مقدار الكتلة المعلّقة في طرف النابض، نستنتج:

$T^2 = B.m$ حيث B تمثّل مقدارًا ثابتًا

$T = B\sqrt{m}$

إجابات اختبار الوحدة الثانية

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1203.1	1	1
2	P1203.1	1	1
3	P1203.1	1	1
4	P1203.2	1	1
5	P1203.2	1	1
6	P1203.2	1	2
7	P1204.1	1	1
8	P1204.2	1	1
9a	P1203.3	1	1
9b	P1203.3	1	1
9c	P1203.3	1	1
10	P1203.1	1	1
11a	P1204.2	1	1
11b	P1204.2	1	2
12	P1204.3	1	1

13a	P1203.1	1	1
13b	P1203.1	1	1
13c	P1204.2	1	1
13d	P1203.1	1	1
13e	P1204.1	1	2
المجموع		**20**	

- **الإجابات**

1	c. لأن مقدار قوة الإرجاع للنابض تتناسب طرديًّا مع إزاحة الكتلة m.
2	c. 10 cm هي أقصى إزاحة للجسم المهتَّز عن موضع الاستقرار وهي موجبة دائمًا
3	c. $T = 1.4\ s$ و $f = 0.71\ Hz$. $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ $= 2\pi\sqrt{\frac{0.5}{10}} = 1.4\ s,$ $f = \frac{1}{T}$ $= \frac{1}{1.4} = 0.71\ Hz$
4	b. $\frac{\pi}{2}\ rad$ عند اللحظة $t = 0\ s$ $A = A\sin(\varphi)$ وبالتالي $\sin(\varphi) = 1$ هذا يعني $\varphi = \frac{\pi}{2}\ rad$

5	$v = -0.12\pi \sin(2\pi\, t)$.c $v_{max} = 0.12\pi$ cm/s T = 1 s ولكن $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{1} = 2\pi$ rad/s عند اللحظة t = 0 تكون السرعة $v = 0$ لذلك $0 = v_{max}\cos(\varphi)$ وهذا يعني أنّ $\varphi = -\frac{\pi}{2}$ او $\varphi = \frac{\pi}{2}$ ولكن في بداية الحركة سيتحرّك الجسَيْم بالاتّجاه السالب (من0 الى 0.25 s) لذلك تكون $\varphi = -\frac{\pi}{2}$ هي الصحيحة فتكون المعادلة على الشكل الآتي $v = 0.12\pi\cos(2\pi t - \frac{\pi}{2})$ $v = -0.12\pi\cos(\frac{\pi}{2} - 2\pi t)$ $v = -0.12\pi\sin(2\pi t)$
6	b. يتناسب مربّع الزمن الدوري T^2 طرديًّا مع كتلة الجسم، وبالتالي كلما نقصت الكتلة ينقص الزمن الدوري، في حين أنّ سعة الإهتزاز للنظام لا تتأثّر بالزمن الدوري.
7	$f = 12169$ Hz .a لكي تستطيع استقبال إشارة القناة لا بدّ من أن تحدُث حالة الرنين بجهازك، أي لا بدّ من أن يكون تردّد القناة مساويًا لتردّد جهاز الاستقبال.
8	b.لأنّ حركة الشوكة تمثّل نظام تخامد تحت الحد. تتناقص السعة على امتداد عدد من الدورات مع بقاء التردّد كما هو.

$k = 10\ N/m$ $(E_p)_{max} = \frac{1}{2}kA^2,$ $0.05 = \frac{1}{2}k \times 0.1^2,$ $k = 10\ N/m$	**9a**
$T = 1.256\ s$ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ $= 2\pi\sqrt{\frac{0.4}{10}} = 1.256\ s$	**9b**
$v_{max} = 0.5\ m/s$ $(E_k)_{max} = \frac{1}{2}mv_{max}^2$, $0.05 = \frac{1}{2} \times 0.4 \times v_{max}^2$, $v_{max} = \sqrt{\frac{0.05\times2}{0.4}} = 0.5\ m/s$	**9c**
$A = 0.102\ m$ $a_{max} = \omega^2 A$, $v_{max} = \omega A$ $\frac{a_{max}}{v_{max}} = \frac{\omega^2 A}{\omega A} = \omega$ ولكن $\omega = \frac{2\pi}{T}$ بتساوي المعادلتين يُصبح لدينا $\frac{a_{max}}{v_{max}} = \frac{2\pi}{T}$ $\frac{8\pi}{1.6} = \frac{2\pi}{T}$ $T = 0.4\ s.$ $v_{max} = \omega A$ $A = \frac{v_{max}}{\omega} = \frac{T\times v_{max}}{2\pi}$ $= \frac{0.4\times1.6}{2\pi} = 0.102\ m$	**10**
يزداد التخامد للحركة الاهتزازيّة عندما غُمر الجسم في السائل.	**11a**
الإجابة الصحيحة هي $T = 2\ s$ حيث إنّ التخامد قد زاد، ما أدّى إلى زيادة الزمن الدوري لأن مقاومة الماء تؤدّي إلى تقليل سرعة النظام حتى يتوقف وبالتالي يحتاج لزمن أكبر حتى يُكمل دورة كاملة.	**11b**

12	أحد أهمّ الأسباب هو الرنين، بحيث أدت حركة الرياح إلى التأثير في دعائم الجسر، وبسبب القوة، أدّت الرّياح الخفيفة المنتظمة الى تأرجح الجسر ذهابا وإيابا، ما نتج عنه سعة اهتزازة كبيرة بسبب تساوي الزمن الدوري لموجات الرياح مع الزمن الدوري لتأرجح الجسر، وبالتّالي أدى إلى إجهاد الجسر وإفقاده مرونتَه، فتحطّم.
13a	$k = 19.6\ N/m$ عند الاتّزان تكون قوة الشد بالنابض تساوي وزن النابض $T = mg$ لذلك $kx = mg$ $k = \frac{m \times g}{x}$ $k = \frac{0.1 \times 9.8}{0.05} = 19.6\ N/m$
13b	حركة اهتزازية حرّة لها تخامد تحت الحد.
13c	$f = 2.1\ Hz$ $f = \frac{\text{عدد الإهتزازات}}{\text{الوقت}}$ $= \frac{21}{10} = 2.1\ Hz$
13d	نحسب أوّلًا الزمن الدوري الطبيعي $T_o = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ $= 2\pi\sqrt{\frac{0.1}{19.6}}$ $= 0.45\ s$ ثمّ نحسب التردّد الطبيعي $f = \frac{1}{T_o}$ $= \frac{1}{0.45}$ $= 2.3\ Hz$
13e	إذا أردنا منع التخامد فلا بدّ من أن يكون تردد القوة التي يجب تطبيقها على النظام يساوي التردد الطبيعي للنظام وهو 2.3 Hz.

اختبار نهاية الفصل الدراسي الأوّل

دليل التقويم – مادة الفيزياء – المستوى الثاني عشر

أولاً: الاختبار

اختبار نهاية الفصل الدراسي الأوّل

الاسم: الصف: التاريخ:

الثوابت الفيزيائيّة

الدرجة: \ 50

ثابت الجذب العام: $6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2kg^{-2}$

كتلة الأرض: $6 \times 10^{24}\ kg$؛ نصف قطر الأرض: $6.37 \times 10^{6}\ m$؛ شدّة مجال الجاذبيّة الأرضيّة $9.8\ m/s^2$

اختر الإجابة الصحيحة للأسئلة من 1 – 10

1. تتحرّك سيارة بسرعة ثابتة على مسار دائري نصف قطره r. أي العبارات الآتية تصف تسارعها؟

a. تسارع السيّارة صفر لأنّ مقدار سرعتها ثابت.

b. تسارع السيّارة مماسي على دائرة المسار بنفس اتّجاه سرعتها.

c. تسارع السيّارة باتّجاه مركز المسار عموديًا على متّجه السرعة.

d. تسارع السيّارة بعكس اتّجاه مركز المسار عموديًا على متّجه السرعة.

2. الزمن الدوري T_1 لحركة القمر حول الأرض 648 h (أو 27 يومًا مدّة الشهر القمري) على مدار دائري نصف قطره r_1. كم يبلغ الزمن الدوري T_2 للقمر في حال تضاعف 3 مرّات نصف قطر مدار القمر حول الأرض؟

a. 216 h

b. 1944 h

c. 3367 h

d. 5832 h

3. يدور كوكب حول الشمس في مدار نصف قطره r. إذا كانت كتلة الشمس M، ما السرعة الخطيّة لهذا الكوكب؟

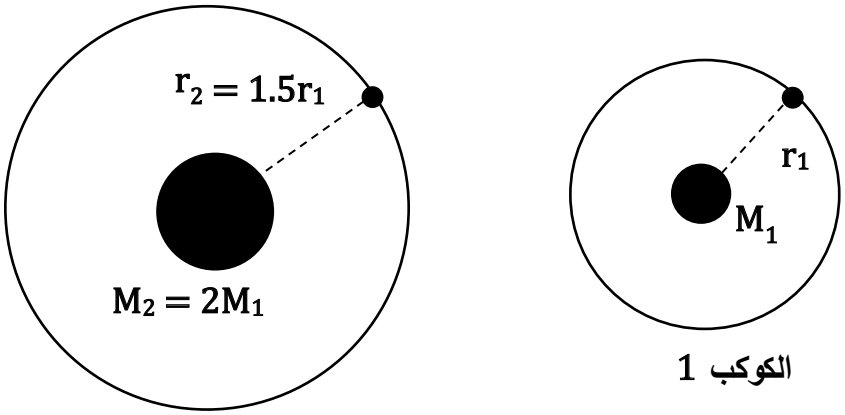
a. $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

b. $v = \sqrt{\frac{GM}{r^2}}$

c. $v = \sqrt{GMr}$

d. $v = \sqrt{GMr^2}$

4. **يدور قمر اصطناعي حول كوكب بسرعة خطيّة ثابتة على مدار نصف قطره r_1 حيث جهد الجاذبيّة لهذا الكوكب عند نقطة في مدار هذا القمر V_{G1}. إذا دار هذا القمر حول كوكب آخر كتلته M_2 بسرعة ثابتة على مدار نصف قطره r_2 يصبح جهد الجاذبيّة عند نقطة من مدار القمر V_{G2}.**



الكوكب 2 **الكوكب 1**

باستخدام المعطيات الواردة في المخطّط أعلاه، ما العلاقة بين جهد جاذبيّة الكوكب الأوّل عند نقطة على المدار الأوّل للقمر وجهد جاذبيّة الكوكب الثاني عند نقطة على المدار الثاني للقمر؟

a. $V_{G2} = 0.75\ V_{G1}$
b. $V_{G2} = -0.75\ V_{G1}$
c. $V_{G2} = 1.33\ V_{G1}$
d. $V_{G2} = -1.33\ V_{G1}$

5. **نظام مكوّن من نابض ثابته k معلّق في طرفه الأســـفل كتلة m، بينما طرفه الأعلى مثبت. أزيحت الكتلة من موضــع الاتزان ثم تركت لتهتزّ اهتزازًا حرًّا، فبدأ النظام كتلة – نابض حركة توافقيّة بســيطة تردّدها f_1. إذا أنقصنا الكتلة إلى النصف، يصبح التردّد f_2. ما العلاقة بين f_1 وf_2 ؟**

a. $f_2 = \frac{f_1}{2}$
b. $f_2 = f_1$
c. $f_2 = 1.4\, f_1$
d. $f_2 = 2\, f_1$

6. جسم مهتز في حركة توافقيّة بسيطة غير متخامدة. أي العبارات الآتية تصف مقدار قوّة إرجاع النابض؟

a. مقدار قوّة الإرجاع لا يتعلق بثابت النابض.

b. يتناسب مقدار قوّة الإرجاع طرديًا مع طول النابض.

c. يتناسب مقدار قوّة الإرجاع طرديًا مع استطالة النابض.

d. مقدار قوّة الإرجاع يتعلّق بمقدار الكتلة المعلّقة بطرف النابض.

7. تمّت إزاحة بندول بسيط بزاوية 2^o عن موضع الاتّزان وتُرك ليبدأ حركة توافقيّة بسيطة غير متخامدة زمنها الدوري T_1. إذا أعيدت التجربة بعد مضاعفة السعة، كم يصبح الزمن الدوري الجديد T_2؟

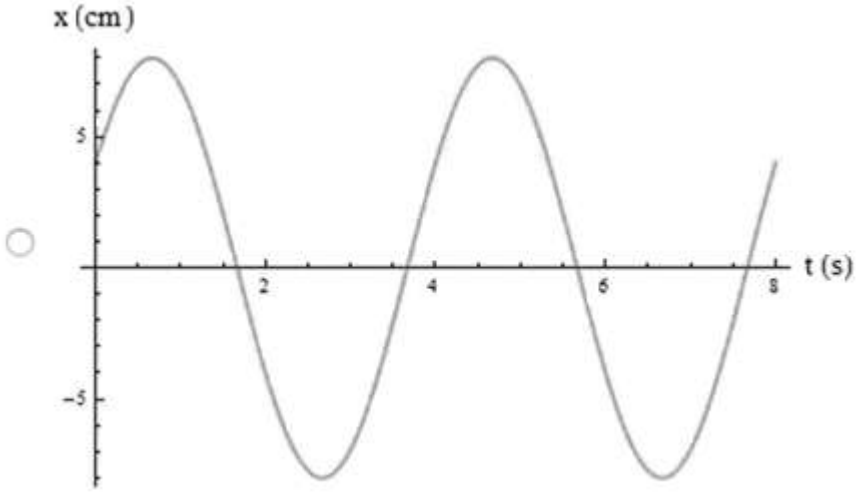
a. $T_2 = \frac{T_1}{2}$

b. $T_2 = T_1$

c. $T_2 = 1.4\ T_1$

d. $T_2 = 2\ T_1$

8. يتحرّك جسم أفقيًا بحركة توافقيّة بسيطة يمثّلها الرسم البياني أدناه.



بإهمال قوى الاحتكاك، ما المعادلة التي تعبّر عن الإزاحة بدلالة الزمن؟

a. $x = 4\ \sin(\frac{\pi}{2}\ t - \frac{\pi}{6})$

b. $x = 4\ \sin(\frac{\pi}{2}\ t + \frac{\pi}{6})$

c. $x = 8\ \sin(\frac{\pi}{2}\ t - \frac{\pi}{6})$

d. $x = 8\ \sin(\frac{\pi}{2}\ t + \frac{\pi}{6})$

9. جسم مهتز مكوّن من نابض وكتلة في حركة توافقيّة متخامدة تحت الحد. أيّ العبارات الآتية صحيحة؟

a. اهتزازات الجسم جيبيّة الدالّة.

b. الطاقة الميكانيكيّة للجسم المهتز تزيد مع الزمن.

c. الزمن الدوري للاهتزازات يزيد بزيادة ثابت النابض.

d. الزمن الدوري للاهتزازات غير مرتبط بمقدار الكتلة المعلّقة.

10. جسم يهتز بتأثير قوّة دوريّة تردّدها f. متى يصل الجسم المهتزّ إلى السعة العظمى؟

a. عندما يصل الجسم إلى موضع الاتّزان.

b. عندما يكون تردّد القوّة الدوريّة أقل من التردّد الطبيعي للجسم المهتز.

c. عندما يصبح تردّد القوّة الدوريّة مساويًا للتردّد الطبيعي للجسم المهتز.

d. عندما يكون تردّد القوّة الدوريّة أكبر من التردّد الطبيعي للجسم المهتز.

11. يتحرك جسم كتلته 200 g على دائرة قطرها 50 cm بسرعة دوران ثابتة 480 rpm تحت تأثير قوّة مركزيّة F_c.

a. أحسب السرعة الزاويّة للجسم.

.....

.....

.....

b. أحسب الإزاحة الزاويّة للجسم بعد مضيّ 2 min بوحدة rad.

.....

.....

.....

.....

.....

c. ما مقدار القوّة المركزيّة التي أثّرت في الجسم؟

.....

.....

.....

12. إذا علمتَ أنّ المسافة بين كوكب الزهرة والشمس 1.08×10^{11} m. كتلة الشمس 1.98×10^{30} kg وكتلة كوكب الزهرة 4.87×10^{24} kg.

a. أحسب مقدار قوّة الجاذبيّة بين الشمس وكوكب الزهرة.

.....

.....

.....

.....

b. علمًا أنّ مقدار كتلة الأرض قريب جدًا من مقدار كتلة كوكب الزهرة، والمسافة بين الأرض والشمس 1.5×10^{11} m، هل قوّة الجاذبيّة بين الأرض والشمس أصغر أم أكبر من قوّة الجاذبيّة بين الزهرة والشمس؟ فسّر إجابتك.

.....

.....

.....

.....

13. نابض، ثابته 100 N/m، على طاولة أفقيّة، أحد طرفيه مثبت بجدار والطرف الآخر حر. اصطدمت بالنابض عربة، كتلتها 0.5 kg متحرّكة بسرعة 1 m/s، من جهة الطرف الحر بحيث انضغط النابض مسافة x قبل توقف العربة. ما مقدار المسافة x؟

.....

.....

.....

.....

14. يتحرّك قمر اصطناعي حول الأرض في مدار دائري على ارتفاع 300 km عن سطح الأرض.

مستفيدًا من الثوابت الفيزيائيّة في بداية الاختبار،

a. بيّن أن حركة القمر الاصطناعي دورانيّة بسرعة خطيّة ثابتة.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

b. ما مقدار السرعة المداريّة للقمر الاصطناعي؟

.....

.....

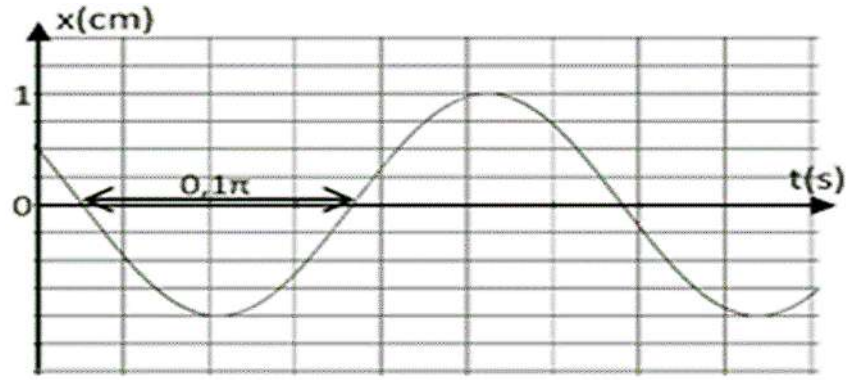
.....

.....

.....

.....

15. جسم مهتزّ مكوّن من نابض ثابته k وكتلة m. بعد إزاحة الكتلة من موضع الاتّزان وتركها، يبدأ الجسم حركة توافقيّة بسيطة يمثّلها الرسم البياني أدناه.



a. باستخدام العلاقة البيانيّة للإزاحة – الزمن، أحسب السرعة الزاويّة.

.....

.....

.....

b. أحسب ثابت الطور لحركة النظام.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

c. إذا كان مقدار طاقة الوضع المرونيّة للنابض $6.25x10^{-4}$ J في اللحظة 0 s، ما مقدار ثابت النابض k؟

.....

.....

.....

.....

d. ما مقدار السرعة القصوى للكتلة m؟

.....

.....

.....

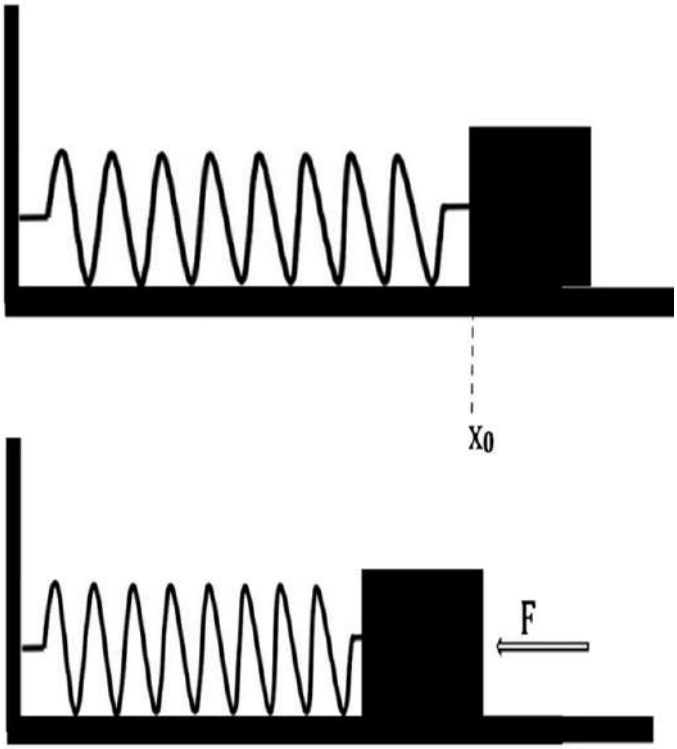
e. ما مقدار التسارع الأقصى؟

.....

.....

.....

16. جسم، كتلته 120 g، متّصل بنابض أفقيّ. الطرف الآخر للنابض مثبّت بجدار. تمّ دفع هذا الجسم بقوّة 1 N باتجاه النابض الذي انضغط مسافة 5 cm من موضع الاتّزان باتجاه اليسار، ثمّ تمّ تحريره. بإهمال قوى الاحتكاك،



a. ما تردد اهتزازات الجسم؟

.....

.....

.....

.....

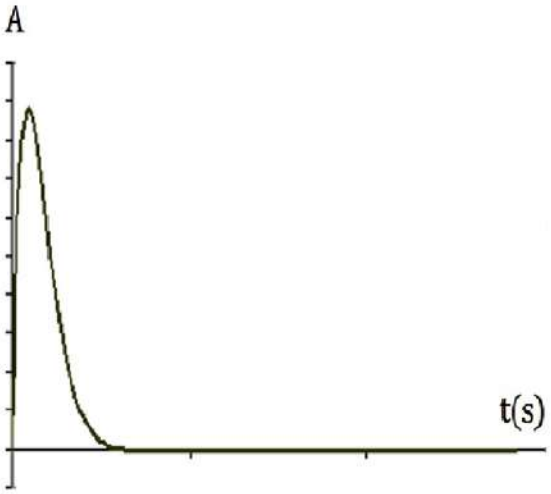
b. إذا تضاعفت كتلة الجسم، كم يصبح التردد؟

.....

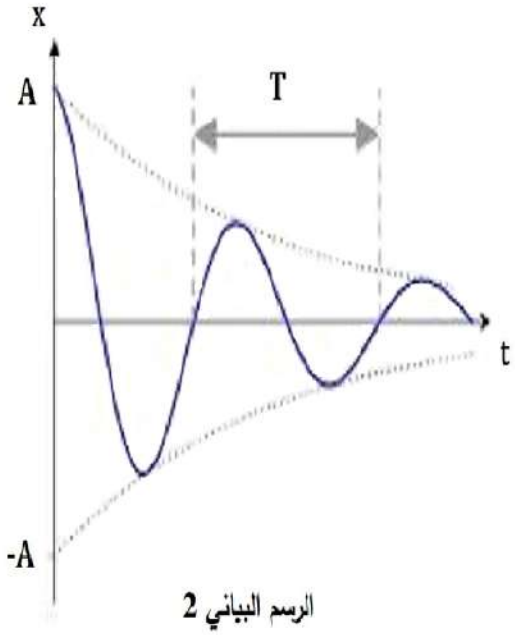
.....

.....

17. يمثّل الرسمان البيانيان أدناه اهتزازات جهاز تعليق السيّارة المرتبط بالإطارات أثناء تحرّك السيّارة.



الرسم البياني 1



الرسم البياني 2

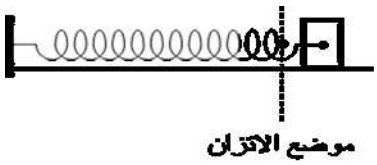
أيهما تختار لسيّارتك؟ فسّر إجابتك.

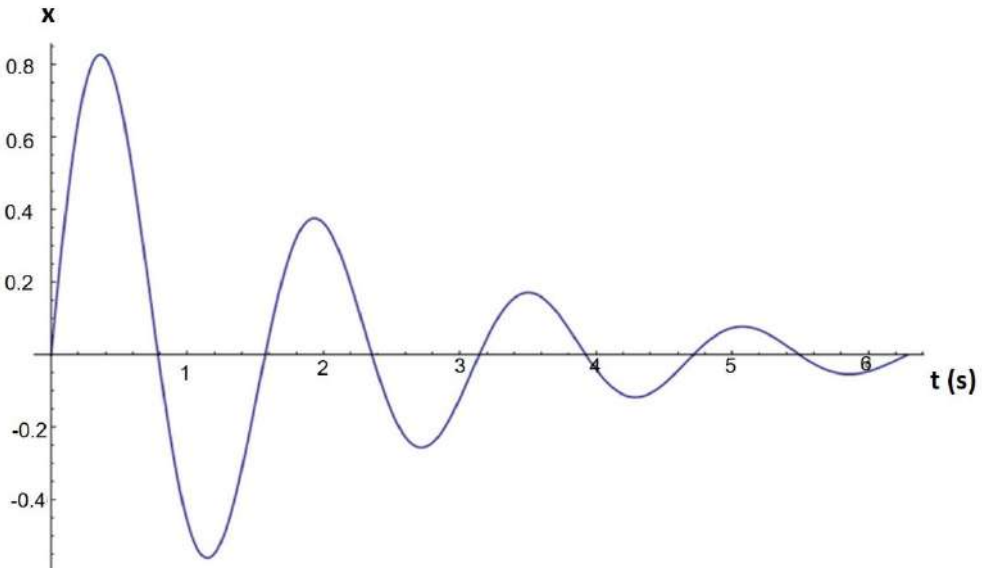
.....

.....

.....

18. جسم مهتزّ مكوّن من كتلة 500 g ونابض ثابته k في وضعيّة أفقيّة على طاولة. تمّ دفع الكتلة من موضع الاتزان إلى اليسار بسرعة ابتدائيّة أفقيّة 0.1 m/s مع عدم إهمال قوى الاحتكاك بين الكتلة والطاولة. يمثّل الرسم البياني أدناه اهتزازات الكتلة بعد تركها.





a. أحسب الطاقة الميكانيكيّة الأساسيّة للنظام.

.....

.....

.....

.....

b. أحسب الشغل الناتج عن قوّة الاحتكاك.

.....

.....

.....

.....

c. ما الطاقة الإضافيّة التي يجب تزويد النظام بها في كل زمن دوري للحفاظ على استمراريّة الاهتزاز؟

.....

.....

.....

d. في حال تزويد النظام بالطاقة المطلوبة، ما نوع الاهتزازات التي يقوم بها؟

.....

.....

.....

ثانيًا: الإجابات

إجابات اختبار نهاية الفصل الدراسي الأوّل

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1201.1	1	1
2	P1202.1	1	2
3	P1202.4	1	2
4	P1202.3	1	2
5	P1203.1	1	2
6	P1203.1	1	1
7	P1203.1	1	1
8	P1203.1	1	2
9	P1204.2	1	1
10	P1204.1	1	2
11a	P1201.2	2	3
11b	P1201.2	2	2
11c	P1202.1	2	1
12a	P1202.1	2	1
12b	P1202.1	2	2
13	P1203.3	2	2
14a	P1202.4	2	2
14b	P1202.4	2	2

1	2	P1203.1	**15a**
2	2	P1203.1	**15b**
2	2	P1203.3	**15c**
1	2	P1203.2	**15d**
1	2	P1203.2	**15e**
2	2	P1203.1	**16a**
1	2	P1203.1	**16b**
2	2	P1204.3	**17**
2	2	P1203.3	**18a**
2	2	P1203.3	**18b**
1	2	P1204.1	**18c**
1	2	P1204.1	**18d**
	50		

- **الاجابات**

1	c. تسارع السيّارة باتّجاه مركز المسار عموديًا على متّجه السرعة. بما أنّ مقدار السرعة الخطّية ثابت، فالمركّبة المماسيّة للتسارع صفر؛ فلا يبقى للتسارع إلاّ المركّبة العموديّة على المماس أي باتجاه مركز المسار الدائري.
2	c. 3367 h $\frac{T_2^{\,2}}{r_2^{\,3}} = \frac{T_1^{\,2}}{r_1^{\,3}}$ $T_2^{\,2} = T_1^{\,2}(\frac{r_2}{r_1})^3$ $T_2^{\,2} = T_1^{\,2}(\frac{3r_1}{r_1})^3$ $T_2^{\,2} = 27\ T_1^{\,2}$ $T_2 = 3\sqrt{3}\ T_1$ $T_2 = 3 \times 1.732\ \times 648 = 3367\ h$
3	a. $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ قوة التجاذب بين الشمس والكوكب، بحسب قانون نيوتن: $F = G\frac{Mm_P}{r^2}$ $F = m_p.a$ $a = G\frac{M}{r^2} = a_n$ $a_n = \frac{v^2}{r}$ $v^2 = G\frac{M}{r}$ $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$
4	c. $V_{G2} = 1.33\ V_{G1}$ جهد جاذبيّة الكوكب الأوّل عند نقطة من مدار القمر الاصطناعي: $V_{G1} = -G\frac{M_1}{r_1}$ جهد جاذبيّة الكوكب الثاني عند نقطة من مدار القمر الاصطناعي: $V_{G2} = -G\frac{M_2}{r_2}$

باستخدام معطيات الرسم البياني: $M_2 = 2M_1$ $r_2 = 1.5\ r_1$ $V_{G2} = -G\frac{2M_1}{1.5r_1}$ $V_{G2} = \frac{2}{1.5}\left(-G\frac{M_1}{r_1}\right)$ $V_{G2} = 1.33\ V_{G1}$	
c. $f_2 = 1.4\ f_1$ الزمن الدوري للجسم المهتزّ: $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ إذا أنقصنا الكتلة إلى النصف: $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}$ $T_2 = \frac{2\pi}{\sqrt{2}}\sqrt{\frac{m}{k}}$ $T_2 = \frac{T_1}{\sqrt{2}}$ $f_2 = \sqrt{2}.f_1 = 1.4\ f_1$	**5**

c. يتناسب مقدار قوّة الإرجاع طرديًا مع استطالة النابض. مقدار قوّة الإرجاع بحسب قانون هوك: $F = k.x$ تمثل k ثابت النابض عند إزاحة الكتلة المتعلّقة بطرف النابض، تنشأ قوّة إرجاع لتعيد النابض إلى طوله الأصلي، من دون أي تغيير في ثابت النابض لأن هذا الثابت ميزة خاصّة بالنابض ولا تتغيّر إلاّ بتغيّر النابض. إذن قوّةُ الإرجاع لا تتعلّق بثابت النابض. وبقدر ما يزيد مقدار الإزاحة، يزيد معه مقدار قوّة الإرجاع كما توضح المعادلة أعلاه.	**6**
b. $T_2 = T_1$ لا يتغيّر الزمن الدوري طالما السعة صغيرة، أقل من 10^o في البندول البسيط.	**7**
d. $x = 8\sin(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{6})$ المعادلة التي نعبر عن الحركة التوافقيّة البسيطة: $x = A\sin(\omega t + \varphi)$ بقراءة الرسم البياني: السعة: $A = 8$ cm ثابت الطور: $t = 0$ s $\quad x = 4$ cm $4 = 8\sin(\omega \times 0 + \varphi)$ $\sin\varphi = 0.5 \longrightarrow \varphi = \frac{\pi}{6}$ rad من الرسم البياني، نستنتج الزمن الدوري $T = 4$ s $T = \frac{2\pi}{\omega}$ $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2}$ rad/s $x = 8\sin(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{6})$ x_{cm} , t_s	**8**
a. اهتزازات الجسم جيبيّة الدالّة. تبقى الحركة التوافقيّة المتخامدة جيبيّة الدالة طالما التخامد ضعيف أو تحت الحدّ. فالطاقة الميكانيكيّة تنقص في الحركة المتخامدة، كما أن الزمن الدوري يتناسب عكسيًا مع الجذر التربيعي لثابت النابض ولا يزيد بزيادة النابض.	**9**

10	c. عندما يصبح تردّد القوّة الدوريّة مساويًا للتردّد الطبيعي للجسم المهتز. عندما يتلقى الجسم المهتزّ من القوّة الدوريّة دفعات متتالية دوريّة بتردّد أقل أو أكبر من تردّده الطبيعي يهتز بتردّد مساوٍ لتردّد هذه الدفعات حيث يكون في وضع الاهتزازات القسريّة. أمّا عندما يتساوى تردّد الدفعات مع التردّد الطبيعي تتزايد سعة اهتزازات الجسم بشكلٍ كبير حيث يصل إلى مرحلة الرنين، وقد تشكل في بعض الأحيان خطرًا على الجسم (حبل أرجوحة ينقطع، جسر معلّق بحبال ينهار، ...).
11a	$\omega = 480 \text{ rpm}$ $\omega = \frac{480\ rev}{1\ min} \times \frac{1\ min}{60\ s} \times \frac{2\pi\ rad}{1\ rev} = 50.24 \text{ rad/s}$
11b	بما أنّ حركة دوران الجسم منتظمة، الإزاحة الزاويّة: $\theta = \omega.t$ الإزاحة الزاويّة للجسم بعد مضيّ 2 min: $\theta = 50.24 \times 2 \times 60 = 6028.8 \text{ rad}$
11c	القوّة المركزيّة F_c التي أثّرت في الجسم: $F_c = m\ \omega^2 r$ $F_c = 0.2 \times (50.24)^2 \times 0.5$ $F_c = 252.4 \text{ N}$

بحسب قانون الجذب العام لنيوتن: $F_{SV} = G\frac{m_S m_V}{{d_{SV}}^2}$ $F_{SV} = \frac{6.67\times10^{-11}\times1.98\times10^{30}\times4.87\times10^{24}}{1.08\times10^{11}\times1.08\times10^{11}} = 55.14\times10^{21}\ \text{N}$	**12a**
التجاذب بين الأرض والشمس بحسب نيوتن: $F_{SE} = G\frac{m_S m_E}{{d_{SE}}^2}$ التجاذب بين كوكب الزهرة والشمس: $F_{SV} = G\frac{m_S m_V}{{d_{SV}}^2}$ بما أنّ كتلتي الأرض والزهرة متساويتان تقريبًا، $\frac{F_{SV}}{F_{SE}} = \frac{d_{SE}^2}{d_{SV}^2}$ $d_{SE} > d_{SV}$ إذن التجاذب بين الزهرة والشمس أكبر من التجاذب بين الأرض والشمس.	**12b**
الطاقة الحركيّة للعربة E_k تحوّلت إلى طاقة وضع مرونيّة في النابض E_e عملاً بمبدأ حفظ الطاقة: $E_k = E_e$ $\frac{1}{2}\,m\mathcal{v}^2 = \frac{1}{2}\,kx^2$ $x = \sqrt{\frac{m\mathcal{v}^2}{k}}$ $x = \sqrt{\frac{0.5\times1^2}{100}} = 0.07\ \text{m} = 7\ \text{cm}$	**13**

14a	القوّة الوحيدة التي تؤثّر في القمر الاصطناعي أثناء دورانه حول الأرض قوّة التجاذب العام المتّجهة نحو مركز المدار، بحسب قانون نيوتن للتجاذب العام: $F = G\frac{m_E m_S}{r^2}$ $r = R_E + h$ $F = G\frac{m_E m_S}{(R_E+h)^2}$ من جهة ثانية، بحسب قانون نيوتن الثاني مطبّقًا على كتلة القمر الاصطناعي: $F = m_S.a$ المركّبة المماسيّة لهذه القوّة وبالتالي للتسارع المماسي صفر لأنّ القوّة عموديّة على خطّ مماس دائرة المدار. $F_t = 0 \longrightarrow a_t = 0 \longrightarrow v =$ ثابتة بما أن التسارع المماسي صفر فإنّ السرعة الخطيّة ثابتة وبالتالي تكون حركة القمر الاصطناعي دورانيّة بسرعة ثابتة.
14b	سرعة القمر الاصطناعي: $v^2 = G\frac{m_E}{R_E+h}$ $v^2 = \frac{6.67\times10^{-11}\times6\times10^{24}}{(6370+300)\times10^3} = 60\times10^6$ $v = 7.7\times10^3\ m/s.$

15a	من قراءة الرسم البياني نستنتج أن الزمن الدوري T للنظام يساوي $T = 0.1\ \pi \times 2 = 0.2\pi\ s$ من جهة ثانية، السرعة الزاويّة ω مرتبط بالزمن الدوري T بالمعادلة: $T = \frac{2\pi}{\omega}$ $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.2\pi} = 10\ rad/s$
15b	معادلة الإزاحة: $x = Asin(\omega t + \varphi)$ $t = 0\ s \longrightarrow x = Asin\varphi$ بحسب الرسم البياني: $t = 0\ s \longrightarrow x = 0.5\ cm$ $A = 1\ cm$ $\sin\varphi = \frac{x}{A} = \frac{0.5}{1} = 0.5$ $\varphi = \frac{\pi}{6}\ rad.$
15c	معادلة طاقة الوضع المرونيّة للنابض بدلالة الإزاحة x : $E_E = ½\ kx^2$ $x = Asin(\omega t + \varphi)$ $E_E = ½\ k\ A^2 sin^2(\omega t + \varphi)$ $t = 0\ s$ $E_E = ½\ kA^2 sin^2\frac{\pi}{6}$ $6.25 \times 10^{-4} = \frac{1}{2} \times k \times (1\times10^{-2})^2 \times 0.5^2$ $k = 50\ N/m$
15d	**معادلة سرعة الكتلة m خلال الاهتزازات:** $v = \omega A cos\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)$ $v_{max} = \omega A = 10 \times 1 = 10\ cm/s$
15e	**معادلة التسارع خلال الاهتزازات:** $a = -\omega^2 Asin(\omega t + \varphi)$ **التسارع الأقصى:** $a = \omega^2 A$ $a = 10^2 \times 1 = 100\ m/s^2$

$f_1 = \frac{1}{T_1}$ $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ $F = kx$ $k = \frac{F}{x} = \frac{1}{0.05} = 20\ N/m$ $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{0.12}{20}} = 0.486\ s$ $f_1 = \frac{1}{0.486} = 2.05\ Hz$	**16a**
الزمن الدوري الجديد: $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}} = 2\pi\sqrt{2}\sqrt{\frac{m}{k}} = \sqrt{2}\ T_1$ $T_2 = 0.486\ x\ 1.414 = 0.688\ s$ $f_2 = \frac{1}{T_2} = \frac{1}{0.688} = 1.45\ Hz$	**16b**
يمثّل الرسم البياني الأوّل تخامدًا حرجًا للاهتزازات بحيث تتوقف بسرعة، بينما يمثّل الرسم البياني الثاني تخامدًا تحت الحدّ للاهتزازات بحيث تحتاج إلى وقت أطول لتتوقف. وبما أنّ الاهتزاز القوي وطويل المدّة يضر بجهاز التعليق لأنّه يؤدي إلى اهتزازات أجهزة وقطع أخرى في السيّارة وخاصة في حال مرور الإطارات على حفريات في الطريق، لذلك فالخيار يقع على الرسم البياني الأوّل لأنّه يخفّف قدر الإمكان من اهتزاز السيّارة أثناء التحرّك.	**17**

18a	الطاقة الميكانيكيّة الأصليّة E_i $E_i = E_{ki} + E_{Ei}$ لكن طاقة الوضع المرونيّة الأصليّة للنابض تساوي صفرًا لأنه في موضع الاتزان $E_i = E_{ki} = ½\ m\mathcal{v}_i^2$ $E_i = \frac{1}{2}$ x 0.5 x $0.1^2 = 0.0025$ J
18b	توقفت الكتلة عن الاهتزاز في موضوع الاتزّان بتأثير شغل قوّة الاحتكاك حيث أصبحت طاقة النظام الميكانيكيّة تساوي صفرًا. $W_f = E_f - E_i$ $E_f = E_{kf}$ (صفر لأنّ الكتلة توقفت في موضع الاتزان) + E_{Ef} (صفر بسبب توقف الاهتزاز) $W_f = 0 - 0.0025 = -0.0025$ J $= -2.5$ x 10^{-3} J إشارة الناقص تعني أنّ شغل قوّة الاحتكاك هو سالب.
18c	يوضح الرسم البياني أن النظام توقف عن الاهتزاز بعد 4 أزمنة دوريّة. لكي نحافظ على استمراريّة الاهتزاز، يجب تعويض الطاقة التي يفقدها بسبب الاحتكاك. $E_s = \frac{0.0025}{4} = 6.25$ x 10^{-4} J
18d	في حال تزويد النظام بالطاقة المطلوبة بشكل دوري وبزمن دوري T، سوف يقوم النظام باهتزازاتٍ قسريّة بنفس الزمن الدوري T. وإذا استمرّ تزويد النظام بهذه الطاقة وبنفس الزمن الدوري T، فقد يؤدي بالنظام إلى الرنين.

E=mc 2
دولة قطر
وزارة التربية والتعليم والتعليم العالي
Techno Lab
AMSEL
PUBLISHING