دليل تقويم مناهج العلوم

مادة الفيزياء – المستوى الثاني عشر

الفصل الدراسيّ الثاني

الوحدة 6: فيزياء الكمّ

فهرس المحتويات

أوّلًا: الاختبارات 3

الاختبار التشخيصي 4

تطبيق الدرس الأوّل: نظرية الكمّ والطبيعة المزدوجة للضوء 7

تطبيق الدرس الثالث: الإشعة السينية وطيف الإشعة السينية 16

اختبار المهارات العمليّة 19

اختبار مهارات الاستقصاء العلمي 22

اختبار الوحدة السادسة 24

ثانيًا: الإجابات 30

إجابات الاختبار التشخيصي 31

إجابات تطبيق الدرس الأوّل: نظرية الكمّ والطبيعة المزدوجة للضوء 34

إجابات تطبيق الدرس الثاني: مستويات الطاقة والأطياف الذرية 37

إجابات تطبيق الدرس الثالث: الأشعة السينية وطيف الأشعة السينية 41

إجابات اختبار المهارات العمليّة 44

إجابات اختبار مهارات الاستقصاء العلمي 46

إجابات اختبار الوحدة السادسة 49

أوّلًا: الاختبارات

الاختبار التشخيصي

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة: \ 10

اختر الإجابة الصحيحة للأسئلة من 1–9

1. ماذا يسمّى عدد الاهتزازات في الثانية الواحدة؟

a. التردّد.

b. الدور.

c. سعة الاهتزازة.

d. طول الموجة.

2. ما العلاقة الصحيحة التي تربط تردّد الموجة بطولها الموجي فيما يأتي؟

a. $\lambda = v \times f$

b. $\lambda = \frac{v}{f}$

c. $f = \lambda \times v$

d. $\lambda = v + f$

3. ما الظاهرة التي تنتج عن تراكب الموجات الضوئية؟

a. الحيود.

b. التداخل.

c. الانكسار.

d. التأثير الكهروضوئي.

4. ما اسم الجهاز المستخدَم لرسم الذبذبات الكهربائية، ومن خلاله يمكن تمثيل موجات الصوت عبر ميكروفون؟

a. تلسكوب.

b. ميكروسكوب.

c. أسيلوسكوب.

d. سبكتروسكوب.

5. ما نوع الموجات الكهرومغناطيسية؟

a. موجات طولية.

b. موجات موقوفة.

c. موجات مستعرضة.

d. موجات ميكانيكية ماديّة.

6. إلامَ يشير حيود الضوء وتداخله؟

a. الطبيعة الموجيّة.

b. الطبيعة الجسيميّة.

c. الطبيعة الموجيّة والجسيميّة.

d. الطبيعة الكهرومغناطيسية.

7. أيّ أشعّة من الآتي ليس لها كتلة؟

a. أشعّة ألفا.

b. أشعّة بيتا.

c. أشعّة جاما.

d. أشعّة المهبط.

8. ماذا يحصل لضوء أحادي اللون عندما يعبر من الهواء إلى الماء؟

a. يزداد طوله الموجي.

b. يبقى طوله الموجي ثابتًا.

c. يزداد تردّد موجة الضوء.

d. يبقى تردّد موجة الضوء ثابتًا.

9. تتحرّك موجة ميكانيكيّة تردّدها 3.5 kHz بسرعة 340 m/s. ما المقدار التقريبي لطول الموجة؟

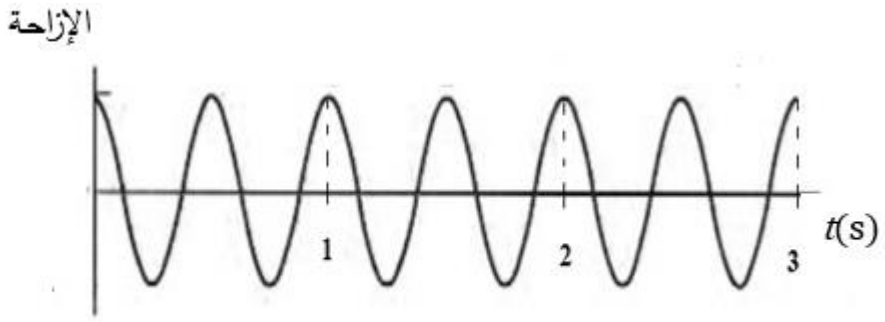
a. 10 cm

b. 10 m

c. 100 m

d. 1000 m

10. **بالاستناد إلى الشكل أدناه، احسب تردّد الموجات.**



.....

.....

تطبيق الدرس الأوّل: نظرية الكمّ والطبيعة المزدوجة للضوء

الاسم: الصف التاريخ:

الدرجة:	\ 10

استخدم حيث يلزم:

سرعة الضوء في الفراغ: $3 \times 10^8\ m/s$، ثابت بلانك: $6.63 \times 10^{-34}\ Js$

اختر الإجابة الصحيحة للأسئلة من 1–4

1. ما اسم الظاهرة التي تستطيع بعض المواد أن تقوم من خلالها بتخزين الطاقة الضوئية وانبعاث الضوء لاحقًا؟

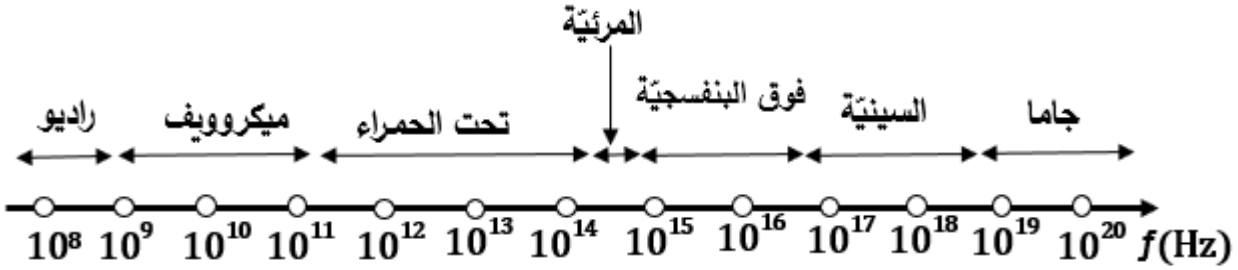
a. التأثير الكهروضوئي.

b. الوميض الفسفوري.

c. إشعاع الجسم الأسود.

d. انبعاث الأشعّة فوق البنفسجية.

2. يمثّل الشكل أدناه الطيف الكهرومغناطيسي.



إلى أيّ جزء من الطيف الكهرومغناطيسي ينتمي الفوتون الذي طول موجته $\lambda = 1.2\ \mu m$ ؟

a. أشعة جاما.

b. الأشعة السينيّة.

c. الأشعة تحت الحمراء.

d. الأشعة فوق البنفسجية.

3. كيف يتغيّر الطول الموجي الذي يؤدي إلى الطاقة القصوى المنبعثة من الجسم الأسود؟

a. يقلّ كلما زادت درجة الحرارة.

b. يزداد كلما زادت درجة الحرارة.

c. لا يتغيّر بتغيّر درجة الحرارة.

d. يتناسب طرديًا مع الطاقة القصوى.

4. ممّ يتكون طيف الجسم الأسود؟

a. من الأشعّة فوق البنفسجيّة وأشعة جاما.

b. من الأشعّة تحت الحمراء والأشعّة المرئيّة.

c. من أشعة الطيف المرئي والأشعّة فوق البنفسجيّة.

d. من جميع الأطياف المرئية وتحت الحمراء وفوق البنفسجيّة.

5. سقط ضوء أحاديّ اللون على كاثود خلية كهروضوئية فكان جهد الإيقاف $-3\ V$، فكم تبلغ طاقة حركة أسرع الإلكترونات المنبعثة بوحدة eV؟

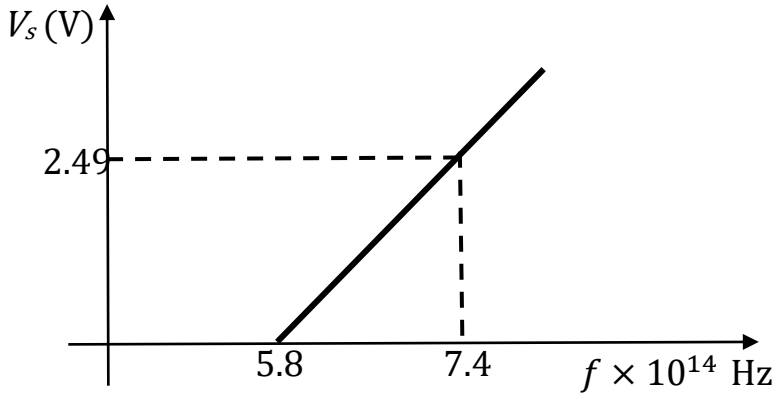
.....

.....

.....

.....

6. في تجربة لدراسة التأثير الكهروضوئي على فلز الليتيوم، مُثِّلَت العلاقة بين جهد الإيقاف V_s وتردد الضوء الساقط f على الفلز بيانيًّا كما هو مبيَّن في الشكل الآتي:



a. أحسب الطاقة الحركية القصوى لإلكترون منبعث من الليتيوم.

.....

.....

.....

b. أحسب دالة الشغل لفلز الليتيوم.

.....

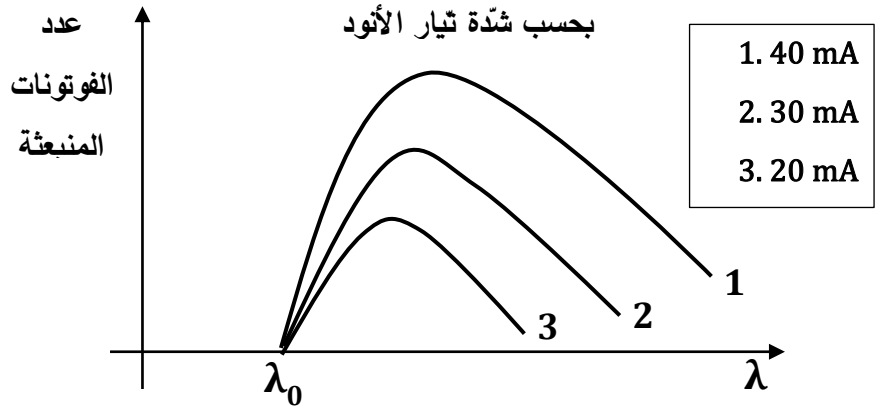
.....

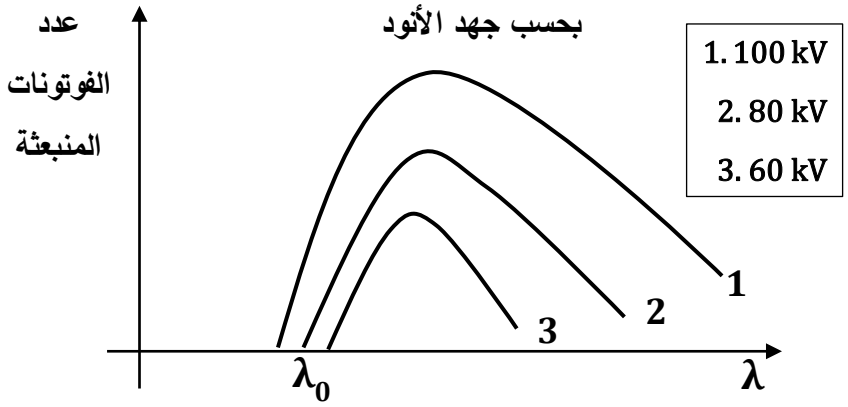
.....

.....

.....

7. تمثّل المنحنيات أدناه كيف يتغيّر عدد فوتونات الأشعّة السينيّة المنبعثة من الأنود عندما يتغيّر كل من شدّة التيار الأنود وجهد الأنود.





a. ماذا تستنتج من المنحنيات أعلاه بشأن الطول الموجي الأقصر؟

.....

.....

.....

b. ماذا تستنتج من المنحنيات أعلاه بشأن عدد الفوتونات المنبعثة من الأنود؟

.....

.....

.....

8. دالّة الشغل لفلز الصوديوم $2.3\ \mathrm{eV}$. سقط عليه ضوء أحادي اللون طول موجته $5 \times 10^{-7}\ \mathrm{m}$.
هل الفوتون قادر على انتزاع إلكترون من سطح الصوديوم؟ فسّر إجابتك.

.....

.....

.....

.....

.....

تطبيق الدرس الثاني: مستويات الطاقة والأطياف الذرية

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة: \ 10

استخدم حيث يلزم:

سرعة الضوء في الفراغ: $3 \times 10^8\ m/s$، ثابت بلانك: $6.63 \times 10^{-34}\ Js$

اختر الإجابة الصحيحة للأسئلة من 1- 4

1. **ماذا يمثّل مستوى الطاقة في الذرّة المرافق للعدد الكمّيّ $n = 1$ ؟**

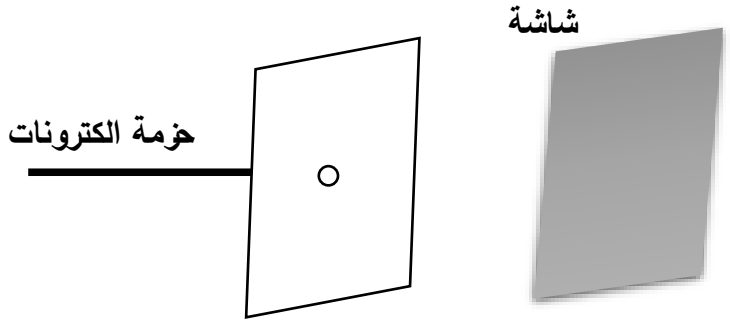
a. الحالة الأرضيّة.

b. الحالة المثارة رقم 1.

c. الحالة المثارة رقم 2.

d. الحالة المثارة الأخيرة.

2. **ماذا يحدث عندما تمر حزمة من الالكترونات المسرّعة عبر فتحة صغيرة في لوح من الجرافيت؟**



a. نرى على الشاشة خطوطًا ملوّنة على أرضية سوداء.

b. نرى على الشاشة خطوطًا سوداء على أرضية ملوّنة.

c. تتابع الحزمة طريقها من دون أي تغيير في اتجاه تحرّكها.

d. نرى على الشاشة دوائر تداخل بنّاء مفصولة بدوائر تداخل هدّام.

3. **ما مقدار طاقة المستوى الرابع لذرّة الهيدروجين ؟**

a. $-3.4\ eV$

b. $-0.85\ eV$

c. $-1.51\ eV$

d. $-13.6\ eV$

4. أيّ العبارات المتعلّقة بطيفي الانبعاث والامتصاص صحيحة؟

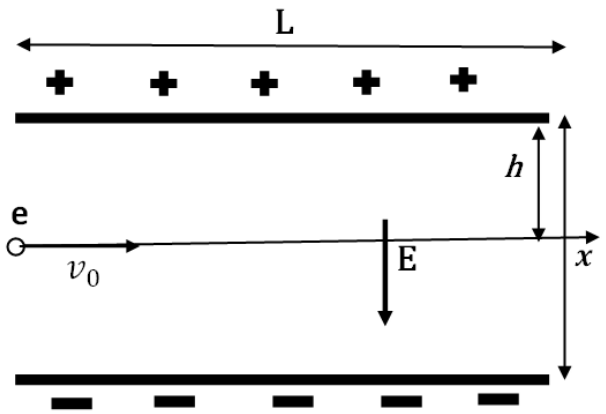
a. عدد خطوط طيف الانبعاث أقل من عدد خطوط الامتصاص للذرّة نفسها.

b. عدد خطوط طيف الانبعاث أكبر من عدد خطوط الامتصاص للذرّة نفسها.

c. يتمّ الانبعاث عندما ينتقل الكترون ذرّة الهيدروجين من المستوى 2 إلى المستوى 3.

d. يتمّ الامتصاص عندما تكون طاقة الفوتون الساقط على الذرّة مساوية للفرق بين مستويين من مستويات الطاقة.

5. في إطار تجربة طومسون، يدخل الكترون مجالاً كهربائيًا شدّته 15×10^3 V/m بسرعة ابتدائيّة 2.27×10^7 m/s عموديًّا على اتجاه المجال الكهربائي. يخرج الالكترون من المجال الكهربائي منحرفًا 1.85 cm عن اتجاه المحور x.



علمًا أنّ $L = 8.4$ cm، ما مقدار النسبة $\frac{e}{m}$ ؟

.....

.....

.....

.....

.....

6. يدور الكترون في المدار الثالث لذرة الهيدروجين. إذا كان نصف قطر هذا المدار 4.5×10^{-10} nm وكتلة الالكترون 9.1×10^{-31} kg. احسب الزخم الزاوي للإلكترون.

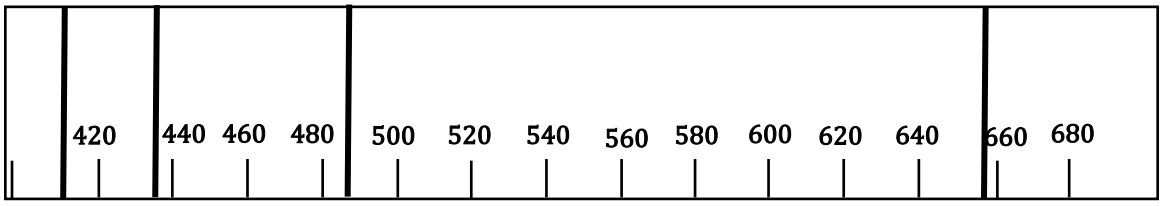
.....

.....

.....

.....

7. ينبعث ضوء من مصباح مملوء بغاز معيّن عندما يمر فيه تيّار كهربائي. لمعرفة طبيعة الغاز الذي يملأ المصباح نستعين بمطياف. يمثل الشكل 1 طيف الانبعاث الذي تمّ الحصول عليه.



الليثيوم	412	497	610	671
الهيدروجين	410	434	486	656
الزئبق	405	436	546	576

حدّد نوع الغاز الذي يملأ المصباح.

.....

.....

.....

.....

8. أجرى مجموعة من الطلبة تجربة ميليكان مستخدمين صفيحتين مشحونتين، المسافة بينهما 2 cm وفرق الجهد بينهما 195 V لكي تتّزن قطرة زيت كتلتها 3.24×10^{-16} kg .احسب عدد الإلكترونات الفائضة التي تحملها قطرة الزيت.

.....

.....

.....

9. يسقط فوتون طاقته 3.4 eV على ذرّة هيدروجين في الحالة الأرضيّة. هل تمتصّ ذرة الهيدروجين هذا الفوتون؟ فسّر إجابتك.

.....

.....

.....

.....

10. أحسب طول موجة دو برولي لإلكترون طاقته الحركيّة 12 eV، علمًا أنّ كتلته 9.1×10^{-31} kg.

.....

.....

.....

.....

.....

تطبيق الدرس الثالث: الإشعة السينية وطيف الإشعة السينية

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة: \ 10

اختر الإجابة الصّحيحة للأسئلة من 1-4

1. ما مقدار فرق الجهد المستخدَم لتوليد الأشعة السينيّة القويّة؟

a. 0.1 kV
b. 1 kV
c. 10 kV
d. 30 kV

2. علامَ تعتمد شدّة الأشعة السينيّة؟

a. نوع مادة المصعد.
b. نوع مادة المهبط.
c. العدد الذرّي لمادة المهبط.
d. العدد الذري لمادة الفتيل.

3. أيّ جهاز من الأجهزة الآتية يعطي صورة ثلاثيّة الأبعاد؟

a. الأشعة السينيّة.
b. العلاج الإشعاعي.
c. التصوير الإشعاعي الصناعي.
d. ماسحات التصوير المقطعي المحوري.

4. في أنبوب كوليدج للأشعّة السينيّة، أيّ العبارات الآتية المتعلّقة بالمهبط صحيحة؟؟

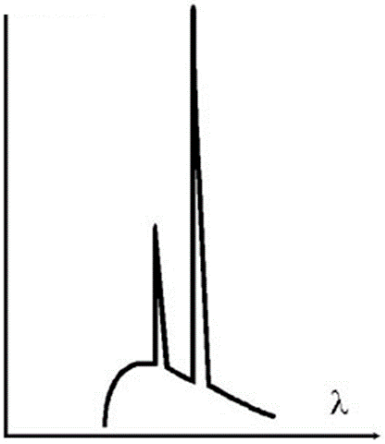
a. المهبط مصدر انبعاث الأشعّة السينيّة.
b. المهبط والأنود كلاهما من فلز خفيف.
c. المهبط مصدر انبعاث الالكترونات باتجاه الأنود.
d. مصدر تسخين المهبط فرق جهد التسريع بينه وبين الأنود.

5. إذا كان أقصى فرق جهد تسارُع لأنبوب الأشعة السينيّة $200\ kV$، أحسب أقصر طول موجي للأشعّة الناتجة.

.....

.....

6. في أنبوب أشعّة سينيّة مزوّد بأنود من النحاس، يتّم تسريع الالكترونات تحت فرق جهد $40\ kV$ بعد انبعاثها من سلك التنجستن الساخن. نسبة القدرة الكهربائيّة التي تتحوّل إلى أشعّة سينيّة $1\ \%$. يبيّن الشكل المجاور طيف أشعّة الفرملة السينيّة.



a. وضّح سبب انخفاض نسبة القدرة الكهربائيّة التي تتحوّل إلى أشعّة سينيّة.

.....

.....

.....

b. هل طيف أشعّة الفرملة السينيّة مستمر؟ فسّر إجابتك.

.....

.....

c. وضّح سبب وجود خطي انبعاث شدّتهما عالية في طيف أشعّة الفرملة السينيّة؟

.....

.....

7. إذا كانت الطاقة القصوى للفوتون الناتج في أنبوب الأشعة السينية $16 \times 10^{-15}\ J$، أحسب تردّد الفوتون.

.....

.....

8. هناك استخدامات إيجابيّة عديدة للأشعة السينية، ولكنّها أيضًا خطرة على الأجسام البشريّة. ماذا تقترح لحماية الأجسام البشريّة من التأثير السلبي للأشعّة السينيّة.

.....

.....

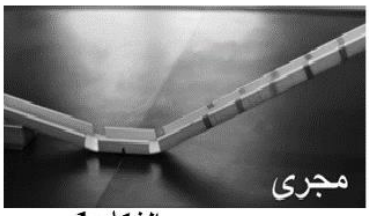
.....

اختبار المهارات العمليّة

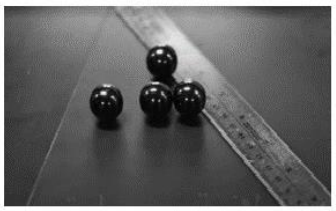
الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة:	5 \

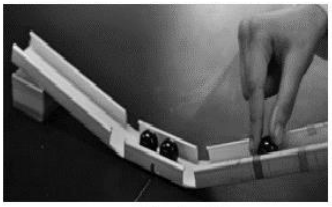
الدرس الأوّل	مستويات الطاقة والأطياف الذرّية
النشاط	نمذجة التأثير الكهروضوئي
سؤال الاستقصاء	كيف يمكن استعمال كرات فولاذية لنمذجة التأثير الكهروضوئي؟



الشكل 1


الشكل 2

الشكل 4


الشكل 3

الموادّ المطلوبة: مجرى من الكرتون المقوّى– كرتين فولاذيتين متماثلتين–مسطرة أقلام تلوين أو لصاقات ملوّنة.

الخطوات

a. حضّر مجرى من الكرتون المقوّى (الشكل 1)، وقم بلصق 7 لصاقات ملوّنة من اللون الأحمر حتّى اللون البنفسجي عليه، على مسافات متساوية بدءًا من اللون الأحمر صعودًا حتى اللون البنفسجي.
b. ضع كرة فولاذيّة في المستوى الأفقي للمجرى (الشكل 3).
c. ضع الكرة الفولاذيّة الثانية في موقع اللون الأحمر، ودعها تتحرّك لوحدها في المجرى حتى ما بعد اصطدامها بالكرة الأولى.
d. ضع الآن الكرة الثانية في اللون البرتقالي، ودعها تتحرّك لوحدها في المجرى حتى ما بعد اصطدامها بالكرة الأولى أيضًا.
e. كرّر التجربة مع باقي الألوان حتّى اللون البنفسجي (الشكل 4).
f. ضع الكرة الثانية أمام اللون الأحمر لجهة الكرة الفولاذيّة الأولى ودعها تتحرّك لوحدها في المجرى حتى ما بعد اصطدامها بهذه الأخيرة.

g. ضع الكرة الثانية خلف اللون البنفسجي للجهة المعاكسة للكرة الفولاذيّة الأولى ودعها تتحرّك لوحدها في المجرى حتى ما بعد اصطدامها بهذه الأخيرة.

الأسئلة

1. ماذا حدث للكرة الأولى بعد اصطدام الكرة الثانية الساقطة بها بعد انطلاقها من موقع كل من اللونين الأحمر والبرتقالي؟

.....

.....

.....

2. ماذا حدث للكرة الأولى بعد اصطدام الكرة الثانية الساقطة بها بعد انطلاقها من موقع اللون البنفسجي؟

.....

.....

.....

3. ماذا حدث للكرة الأولى بعد اصطدام الكرة الثانية الساقطة بها بعد انطلاقها من أمام موقع اللون الأحمر؟

.....

.....

.....

4. ماذا حدث للكرة الأولى بعد اصطدام الكرة الثانية الساقطة بها بعد انطلاقها من خلف موقع اللون البنفسجي؟

.....

.....

.....

5. هل تعتبر هذه التجربة نموذجًا لعملية التأثير الكهروضوئي؟ فسّر إجابتك.

.....

.....

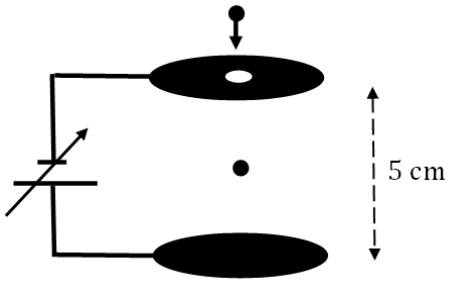
.....

اختبار مهارات الاستقصاء العلمي

الاسم: الصف: التاريخ:

الدرجة:	\ 5

الدرس الثاني	مستويات الطاقة والأطياف الذرية
النشاط	تجربة مليكان
سؤال الاستقصاء	كيف نحدّد عدد الالكترونات الفائضة في قطرة زيت؟



في أثناء تنفيذ تجربة مليكان لقياس شحنة الالكترون، استخدم الطلبة لوحي مكثّف متوازيين تفصلهما مسافة 5 cm، وموصولي بطرفي مصدر جهد كهربائي قابل للتغيير. تمّ استخدام قطرات من الزيت كتلة كلّ منها 20.4×10^{-15} kg. شدّة مجال الجاذبيّة الأرضيّة: 9.8 N/kg.

وضع الطلبة الفرضيّة الآتية: يجب أن تكون شحنة قطرة الزيت مضاعفات صحيحة لشحنة الالكترون على اعتبار أنّ هذه الأخيرة تمثّل المقدار الأصغر لأي شحنة كهربائيّة.

تتضمّن التجربة عدّة متغيّرات: كتلة قطرة الزيت، الجاذبية الأرضية، الجهد الكهربائي بين لوحي المكثّف، شحنة الالكترون، شحنة قطرة الزيت، عدد الالكترونات الفائضة في قطرة الزيت.

تقوم التجربة على جعل قطرة الزيت تنساب بصعوبة من فتحة اللوح الأعلى بسبب الاحتكاك الذي يؤدي إلى تأيّنها سالبًا، ومن ثمّ اختيار مقدار الجهد الكهربائي الذي يحقق اتزان قطرة الزيت بين لوحي المكثّف.

قام الطلبة بتكرار المحاولة 5 مرّات وسجّلوا مقدار الجهد الكهربائي الذي حقّق الاتزان في الجدول أدناه.

	1	2	3	4	5
V(V)	31700	21100	15900	12700	10600
q(C)					
n					

1. **صنّف المتغيّرات أعلاه إلى: متغيّر ثابت، متغيّر مستقلّ، متغيّر تابع.**

.....

.....

2. **أحسب مقدار القوّة الكهربائيّة على قطرة الزيت.**

.....

.....

.....

3. **أكتب معادلة مقدار شحنة قطرة الزيت q بدلالة القوّة الكهربائيّة والجهد الكهربائي V والمسافة بين لوحي المكثّف d؟**

.....

.....

4. **أحسب مقدار الشحنة في كل محاولة وسجّل النتائج في الصف الخاص في الجدول.**

.....

.....

5. **استنتج صحّة الفرضيّة بعد تعبئة الصف الأخير في الجدول؟**

.....

.....

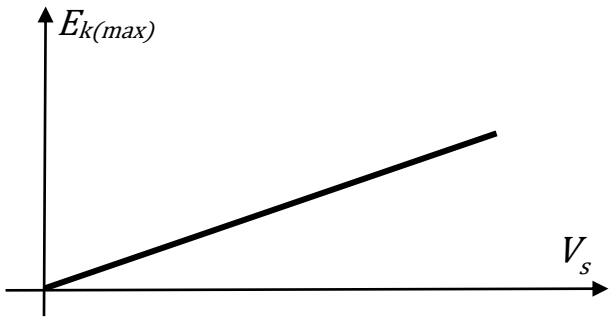
اختبار الوحدة السادسة

الاسم: الصف: التاريخ:

اختر الإجابة الصحيحة للأسئلة من 1 – 8

الدرجة: \ 20

1. يمثّل الشكل المجاور العلاقة بين الطاقة الحركية القصوى للإلكترونات الضوئية والقيمة المطلقة لجهد الإيقاف، ماذا يمثّل ميل الخطّ البياني المقابل؟



a. ثابت بلانك.

b. كتلة الإلكترون.

c. شحنة الإلكترون.

d. سرعة الإلكترون.

2. طاقة الفوتون الساقط على فلز أكبر من دالة الشغل الخاصّة بالفلز، فما تأثير ذلك؟

a. لا يتحرّر أيّ إلكترون من سطح الفلز.

b. يمتصّ الفلز كلّ طاقة الفوتون على شكل حرارة.

c. يتحرّر الإلكترون من سطح الفلز مكتسبًا طاقة حركيّة.

d. يتحرّر الإلكترون من سطح الفلز من دون إكسابه أيّ طاقة حركيّة.

3. في أنبوب كوليدج للأشعّة السينيّة، أي العبارات الآتية المتعلّقة بطاقة الأشعّة السينيّة صحيحة؟

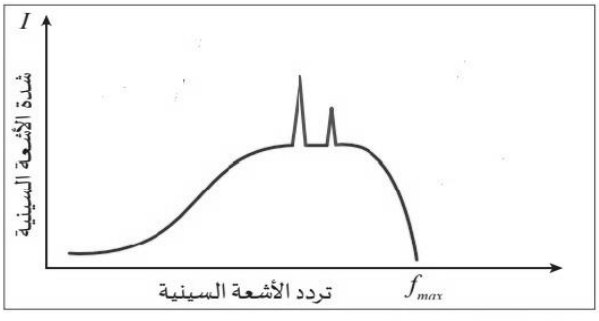
a. طاقة الأشعّة السينيّة نادرًا ما تكون أكبر من 1 keV.

b. تزيد طاقة الأشعّة السينيّة بزيادة شدّة تيار تسخين المهبط.

c. طاقة الأشعّة السينيّة تتناسب عكسيًا مع فرق جهد التسريع.

d. ينتج عن طاقة الأشعّة السينيّة القصوى الطول الموجي الأكبر.

4. ماذا تمثّل القمم في المنحنى الذي يمثّل العلاقة بين شدة الأشعة السينية وتردّدها في الشكل الآتي؟



a. أشعّة الفرملة السينيّة.

b. الأشعّة السينيّة المميّزة.

c. ثنائيّات الأشعّة السينيّة.

d. الأشعّة السينيّة المسرعة.

5. عند حدوث التأثير الكهروضوئي، أيّ العبارات الآتية صحيحة؟

a. يتم تحرير الكترون وفوتون.

b. يتم امتصاص الكترون وفوتون.

c. يتمّ امتصاص الكترون وتحرير فوتون.

d. يتمّ امتصاص فوتون وتحرير الكترون.

6. انتقلت ذرّة الهيدروجين من مستوى الطاقة $n = 3$ إلى مستوى الطاقة $n = 1$ ، ما عدد الفوتونات المنبعثة؟

a. 0

b. 1

c. 2

d. 3

7. ممّ يتكون طيف الجسم الأسود؟

a. من الأشعّة فوق البنفسجيّة وأشعة جاما.

b. من الأشعّة تحت الحمراء والأشعّة المرئيّة.

c. من أشعة الطيف المرئي والأشعّة فوق البنفسجيّة.

d. من جميع الأطياف المرئية وتحت الحمراء وفوق البنفسجيّة.

8. ماذا تعني الطبيعة المزدوجة للمادة؟

a. للفوتونات خصائص موجيّة وللإلكترونات خصائص موجيّة.

b. للفوتونات خصائص جسيميّة وللإلكترونات خصائص موجيّة.

c. للفوتونات خصائص موجيّة وللإلكترونات خصائص جسيميّة.

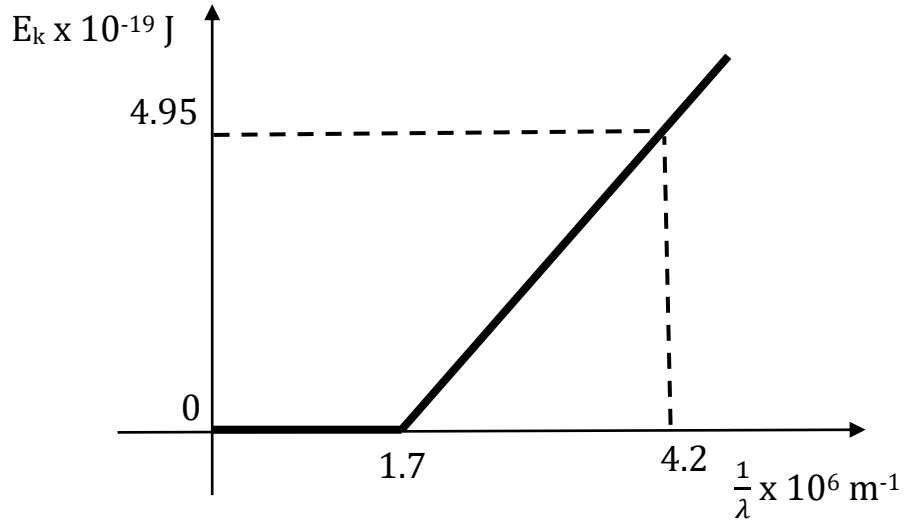
d. للفوتونات خصائص جسيميّة وللإلكترونات خصائص جسيميّة.

9. تبلغ طاقة بروتون 2.05 eV. علمًا أنّ كتلة البروتون 1.67×10^{-27} kg، كم تبلغ طول موجة دي برولي لهذا البروتون؟

.....

.....

10. في تجربة التأثير الكهروضوئي، أضيء سطح السيزيوم بسلسلة من الإشعاعات الكهرومغناطيسية. يبيّن الشكل أدناه تغيّر الطاقة الحركية القصوى للإلكترون المتحرّر بدلالة $\frac{1}{\lambda}$، حيث تمثّل λ طول موجة الإشعاع الساقط. علمًا أنّ الطول الموجي لعتبة السيزيوم λ_0،



a. أحسب طول الموجي لعتبة السيزيوم λ_0 .

.....

.....

.....

.....

.....

b. يمثّل ميل المستقيم ثابتًا ما، جد صيغة هذا الثابت، ثمّ استنتج قيمة ثابت بلانك.

.....

.....

.....

c. أحسب قيمة دالة الشغل لعنصر السيزيوم بوحدة eV.

.....

.....

11. مدفع إلكتروني يطلق إلكترونًا طاقته $4.84 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$.

إذا علمت أنّ $m_e = 9.1 \times 10^{-31}\mathrm{kg},\ e = 1.6 \times 10^{-19}\ \mathrm{C}$.

أحسب طول موجة الإلكترون.

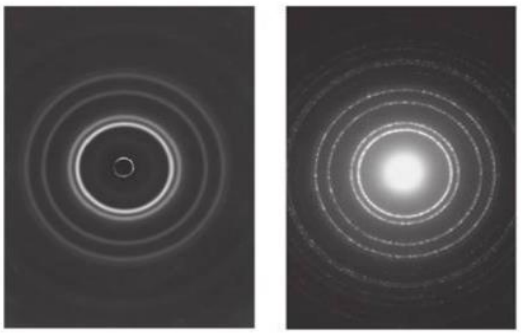
.....

.....

.....

.....

12. يمثّل الشكلان أدناه حيود الأشعةّ السينيّة (الشكل a) وحيود حزمة الكترونات (الشكل b) بعد اختراقهما شريحة من الألمنيوم. فسّر هذه الظاهرة التي يوضحها هذين الشكلين بناءً على الخاصيّة المتعلّقة بالالكترونات.



(a) (b)

.....

.....

.....

.....

13. تستخدم عيادة تصوير طبي جهاز أشعّة سينيّة طاقتها الحركيّة القصوى 41.4 MeV.

أحسب الطول الموجي الأقصر لهذه الأشعّة.

.....

.....

.....

14. تبلغ دالة الشغل لمهبط خليّة تأثير كهروضوئي 2.5 eV. تمّت إضاءة المهبط بضوء أحادي اللون طول موجته 400 nm.

a. هل يتم تحرير للالكترون؟ فسّر إجابتك.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

b. أحسب جهد الإيقاف للأكترون المحرّر.

.....

.....

.....

.....

15. خضعت ذرة هيدروجين، موجودة أصلاً في مستوى الطاقة n، للانتقال إلى المستوى الأوّل، ما أدّى إلى انبعاث فوتون بتردّد 2.9253×10^{15} Hz. حدّد المستوى n.

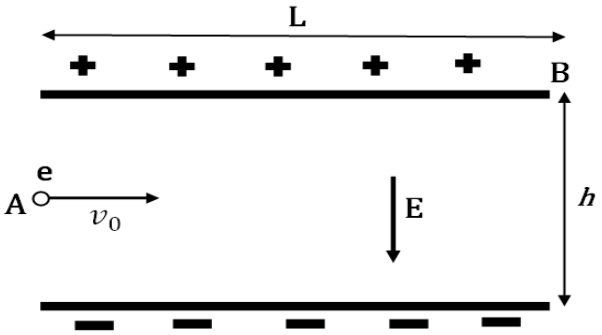
.....

.....

.....

.....

16. بعد انبعاثه من المهبط، يدخل الكترون من النقطة A مجالاً كهربائيًّا شدّته 5×10^3 V/m بسرعة ابتدائيّة 2×10^7 m/s ليخرج من النقطة B. إذا كان طول لوحي المجال الكهربائي 20 cm والنقطة A على مسافة واحدة منهما وبإهمال وزن الالكترون أمام القوّة الكهربائيّة،



a. أحسب تسارع حركة الالكترون في المجال الكهربائي.

.....

.....

.....

.....

.....

b. أحسب المسافة h بين لوحي المجال الكهربائي.

.....

.....

.....

.....

ثانيًا: الإجابات

إجابات الاختبار التشخيصي

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P0901.3	1	1
2	P0901.4	1	1
3	P1117.1	1	1
4	P0902.1	1	1
5	P0901.1	1	1
6	P1118.1	1	1
7	P1115.1	1	1
8	P1005.1	1	1
9	P0901.4	1	2
10	P0901.3	1	1
المجموع		10	

- **الإجابات**

1	a. التردّد. تعريف التردّد: عدد الاهتزازات في الثانية.
2	b. $\lambda = \frac{v}{f}$
3	b.التداخل. تراكب الموجات يعني التقاء موجتين في نقطة واحدة من وسط معيّن ما يؤدي إلى تداخلهما مع بعض.
4	c. أسيلوسكوب.
5	c. موجات مستعرضة.
6	a. الطبيعة الموجيّة. يحصل الحيود نتيجة تداخل عدّة موجات تمرّ عبر فتحة صغيرة بشكل أنّ كل نقطة من الفتحة تمثل مصدرًا للضوء، ما يعطي للضوء طبيعة موجيّة.
7	c. أشعة جاما. أشعّة ألفا وبيتا وأشعة المهبط جسيمات، بينما أشعّة جاما تنتج عن انتقال نواة الذرة من مستوى إلى آخر، فتتخلص من إثارتها وطاقتها الزائدة على شكل أشعة تسمى أشعة داما.
8	d. يبقى تردّد موجة الضوء ثابتًا. تردّد الموجات الضوئيّة ثابت لا يتغيّر، تتغيّر سرعة الموجة وينتج عن ذلك تغيّر الطول الموجي للموجة انطلاقًا من المعادلة: $\lambda = \frac{v}{f}$
9	a. 10 cm $\lambda = \frac{v}{f}$ $\lambda = \frac{340}{3500}$ $\lambda = 0.097\ \text{m} \cong 10\ \text{cm}$

10	يُظهر المنحنى البياني 6 اهتزازات دورية في 3 s. الزمن الدوري زمن اهتزاز واحد: $T = \frac{3}{6} = 0.5 \text{ s}$ $f = \frac{1}{T}$ $f = \frac{1}{0.5} = 2 \text{ Hz}$

إجابات تطبيق الدرس الأوّل: نظرية الكمّ والطبيعة المزدوجة للضوء

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1211.1	1	1
2	P1211.1	1	1
3	P1211.2	1	1
4	P1211.2	1	1
5	P1211.2	1	2
6a	P1211.2	1	1
6b	P1211.2	1	1
7	P1211.2	1	2
8a	P1211.2	1	2
8b	P1211.2	1	2
المجموع		10	

- **الإجابات**

1	b. الوميض الفوسفوري.
2	c. الأشعة تحت الحمراء: $\lambda = 1.2\ \mu m = 1.2 \times 10^{-6}\ m$ $\lambda = \frac{c}{f}$ $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^{8}}{1.2\times10^{-6}} = 2.5 \times 10^{13}\ Hz$ بالعودة إلى الطيف الكهرومغناطيسي، نجد أن هذا التردد يقع ضمن الأشعة تحت الحمراء.
3	a. يقلّ كلما زادت درجة الحرارة. عندما ترتفع درجة حرارة الجسم تزيد الطاقة الحركيّة لجزيئاته ما يؤدي إلى انبعاث فوتون طاقته عالية. وبما أنّ طاقة الفوتون تتناسب طرديّا مع تردّده أي عكسيًّا مع الطول الموجي، ما يعني أن الطول الموجي الأقل تقابله الطاقة القصوى.
4	d. من جميع الأطياف المرئية وتحت الحمراء وفوق البنفسجيّة. بحسب تعريف الجسم الأسود الذي وضعه كيرشوف، يصدر الجسم الأسود طيفًا مميّزًا من الإشعاع يتضمّن جميع الأطوال الموجيّة بناءً على طاقة الفوتونات المكمّمة الساقطة عليه.
5	عندما تزداد شدة الضوء يزداد عدد الفوتونات الساقطة، ويزداد معه عدد الإلكترونات المتحررة من دون أي تغيير في السرعة أو في الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة.
6a	الطاقة الحركيّة القصوى لفلز الليتيوم: $E_{k(max)} = eV_s$ $E_{k(max)} = 1 \times 2.49 = 2.49\ eV$
6b	دالّة الشغل لليتيوم: $\Phi = h \times f_0$ $\Phi = 6.63 \times 10^{-34} \times 5.8 \times 10^{14} = 38.4 \times 10^{-20}\ J$ $\Phi = \frac{38.4\times10^{-20}}{1.6\times10^{-19}} = 2.4\ eV$

7a	نستنتج من المنحنيات أنّ طول موجة العتبة λ_0 لا يتغيّر بتغيّر شدّة تيّار الأنود، ولكنه يتغيّر بتغيّر جهد الأنود حيث أنّه يزيد كلما تناقص مقدار جهد الأنود.
7b	نستنتج من المنحنيات أن تغيير عدد الفوتونات المنبعثة يمكن ان يتّم بنفس الشكل بطريقتين: بتغيير شدّة تيّار الأنود أو بتغيير جهد الأنود. تؤدي الطريقتان إلى النتيجة ذاتها: تغيير طاقة الالكترون المنبعث من المهبط عبر تغيير طاقته الحركيّة قبل اصطدامه بالأنود.
8	طاقة الفوتون الساقط: $E = \frac{hc}{\lambda}$ $E = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{5 \times 10^{-7}} = 3.98 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$ دالة الشغل لفلز الصوديوم: $\Phi = 2.3 \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.68 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$ $E > \Phi$ فإنّ الفوتون قادر على انتزاع إلكترون.

إجابات تطبيق الدرس الثاني: مستويات الطاقة والأطياف الذرية

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1212.1	1	1
2	P1213.1	1	1
3	P1212.1	1	1
4	P1212.2	1	1
5	P1212.3	1	2
6	P1212.1	1	1
7	P1212.2	1	2
8	P1212.3	1	2
9	P1212.2	1	2
10	P1213.2	1	3
المجموع		10	

- **الإجابات**

1	a. الحالة الأرضيّة.
2	d. نرى على الشاشة دوائر تداخل بنّاء مفصولة بدوائر تداخل هدّام. تشكّل حزمة الالكترونات المارة عبر الجرافيت نتيجة الحيود دوائر تداخل بنّاء وتداخل هدّام حول بقعة مركزية، ما يثبت الطبيعة الموجيّة للإلكترونات.
3	-0.85 eV . b مستوى الطاقة لذرّة الهيدروجين: $E_n = \frac{-13.6}{n^2}$ $E_n = \frac{-13.6}{4^2} = -0.85$ eV
4	d. يتمّ الامتصاص عندما تكون طاقة الفوتون الساقط على الذرّة مساوية للفرق بين مستويين من مستويات الطاقة.
5	بإهمال وزن الالكترون، تصبح القوة الكهربائيّة القوّة الوحيدة التي تؤثّر في حركة الالكترون. $F_e = qE = eE$ بحسب قانون نيوتن الثاني: $F_e = ma = eE$ $\frac{e}{m} = \frac{a}{E}$ بما أن مركّبة القوّة الكهربائيّة الأفقية صفر، يكون الزمن t الذي يحتاجه الالكترون ليصل إلى نقطة الخروج من المجال الكهربائي: $t = \frac{L}{v_0} = \frac{8.4\times10^{-2}}{2.27\times10^{7}} = 3.7 \text{ x } 10^{-9}$ s بتطبيق المعادلة: $h = ½\ at^2$ $a = \frac{2h}{t^2} =$ $a = \frac{2\times1.85\times10^{-2}}{(3.7\times10^{-9})^2} = 2.7 \text{ x } 10^{15}$ m/s^2 $\frac{e}{m} = \frac{2.7\times10^{15}}{15\times10^{3}} = 1.8 \text{ x } 10^{11}$ C/kg

6	الزخم الزاوي للإلكترون: $L = n\frac{h}{2\pi}$ $L = 3 \times \frac{6.6 \times 10^{-34}}{2\pi}$ $L = 3.15 \times 10^{-34}\ \mathrm{kgm^2/s}$
7	في البداية، يجب تحديد الأطوال الموجيّة التقريبيّة لخطوط الطيف. من اليسار إلى اليمين: ▪ الطول الموجي الخط الأول: 410 nm ▪ الطول الموجي الخط الثاني: 435 nm ▪ الطول الموجي الخط الثالث: 485 nm ▪ الطول الموجي الخط الرابع: 655 nm بالاستناد إلى المعطيات الواردة في الجدول بمقارنة الأطوال الموجيّة للخطوط الأربعة التي تّم التوصّل إليها مع الأطوال الموجية الواردة في الجدول، يتبيّن أن طيف الضوء المنبعث من المصباح مشابه لطيف الهيدروجين. وبالتالي يكون الهيدروجين الغاز الذي يملأ المصباح.
8	$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{195}{2 \times 10^{-2}} = 9750\ \mathrm{V/m}$ $qE = mg$ $q = \frac{mg}{E}$ $q = \frac{3.24 \times 10^{-16} \times 9.8}{9750} = \ 3.25 \times 10^{-19}\ \mathrm{C}$ $n = \frac{q}{e} = \frac{3.25 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.03 \ \cong 2$

$E_1 = -13.6$ eV $E_{n=} E_{ph} + E_1$ $\frac{-13.6}{n^2} = E_{ph} - 13.6$ $\frac{-13.6}{n^2} = E_{ph} - 13.6$ $n^2 = \frac{-13.6}{E_{ph} - 13.6}$ $E_{ph} = 3.4$ eV $n^2 = \frac{-13.6}{3.4 - 13.6} = 1.33$ $n = 1.15 \neq$ عدد صحيح بما أنّ مستويات الطاقة مكمّمة، فإنّ هذا الفوتون لا تمتصّه الذرة، ولذلك تبقى في الحالة الأرضية.	**9**
طاقة الالكترون بوحدة J: $E_k = 12 \times 1.6 \times 10^{-19} = 19.2 \times 10^{-19}$ J سرعة الالكترون: $E_k = \frac{1}{2} mv^2$ $v^2 = \frac{2E_k}{m}$ $v^2 = \frac{2 \times 19.2 \times 10^{-19}}{9.1 \times 10^{-31}}$ $v^2 = 4.2 \times 10^{12}$ $v = 2 \times 10^6$ m/s طول موجة دو برولي: $\lambda = \frac{h}{mv}$ $\lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 2 \times 10^6}$ $\lambda = 0.364 \times 10^{-9}$ m $= 0.364$ nm.	**10**

إجابات تطبيق الدرس الثالث: الأشعة السينية وطيف الأشعة السينية

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1212.4	1	1
2	P1212.4	1	1
3	P1212.4	1	1
4	P1212.4	1	1
5	P1212.4	1	2
6a	P1212.4	1	1
6b	P1212.4	1	2
6c	P1212.2	1	2
7	P1212.4	1	1
8	P1212.4	1	2
المجموع		10	

- **الإجابات**

1	d. 30 kV
2	a. نوع مادة المصعد.
3	d. ماسحات التصوير المحوري الطبقي.
4	c. المهبط مصدر انبعاث الالكترونات باتجاه الأنود. عندما يتم تسخين المهبط، تزيد طاقة الإلكترونات على سطح الفلز، فتتحرّر متجهة نحو الأنود بتأثير فرق الجهد السريع بين الأنود والمهبط (الكاثود).
5	أقصر طول موجة للأشعّة السينية ينتج عن أقصى فرق جهد. إذا كان فرق الجهد الأقصى 200 kV، يكون أقصر طول بوحدة nm: $\lambda_{min} = \frac{1240}{V}$ $\lambda_{min} = \frac{1240}{200 \times 10^3}$ $\lambda_{min} = 6.2 \times 10^{-3}$ nm
6a	عندما تصل حزمة الالكترونات التي تمّ تسريعها إلى الأنود النحاسي، تصطدم به بشكل مفاجئ حيث تتم فرملتها. نتيجة لذلك الاصطدام تتشتّت الكميّة الأكبر من هذه الالكترونات باتجاهات مختلفة، ولا يبقى منه إلاّ جزء يسير (1 %) تتحول الطاقة التي يحملها إلى فوتونات أشعّة سينيّة.
6b	عند اقتراب الالكترون المسرّع من نواة ذرّة الأنود النحاسي حامل الشحنة الموجبة، تجذب النواة هذا الالكترون بحسب قانون كولوم، ما يؤدي إلى انحراف الالكترون باتجاه النواة من دون أن يلتصق بها. تؤدي هذه الفرملة إلى فقد الالكترون لقسم من الطاقة التي يحملها على شكل انبعاث فوتون أشعّة سينيّة. وكلّما كان اقتراب الالكترون من النواة أكبر كلما فقد طاقة أكثر، يعني انبعاث فوتون أشعّة سينيّة بطاقة أكبر. بما أنّ الالكترون تابع حركته، فسوف يمر بالقرب من نواة أخرى ويفقد قسم آخر (أقل من القسم الأوّل) من طاقته نتيجة انحرافه بتأثير هذه النواة، يتم انبعاث فوتون أشعّة سينيّة آخر بطاقة اقل. وبما أن هناك استمرارية لذلك، فإن طيف أشعّة الفرملة طيف مستمرّ.
6c	عندما تكون طاقة الالكترون السريع عالية، يمكن أن يصطدم بإلكترون من الأنود النحاسي، فتثار ذرّة النحاس وينتقل الكترونها إلى مستوى طاقة أعلى. بما أنّه لا يستطيع البقاء في هذا المستوى، فيتخلّص من الطاقة الزائدة التي اكتسبها إلى المستوى الأساسي بعد أن يتم انبعاث فوتون.

$E_{max} = h \times f$ $f = \frac{E_{max}}{h}$ $f = \frac{16 \times 10^{-15}}{6.6 \times 10^{-34}}$ $f = 2.42 \times 10^{19}\ \text{Hz}$	**7**
لا تستطيع الأشعّة السينية اختراق المواد الثقيلة ذوات الأرقام الذرّية العالية. لحماية الأجسام البشرية من التأثيرات الخطرة للأشعّة السينية، يجب على الذين يتعرّضون لهذه الأشعّة أكثر من غيرهم ارتداء لباس خاص مصنوع من خيوط الكالسيوم أو الرصاص لمنع الأشعّة السينية من الدخول إلى أجسامهم	**8**

إجابات اختبار المهارات العمليّة

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1211.2	1	1
2	P1211.2	1	1
3	P1211.2	1	1
4	P1211.2	1	1
5	P1211.2	1	2
المجموع		5	

- **الإجابات**

1	عند اصطدام الكرة الساقطة بالكرة الثابتة لم تتحرّك هذه الأخيرة في حالة اللونين الأحمر والبرتقالي.
2	في حالة اللون البنفسجي لوحظ تحرّك الكرة الأولى وانطلاقها بسرعة معيّنة.
3	في حالة سقوط الكرة من أمام اللون الأحمر، لم تتحرّك هذه الأخيرة ما يعني أنّ تأثير الكرة الأولى عليها أقلّ ممّا هو عليه في حالة اللون الأحمر.
4	في حالة سقوط الكرة من خلف اللون البنفسجي تحرّك الكرة الأولى وانطلاقها بسرعة أكبر ممّا كان عليه في حالة اللون البنفسجي.
5	نعم تعتبر هذه التجربة نموذجًا جيّدًا لعملية التأثير الكهروضوئي حيث تعبر الكرة الساقطة عن الشعاع أو الفوتون الساقط، والكرة الثابتة تمثّل إلكترون سطح المعدن. عدم تحرّر إلكترون في حالة الألوان المنخفضة ذات الارتفاع المنخفض والطاقة القليلة وغير الكافية لتحرير كرة (إلكترون)، بينما طاقة الكرة الساقطة من ارتفاع أعلى (اللون البنفسجي) قادرة على تحرير كرة (إلكترون). خلاصة: لا يمكن تحرير كرة (إلكترون) إلّا إذا كانت طاقة الكرة الساقطة (الفوتون الساقط) أكبر من مقدار معيّن من الطاقة (دالة الشغل).

إجابات اختبار مهارات الاستقصاء العلمي

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

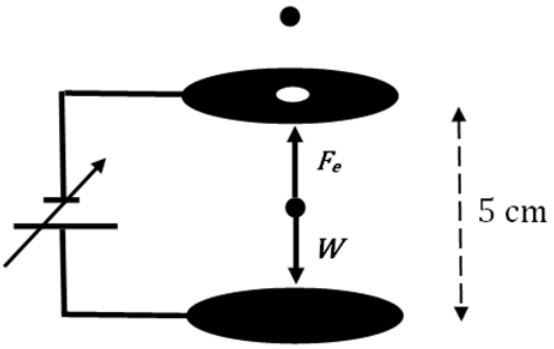
السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1212.3	1	1
2	P1103.1	1	1
3	P1205.1	1	1
4	P1212.3	1	2
5	P1212.3	1	2
المجموع		5	

- **الإجابات**

1 تصنيف المتغيّرات:

- متغيّر ثابت: كتلة قطرة الزيت، شدّة مجال الجاذبيّة. شحنة الالكترون
- متغيّر مستقل: الجهد الكهربائي
- متغيّر تابع: شحنة قطرة الزيت، عدد الالكترونات الفائضة

2 تؤثّر في قطرة الزيت قوّتان: وزن القطرة والقوّة الكهربائيّة. لكي تتزن قطرة الزيت، يجب أن تكون محصّلة القوى التي تؤثّر فيها صفرًا بحسب قانون نيوتن الأوّل.



$F_e = W = mg = 20.4 \times 10^{-15} \times 9.8 = 2\times 10^{-13}$ N

3 $F_e = qE = q\frac{V}{d}$.

$q = \frac{F_e \times d}{V}$

4 شحنة قطرة الزيت في كل محاولة:

$q = \frac{2\times10^{-13}\times5\times10^{-2}}{31700} = 3.15 \times 10^{-19}$ C

$q = \frac{2\times10^{-13}\times5\times10^{-2}}{21100} = 4.7 \times 10^{-19}$ C

$q = \frac{2\times10^{-13}\times5\times10^{-2}}{15900} = 6.3 \times 10^{-19}$ C

$q = \frac{2\times10^{-13}\times5\times10^{-2}}{12700} = 7.9 \times 10^{-19}$ C

$q = \frac{2\times10^{-13}\times5\times10^{-2}}{10600} = 9.4 \times 10^{-19}$ C

	1	2	3	4	5
V(V)	31700	21100	15900	12700	10600
q (C)	3.15×10^{-19}	4.7×10^{-19}	6.3×10^{-19}	7.9×10^{-19}	9.4×10^{-19}
n					

5	النتائج المتعلّقة بشحنة قطرة الزيت في كل محاولة التي تمّ التوصّل إليها تبدو كأنّها مضاعفات صحيحة لشحنة الإلكترون مع الأخذ بعين الاعتبار الأخطاء التي ترافق غالبيّة العمل المخبري. عدد الكترونات قطرة الزيت الفائضة: $q = \mathrm{ne}$ $\mathrm{n}_1 = \frac{q}{e} = \frac{3.15\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}} = 1.99 \cong 2$ $\mathrm{n}_2 = \frac{4.7\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}} = 2.94 \cong 3$ $\mathrm{n}_3 = \frac{6.3\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}} = 3.94 \cong 4$ $\mathrm{n}_4 = \frac{7.9\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}} = 4.94 \cong 5$ $\mathrm{n}_5 = \frac{9.4\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}} = 5.90 \cong 6$ تثبت النتائج صحّة الفرضيّة القائلة بأنّ شحنة الجسم المؤيّن تمثّل مضاعفات صحيحة لشحنة الالكترون.

	1	2	3	4	5
(C)	3.15×10^{-19}	4.7×10^{-19}	6.3×10^{-19}	7.9×10^{-19}	9.4×10^{-19}
n	2	3	4	5	6

إجابات اختبار الوحدة السادسة

- **جدول الملاءمة لبنود الاختبار**

السؤال	المخرجات	الدرجة	DOK
1	P1211.2	1	1
2	P1211.2	1	1
3	P1212.4	1	1
4	P1212.4	1	2
5	P1211.2	1	2
6	P1212.1	1	1
7	P1212.2	1	1
8	P1211.1 P1213.1	1	2
9	P1213.2	1	2
10a	P1211.2	1	2
10b	P1211.2	1	2
10c	P1211.2	1	1
11	P1213.2	1	1
12	P1213.1	1	2
13	P1212.4	1	1
14a	P1211.2	1	2
14b	P1211.2	1	1
15	P1213.2	1	3
16a	P1212.3	1	1
16b	P1103.1	1	1
المجموع		20	

- **الإجابات**

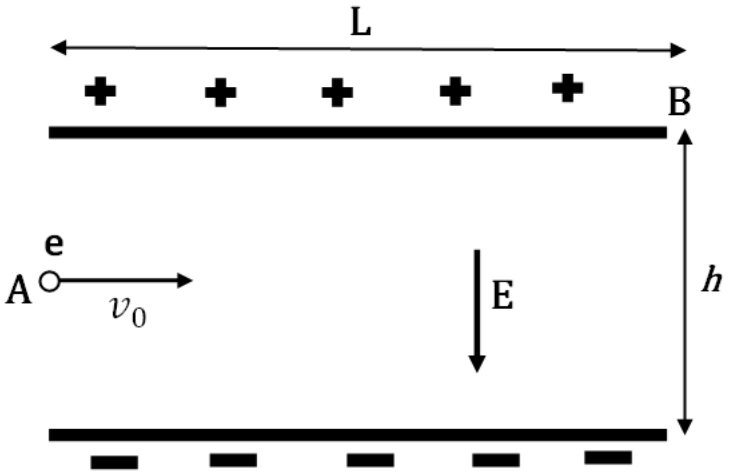
1	c. شحنة الإلكترون.
2	c. يتحرّر إلكترون من سطح الفلز مكتسبًا طاقة حركية.
3	b. تزيد طاقة الأشعّة السينيّة بزيادة شدّة تيار تسخين المهبط. عند زيادة شدّة تيّار تسخين المهبط، تتزايد طاقة الالكترونات المنبعثة من المهبط. وعندما تصطدم هذه الالكترونات بالأنود يتم انبعاث فوتون أشعّة سينيّة. وكل زيادة في شدّة التيّار تؤدي إلى زيادة طاقة الالكترون المنبعث من المهبط، يعني زيادة طاقة الفوتون المنبعث أو زيادة طاقة الأشعّة السينيّة.
4	c. الأشعّة السينيّة المميّزة عندما تمتص ذرة من الأنود الكترون متسارع ذو طاقة عالية، تتأيّن ذرة الهدف وتفقد الكترونًا، فيأتي الكترون داخلي له طاقة عالية ليحل محلّه، فينبعث فوتون من الأشعة السينيّة المميّزة على شكل خط انبعاث له شدّة عالية.
5	**d.** يتمّ امتصاص فوتون وتحرير الكترون. عندما يتعرّض سطح فلز لضوء تردّده مساوٍ أو أكبر من تردّد العتبة الخاص بالفلز، يمتص الفلز فوتونات هذا الضوء ما يزيد طاقة الكترون على سطح إحدى ذرّات الفلز ما يؤدي بالتالي إلى انبعاثه وتحرّره من الفلز.
6	b. 1 فوتون واحد. عند انتقال ذرّة الهيدروجين من المستوى الثالث إلى المستوى الأوّل، يتمّ انبعاث فوتون واحد له طاقة حركية تساوي الفرق بين مستوى الطاقة الثالث ومستوى الطاقة الأوّل.
7	d. من جميع الأطياف المرئية وتحت الحمراء وفوق البنفسجيّة. بناءً على نظريّة الكم لبلانك، طاقة الفوتونات مكمّمة بأمثال صحيحة من hf لأطياف الأشعّة تحت الحمراء إلى الأشعّة فوق البنفسجيّة، مرورًا بالطيف المرئي.
8	b. للفوتونات خصائص جسيميّة وللإلكترونات خصائص موجيّة. التأثير الكهروضوئي للإشعاع يدل على أن للفوتون خصائص جسيميّة، وحصول حيود الالكترون، يعطيه خصائص موجيّة.

$\lambda = \frac{h}{p}$ $\lambda = \frac{h}{mv}$ $E_k = \frac{1 \times m \times v^2}{2}$ $v^2 = \frac{2E_k}{m}$ $v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}}$ $v = \sqrt{\frac{2 \times 2.05 \times 1.6 \times 10^{-19}}{1.67 \times 10^{-27}}}$ $= 1.94 \text{ x } 10^4 \text{ m/s}$ $\lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{1.67 \times 10^{-27} \times 1.94 \times 10^4}$ $= 0.2 \text{ x } 10^{-8} \text{ m}$ $= 2 \text{ nm}$	**9**

بحسب الرسم البياني، يتم انبعاث الكترون من دون طاقة حركيّة عندما تكون: $E_k = 0$ $\frac{1}{\lambda} = 1.7 \times 10^6\ \mathrm{m}^{-1}$ قيمة λ_0: $E_{k(max)} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0}$ $E_{k(max)} = 0$ $0 = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0}$ $\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_0} = 1.7 \times 10^6\ \mathrm{m}^{-1}$ $\lambda_0 = 5.88 \times 10^{-7}\ \mathrm{m}$	**10a**
معادلة المستقيم بدلالة $\frac{1}{\lambda}$ $E_{k(max)} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0}$ $E_{k(max)} = hc(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0})$ ميل المستقيم: $hc = \text{الميل} = \frac{E_{k(max)}}{\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}}$ $hc = \frac{4.95 \times 10^{-19}}{(4.2 - 1.7) \times 10^6} = 1.98 \times 10^{-25}$ $h = \frac{\text{الميل}}{c} = \frac{1.98 \times 10^{-25}}{3 \times 10^8}$ $h = 6.6 \times 10^{-34}\mathrm{J.s}$	**10b**
$\Phi = \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{5.88 \times 10^{-7}}$ $\Phi = 3.36 \times 10^{-19}\mathrm{J}$ $\Phi = \frac{3.36 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.1\ \mathrm{eV}$	**10c**

11	طول الموجة $\lambda = \frac{h}{mv}$ سرعة الالكترون: $E_k = ½\ mv^2$ $v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}}$ $\lambda = \frac{h}{m\sqrt{\frac{2E_k}{m}}}$ $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$ $\lambda = \frac{6.6 \times 10^{-34}}{\sqrt{2 \times 9.1 \times 10^{-31} \times 4.84 \times 10^{-19}}}$ $\lambda = 7.03 \times 10^{-10}\text{m}$
12	يمثّل كلا الشكلين حيود الالكترونات الذي يظهر عبر دوائر تداخل بنّاء (الدوائر المضيئة في الشكلين) ودوائر تداخل هدّام (الدوائر المعتمة). هذا ما يوضّح الخاصيّة الموجيّة للإلكترون بالإضافة إلى خاصيّته الجسيمية، وبشكل أعمّ الطبيعة المزدوجة للمادة كما طرحها لويس دي برولي.
13	$E = \frac{hc}{\lambda}$ الطول الموجي الأقصر يحصل عندما تكون الطاقة الأقصى: $E_{max} = \frac{hc}{\lambda_{min}}$ $\lambda min = \frac{hc}{E_{max}}$ الطاقة الحركيّة القصوى بوحدة J: $E_{max} = 41.4 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}$ $= 66.24 \times 10^{-13}\ \text{J}$ $\lambda min = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{66.24 \times 10^{-13}}$ $= 0.3 \times 10^{-13}\ \text{m} = 0.3 \times 10^{-4}\ \text{nm}$

14a	طاقة الفوتون: $E_{\text{فوتون}} = hf = \frac{hc}{\lambda}$ $E_{\text{فوتون}} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{400 \times 10^{-9}}$ $E_{\text{فوتون}} = 4.9725 \times 10^{-19}\ \text{J}$ طاقة الفوتون بوحدة eV: $E_{\text{فوتون}} = \frac{4.9725 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 3.10\ \text{eV}$ طاقة الفوتون أكبر من دالة الشغل 2.5 eV. يستطيع الفوتون تحرير إلكترون من المهبط.
14b	جهد الإيقاف: $E_{k(max)} = eV_s$ $E_{k(max)} = hf - \Phi$ $eV_s = hf - \Phi$ $V_s = \frac{hf - \Phi}{e}$ بوحدة eV: $V_s = \frac{3.10 - 2.5}{1} = 0.6\ \text{V}.$
15	طاقة الفوتون المنبعث تساوي الفرق بين طاقة الذرّة في المستوى n وطاقتها في المستوى الأوّل على اعتبار أنّ الذرّة انتقلت إلى الحالة الأرضيّة المستقرّة. $E_{\text{فوتون}} = E_n - E_1$ $hf = E_n - E_1$ $hf = -\frac{13.6}{n^2} - (-\frac{13.6}{1^2})$ $6.63 \times 10^{-34} \times 2.9253 \times 10^{15} = (-\frac{13.6}{n^2} + 13.6) \times 1.6 \times 10^{-19}$ $1.939 \times 10^{-18} = -\frac{2.176 \times 10^{-18}}{n^2} + 2.176 \times 10^{-18}$ $\frac{2.176 \times 10^{-18}}{n^2} = 2.176 \times 10^{-18} - 1.939 \times 10^{-18}$ $n^2 = \frac{2.176}{0.237}$ $n = 3.0$

بإهمال وزنه، القوّة الوحيدة التي تؤثّر في حركة الالكترون هي القوة الكهربائيّة العموديّة باتجاه الأعلى. $F_e = qE = eE$  بحسب قانون نيوتن الثاني: $F_e = ma = eE$ $a = \frac{eE}{m}$ $a = \frac{1.6\times10^{-19}\times5\times10^{3}}{9.1\times10^{-31}} = 8.8 \text{ x } 10^{14} \text{ m/s}^2$	**16a**
بما أن مركّبة القوّة الكهربائيّة الأفقية صـــفر، يكون الزمن t الذي يحتاجه الالكترون ليصـــل إلى النقطة B: $t = \frac{L}{v_0} = \frac{20\times10^{-2}}{2\times10^{7}} = 1 \text{ x } 10^{-8} \text{ s}$ بتطبيق المعادلة: $y = ½\ at^2$ حيث y تمثّل $\frac{h}{2}$ $\frac{h}{2} = \frac{1\times8.8\times10^{14}\times(1\times10^{-8})^2}{2}$ $h = 8.8 \text{ x } 10^{-2} \text{ m} = 8.8 \text{ cm}$	**16b**