أسئلة الوزارة
الفيزياء



الوحدة السابعة

٧

الفيزياء الحديثة

جيل ٢٠٠٩

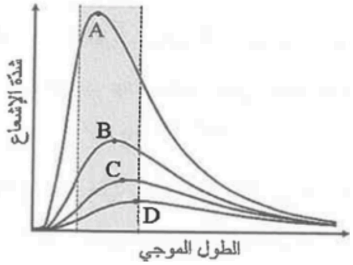
٣٠ سؤال من امتحانات الوزارة ٢٠٢٢–٢٠٢٦
مفحوصة من الكتاب

✓ جرّب أولاً · الإجابات والشرح في آخر الملف

الموضوع ١: الطبيعة الجسيمية للضوء

1 وزارة ٢٠٢٦ العام

يوضّح الشكل المجاور العلاقة بين شدة الإشعاع الصادر عن جسم أسود والطول الموجي له عند درجات حرارة مختلفة. المنحنى الذي يمثّل أقلّ طاقة إشعاعية منبعثة من سطح الجسم، هو:



أ) (A)	ب) (B)
ج) (C)	د) (D)

2 وزارة ٢٠٢٦ العام

في تجربة الظاهرة الكهروضوئية، عند استخدام ضوء طاقته $(2.75\ \text{eV})$ تولّد تيار كهروضوئي، ووُجد أنّ هذا التيار يصبح صفرًا عند فرق جهد $(0.47\ \text{V})$. معتمدًا على بيانات الجدول المجاور، فإنّ نوع فلز الباعث الذي استُخدم في التجربة، هو:

الفلز	$\Phi(\text{eV})$
سيزيوم	2.14
صوديوم	2.28
نحاس	4.70
ذهب	5.10

أ) سيزيوم	ب) صوديوم
ج) نحاس	د) ذهب

3 وزارة ٢٠٢٦ العام

ثوابت: $(1\ \text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\ \text{J}\ ،c = 3 \times 10^{8}\ \text{m/s}\ ،h = 6.6 \times 10^{-34}\ \text{J} \cdot \text{s})$

فوتون طول موجته (λ) اصطدم بإلكترون حرّ ساكن فاكتسب الإلكترون طاقة ($5\ \text{eV}$). إذا علمت أنّ طول موجة الفوتون المُشتَّت (3λ)، فإنّ مقدار (λ) بوحدة نانومتر (nm) يساوي:

أ) 186	ب) 165
ج) 1.65	د) 1.86

4 وزارة ٢٠٢٥ العام

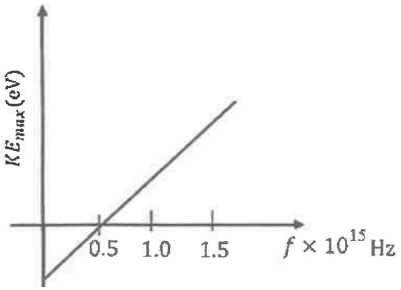
المنطقة/المناطق التي أظهرت فيها النتائج التجريبية لإشعاع الجسم الأسود توافقًا مع نموذج رايلي- جينز هي:

أ) منطقة الأشعة تحت الحمراء	ب) منطقة الأشعة فوق البنفسجية
ج) منطقة الضوء المرئي	د) مناطق الإشعاع جميعها

5 وزارة ٢٠٢٥ العام

ثوابت: $(c = 3 \times 10^{8}\ \text{m/s})$

يمثل الرسم البياني المجاور العلاقة بين الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية، وتردد الأشعة الكهرومغناطيسية في الظاهرة الكهروضوئية. إن الأطوال الموجية (λ) بوحدة ميكرو متر (μm) للأشعة الكهرومغناطيسية الساقطة على الباعث التي تمكّن الإلكترونات من الانطلاق بطاقة حركية هي:



أ) $\lambda < 0.6$	ب) $\lambda > 2$
ج) $\lambda = 0.6$	د) $\lambda = 2$

6 وزارة ٢٠٢٥ العام

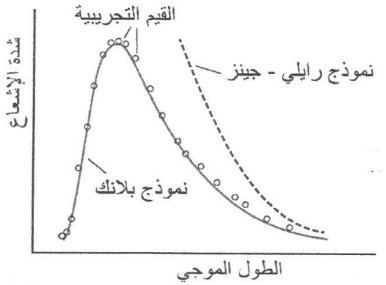
ثوابت: $(1\ \text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\ \text{J})$

سقط فوتون أشعة سينية طاقته (E_i) على إلكترون حرّ ساكن، فاكتسب الإلكترون طاقة مقدارها (20keV). إذا كانت طاقة الفوتون المشتت (E_i 3/4)، فإن مقدار (E_i) بوحدة جول (J) يساوي :

أ) (1.28×10^{-14})	ب) (1.28×10^{-17})
ج) (8.0×10^{4})	د) (8.0×10^{1})

7 وزارة ٢٠٢٤ التكميلي

يُبيّن الشكل المجاور مقارنة كل من نموذج رايلي- جينز ونموذج بلانك بالنتائج التجريبية لإشعاع الجسم الأسود. يُشير الشكل إلى أنّ:



أ) كلا النموذجين أظهرا توافقًا مع النتائج التجريبية عند الترددات المرتفعة للإشعاع	ب) كلا النموذجين فشلا في تفسير الشدّة العالية للإشعاع عند الأطوال الموجيّة القصيرة
ج) نموذج بلانك يُظهر توافقًا تامًا مع جميع النتائج التجريبية	د) نموذج رايلي- جينز لم يُظهر توافقًا مقبولاً مع أيّ من النتائج التجريبية

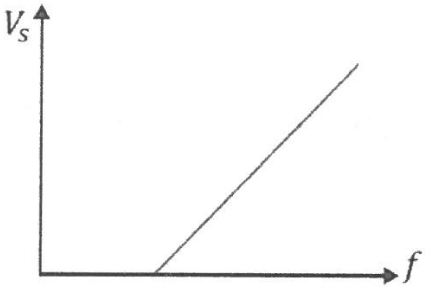
8 وزارة ٢٠٢٤ التكميلي

في تجربة لقياس تردّد العتبة لفلز، استُخدم إشعاع كهرومغناطيسي طاقة الفوتون الواحد منه (6 eV)، ووُجد أنّ التيار الكهرضوئي يصبح صفرًا عند فرق جهد (2 V). تردّد العتبة للفلز بوحدة هيرتز (Hz) يساوي:

أ) 7×10^{14}	ب) 7×10^{15}
ج) 1×10^{14}	د) 1×10^{15}

9 وزارة ٢٠٢٤ التكميلي

يُمثّل الرسم البياني المجاور العلاقة بين جهد الإيقاف (V_s) وتردّد الفوتونات الساقطة (f) على باعث خلية كهرضوئية. ميل الخط المستقيم في الشكل يساوي:



أ) h	ب) h/e
ج) e/h	د) eh

10 وزارة ٢٠٢٤ التكميلي

نسبة الزخم الخطي (p) لفوتون إلى طاقته (E)؛ (p/E) تساوي:

أ) c/1	ب) h/1
ج) h/c	د) c/h

11 وزارة ٢٠٢٤ العام

ظاهرة انبعاث إلكترونات من سطح فلز عند سقوط إشعاع كهرومغناطيسي بتردّد مناسب عليه تُسمّى:

أ) ظاهرة النشاط الإشعاعي	ب) الظاهرة الكهروضوئية
ج) ظاهرة الحثّ الذاتي	د) ظاهرة الحثّ الكهرومغناطيسي

12 وزارة ٢٠٢٤ العام

ثوابت فيزيائية: $1eV = 1.6 \times 10^{-19}J$ ، $h = 6.4 \times 10^{-34}J.s$

إذا كان اقتران الشغل لفلز (4eV) وسقط على سطحه إشعاع كهرومغناطيسي طاقة الفوتون الواحد منه (8eV)، فأجب عن الفقرتين (40، 41) الآتيتين:

تردّد العتبة للفلز بوحدة هيرتز (Hz) يساوي:

أ) 6.4	ب) 25.6
ج) 1×10^{15}	د) 625×10^{34}

13 وزارة ٢٠٢٤ العام

إذا كان اقتران الشغل لفلزّ (4 eV) وسقط على سطحه إشعاع كهرومغناطيسي طاقة الفوتون الواحد منه (8 eV)، فأجب عن الفقرتين (40، 41) الآتيتين:

$1eV = 1.6 \times 10^{-19}J$

الطاقة الحركيّة العظمى للإلكترونات المنطلقة من سطح الفلز بوحدة جول (J) تساوي:

أ) 4	ب) 12
ج) 19.2×10^{-19}	د) 6.4×10^{-19}

14 وزارة ٢٠٢٣ التكميلي

فلز اقتران الشغل له (4 eV)، فإن أكبر طول موجي لفوتون بوحدة نانومتر (nm) يكفي لتحرير إلكترون من سطح الفلز دون إكسابه طاقة حركية يساوي:

أ) 60	ب) 300
ج) 400	د) 500

15 وزارة ٢٠٢٣ التكميلي

في ظاهرة كومبتون، سقط فوتون أشعة غاما طاقته (662 keV) على إلكترون حر ساكن. إذا علمت أن طاقة الفوتون المشتت (613 keV)، فإن الطاقة التي يكتسبها الإلكترون بوحدة (keV) تساوي:

أ) 1.1×10^{-13}	ب) 9.8×10^{-14}
ج) 49	د) 1275

الموضوع ٢: التركيب الذري

16 وزارة ٢٠٢٦ العام

إلكترون ذرة الهيدروجين في مستوى الاستقرار امتصّ فوتونًا طاقته (E) فانتقل إلى مستوى إثارة. إذا علمت أنّ الزخم الزاوي للإلكترون في مستوى الإثارة ($\frac{2h}{\pi}$). فإنّ طاقة الفوتون الممتص بوحدة إلكترون فولت (eV) تساوي:

أ) 10.2	ب) 12.75
ج) 14.45	د) 17.0

17 وزارة ٢٠٢٦ العام

يبيّن الشكل المجاور طيف الانبعاث الخطي المرئي لذرة الهيدروجين. معتمدًا على بيانات الشكل، فإنّ خط الطيف الذي يمثّل الفوتون الأقلّ طاقة، هو:



أ) A	ب) B
ج) C	د) D

18 وزارة ٢٠٢٦ العام

إلكترون كتلته (m_e) وبروتون كتلته (m_p) تسارَعا من السكون بفرق جهد (ΔV) للمدة الزمنية نفسها. إنّ نسبة طول موجة دي بروي المصاحبة للإلكترون (λ_e) إلى طول موجة دي بروي المصاحبة للبروتون (λ_p) عند نهاية مدة تسارعهما، ($\frac{\lambda_e}{\lambda_p}$) بدلالة سرعتيهما تساوي:

أ) $\left(\frac{v_p^2}{v_e^2}\right)$	ب) $\left(\frac{v_e^2}{v_p^2}\right)$
ج) $\left(\frac{v_p}{v_e}\right)$	د) $\left(\frac{v_e}{v_p}\right)$

19 وزارة ٢٠٢٥ العام

يتحرك بروتون وإلكترون بحيث كانت الموجتان المصاحبتان لهما متساويتين في الطول الموجي. عند مقارنة حركة الإلكترون مع حركة البروتون، فإنّ:

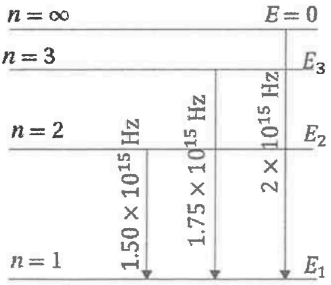
أ) الزخم الخطي للإلكترون يكون أكبر	ب) الزخم الخطي للإلكترون يكون أقلّ
ج) سرعة الإلكترون تكون أكبر	د) سرعة الإلكترون تكون أقلّ

20 وزارة ٢٠٢٥ العام

ثوابت: ($h = 6.6 \times 10^{-34}$ J.s ،$1\text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19}$ J)

يبين الشكل المجاور خطوط الطيف لذرة أحادية الإلكترون في إحدى المجرات. مستعينًا بالشكل وبياناته، أجب عن الفقرتين (40، 41) الآتيتين:

طاقة المستوى الأول (E_1) بوحدة إلكترون فولت (eV) تساوي:

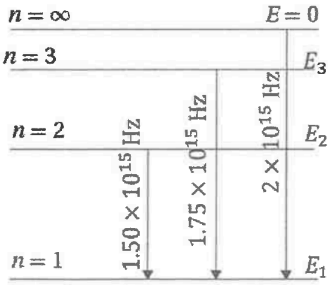


أ) صفرًا	ب) 6.11−
ج) 8.25−	د) 13.6−

21 وزارة ٢٠٢٥ العام

يبيّن الشكل المجاور خطوط الطيف لذرة أحادية الإلكترون في إحدى المجرّات. مستعينًا بالشكل وبياناته:

إذا انتقل إلكترون هذه الذرة من مستوى الطاقة (n = 3) إلى مستوى الطاقة (n = 2)، فإنّ تردّد الفوتون المنبعث بوحدة هيرتز (Hz) يساوي:



أ) (5×10^{15})

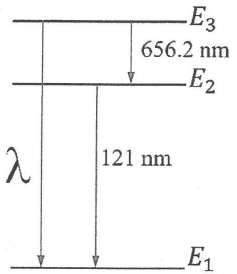
ب) (5×10^{14})

ج) (2.5×10^{15})

د) (2.5×10^{14})

22 وزارة ٢٠٢٤ التكميلي

يُوضّح الشكل المجاور مستويات الطاقة في ذرّة هيدروجين مثارة والأطوال الموجية للفوتونات المنبعثة نتيجة انتقالات الإلكترون من مستويات طاقة أعلى إلى مستويات طاقة أقل. اعتمادًا على الشكل، فإنّ الطول الموجي (λ) بوحدة نانومتر (nm) للفوتون الناتج عن انتقال الإلكترون من المستوى الثالث إلى المستوى الأول يكون:



أ) $\lambda < 121$

ب) $\lambda > 656.2$

ج) $121 < \lambda < 656.2$

د) $\lambda = 777.2$

23 وزارة ٢٠٢٤ العام

نسبة طاقة المستوى الأول إلى طاقة المستوى الثالث (E_1/E_3) في ذرّة الهيدروجين، هي:

أ) 1/3	ب) 1/9
ج) 3/1	د) 9/1

24 وزارة ٢٠٢٤ العام

وفقًا لفرضيات بور لذرة الهيدروجين فإنّ المدارات المسموح للإلكترون أن يحتلّها هي تلك التي يكون فيها مقدار زخمه الزاوي يساوي:

علمًا بأنّ (v : سرعة الإلكترون ، n : رقم المدار)

أ) $n\hbar$	ب) nh
ج) $nv\hbar$	د) nvh

25 وزارة ٢٠٢٣ التكميلي

يتناسب طول موجة دي بروي المصاحبة لجسيم متحرك تناسبًا:

أ) طرديًا مع كل من كتلته وسرعته	ب) طرديًا مع كتلته، وعكسيًا مع سرعته
ج) عكسيًا مع كتلته، وطرديًا مع سرعته	د) عكسيًا مع كل من كتلته وسرعته

26 وزارة ٢٠٢٣ التكميلي

عندما ينتقل إلكترون ذرة الهيدروجين من مستوى طاقة إلى مستوى طاقة أدنى منه، فإن ما يحدث للذرة:

أ) تمتص فوتونًا طاقته تساوي $(E_f - E_i)$	ب) تبعث فوتونًا طاقته تساوي $(E_f - E_i)$
ج) تمتص فوتونًا طاقته تساوي $(E_f + E_i)$	د) تبعث فوتونًا طاقته تساوي $(E_f + E_i)$

27 وزارة ٢٠٢٣ التكميلي

إلكترون في مستوى الطاقة الرابع لذرة الهيدروجين، الزخم الزاوي له بدلالة ثابت بلانك (h) يساوي:

أ) h/π	ب) $2h/\pi$
ج) $h/2\pi$	د) $4h/\pi$

28 وزارة ٢٠٢٣ العام

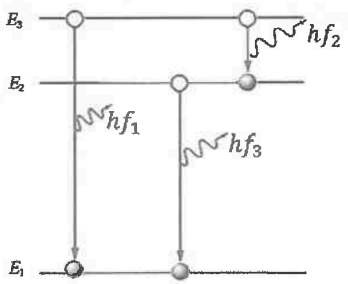
إلكترون ذرة الهيدروجين في مستوى الطاقة الأول، حتى يغادر الإلكترون الذرة نهائيًّا، فإنّ أقل طاقة يكتسبها بوحدة إلكترون فولت (eV) تساوي:

أ) 13.6	ب) 6.8
ج) 10.2	د) 3.4

29 وزارة ٢٠٢٣ العام

في الشكل المجاور ثلاثة انتقالات لإلكترون ذرة هيدروجين.

عند مقارنة تردّد الفوتون المنبعث في كل من الانتقالات الثلاثة، فإنّ:



أ) $f_1 > f_2 > f_3$	ب) $f_3 > f_2 > f_1$
ج) $f_1 > f_3 > f_2$	د) $f_2 > f_1 > f_3$

30 وزارة ٢٠٢٣ العام

الزخم الزاوي لإلكترون ذرة الهيدروجين في المدار الرابع يساوي:

أ) $\frac{h}{4\pi}$

ب) $\frac{4h}{\pi}$

ج) $4\pi h$

د) $\frac{2h}{\pi}$

مفتاح الإجابات

1 د	2 ب	3 ب	4 أ	5 أ
6 أ	7 ج	8 د	9 ب	10 أ
11 ب	12 ج	13 د	14 ب	15 ج
16 ب	17 د	18 د	19 ج	20 ج
21 د	22 أ	23 د	24 أ	25 د
26 ب	27 ب	28 أ	29 ج	30 د

الحل والشرح

1 **د) (D)** شدّة الإشعاع تزداد بارتفاع درجة الحرارة، وقمة المنحنى تنزاح نحو الأطوال الموجية الأقصر. المنحنى D أدنى المنحنيات وقمته عند أطول موجة، فهو الأبرد وأقلها طاقة.

2 **ب) صوديوم** $KE_{max} = eV_s = 0.47\ \text{eV}$ و $\Phi = hf - KE_{max} = 2.75 - 0.47 = 2.28\ \text{eV}$ وهي قيمة اقتران الشغل للصوديوم.

3 **ب) 165** $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$. الطاقة المفقودة من الفوتون تنتقل للإلكترون: $\frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{3\lambda} = \frac{2hc}{3\lambda} = 5 \times 1.6 \times 10^{-19}$ فـ $\lambda = \frac{2\times6.6\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{3\times8\times10^{-19}} = 1.65 \times 10^{-7}\ \text{m} = 165\ \text{nm}$

4 **أ) منطقة الأشعة تحت الحمراء** أظهر نموذج رايلي - جينز توافقًا مع التجربة في منطقة الأطوال الموجية الكبيرة، أي الأشعة تحت الحمراء، وأخفق في الأطوال القصيرة كفوق البنفسجية.

5 **أ) λ < 0.6 m**، وتنطلق الإلكترونات $f_0 = 0.5 \times 10^{15}\ \text{Hz}$ يقطع الخط محور التردد عند تردد العتبة بطاقة حركية عندما $f > f_0$. طول موجة العتبة $\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3\times10^{8}}{5\times10^{14}} = 0.6\ \mu\text{m}$، فالانطلاق لـ $\lambda < 0.6\ \mu\text{m}$.

6 **أ) 1.28×10^{-14} J** طاقة الإلكترون $E_e = E_i - E_f$، أي $E_i = \frac{1}{4}E_i = \frac{3}{4}E_i = 20\ \text{keV}$ فـ $80\ \text{keV} = 80 \times 10^{3} \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.28 \times 10^{-14}\ \text{J}$.

7 **ج) نموذج بلانك يُظهر توافقًا تامًا مع جميع النتائج التجريبية** منحنى بلانك يمر بالقيم التجريبية على امتداد الأطوال الموجية كلها، أما رايلي - جينز فيتفق في الأطوال الكبيرة ويبتعد عن التجربة في الأطوال القصيرة. لذلك الصحيح (ج).

8 **د) 1 × 10¹⁵** جهد الإيقاف 2 V يعني $KE_{max} = 2$ eV. اقتران الشغل $\Phi = hf - KE_{max} = 6 - 4 = 2$ eV، فـ $f_0 = \frac{\Phi}{h} = \frac{4 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} \approx 1 \times 10^{15}$ Hz.

9 **ب) h/e** من $hf = \Phi + KE_{max}$ و$KE_{max} = eV_s$ نحصل على $V_s = \frac{h}{e} f - \frac{\Phi}{e}$ فميل الخط المستقيم $\frac{h}{e}$.

10 **أ) c/1** للفوتون $p = \frac{E}{c}$، فنسبة $\frac{p}{E} = \frac{1}{c}$.

11 **ب) الظاهرة الكهروضوئية** عند سقوط إشعاع كهرمغناطيسي بتردد مناسب على سطح فلز تتحرر منه إلكترونات، وهذه هي الظاهرة الكهروضوئية، لا النشاط الإشعاعي ولا الحث.

12 **ج) 1 × 10¹⁵** تردد العتبة يحرّر الإلكترون دون إكسابه طاقة حركية، فـ $f_0 = \frac{\Phi}{h} = \frac{4 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.4 \times 10^{-34}} = 1 \times 10^{15}$ Hz.

13 **د) 6.4 × 10⁻¹⁹** الطاقة الحركية العظمى $KE_{max} = hf - \Phi = 8 - 4 = 4$ eV $= 4 \times 1.6 \times 10^{-19} = 6.4 \times 10^{-19}$ J.

14 **ب) 300** أكبر طول موجي يقابل تردد العتبة، أي طاقة الفوتون تساوي اقتران الشغل: $\lambda = \frac{hc}{\Phi} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{4 \times 1.6 \times 10^{-19}} \approx 3.1 \times 10^{-7}$ m $= 310$ nm. الخياران (400) و(500) أطول من ذلك فلا تكفي طاقة فوتونهما، أما (300 nm) فطاقة فوتونه أكبر قليلًا من 4 eV فتكفي، وهو أقرب الخيارات إلى 310 nm وأكبرها طولًا موجيًا يحرر الإلكترون؛ فالجواب (300).

15 **ج) 49** تنتقل إلى الإلكترون طاقة الفوتون الساقط ناقصة طاقة الفوتون المشتت: $E_f = 662 - 613 = 49$ keV $= E_i - E_e$.

16 **ب) 12.75** الزخم الزاوي $L = n\hbar = \frac{nh}{2\pi} = \frac{2h}{\pi}$ فـ $n = 4$. الطاقة الممتصة $= E_4 - E_1 = -\frac{13.6}{16} + 13.6 = 12.75$ eV

17 **د) D** الفوتون الأقل طاقة هو الأطول موجة (لأنّ $E = \frac{hc}{\lambda}$). أكبر طول موجة في الشكل 656.2 nm عند الخط D.

18 **د)** $\left(\frac{v_e}{v_p}\right)$ التسارع بالجهد نفسه يعطي طاقة حركية متساوية: $m_e v_e^2 = m_p v_p^2$ فـ $\frac{m_p}{m_e} = \frac{v_e^2}{v_p^2}$ ومن $\lambda = \frac{h}{mv}$: $\frac{\lambda_e}{\lambda_p} = \frac{m_p v_p}{m_e v_e} = \frac{v_e^2}{v_p^2} \cdot \frac{v_p}{v_e} = \frac{v_e}{v_p}$

19 **ج) سرعة الإلكترون تكون أكبر** طول موجة دي بروي $\lambda = \frac{h}{mv}$. تساوي الطولين الموجيين يعني تساوي الزخمين mv، فالإلكترون الأخف كتلة يلزمه سرعة أكبر.

20 **ج) −8.25** الانتقال من $n = \infty$ $(E = 0)$ إلى $n = 1$ يحرر فوتونًا $hf = |E_1|$ بتردد 2×10^{15} Hz: $|E_1| = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 2 \times 10^{15}}{1.6 \times 10^{-19}} = 8.25$ eV، فـ $E_1 = -8.25$ eV.

21 **د) (2.5 × 10¹⁴)** طاقة الفوتون $hf = E_3 - E_2 = (E_3 - E_1) - (E_2 - E_1)$ فالتردد $1.75 \times 10^{15} - 1.50 \times 10^{15} = 2.5 \times 10^{14}$ Hz.

22 **أ) λ < 121** الانتقال من المستوى الثالث إلى الأول أكبر فرقًا في الطاقة من الانتقال من الثاني إلى الأول (121 nm). الطاقة تتناسب عكسيًا مع الطول الموجي ($f = \frac{c}{\lambda}$)، فيكون $\lambda < 121$ nm.

23 **د) 9/1** طاقة المستوى $E_n = -\frac{13.6}{n^2}$، فنسبة $\frac{E_1}{E_3} = \frac{1/1^2}{1/3^2} = \frac{9}{1}$

24 **أ) nħ** شرط بور: الزخم الزاوي للإلكترون في المدار n يساوي $n\hbar$ (في المدار الأول $\hbar$، وفي الثاني $2\hbar$). الخيار nh خطأ لأن الثابت المستعمل هو $\hbar$.

25 **د) عكسيًا مع كل من كتلته وسرعته** طول موجة دي بروي $\lambda = \frac{h}{mv}$، فهو يتناسب عكسيًا مع الكتلة وعكسيًا مع السرعة معًا.

26 **ب) تبعث فوتونًا طاقته تساوي $(E_f - E_i)$** عند انتقال الإلكترون إلى مستوى طاقة أدنى تفقد الذرة طاقة، فتبعث فوتونًا طاقته تساوي الفرق بين طاقتي المستويين؛ أما الامتصاص فيكون عند الانتقال إلى مستوى أعلى، وطاقة الفوتون ليست مجموع الطاقتين.

27 **ب) 2h/π** الزخم الزاوي المسموح $L = n\hbar$ حيث $\hbar = \frac{h}{2\pi}$. في المستوى الرابع $n = 4$: $L = 4 \times \frac{h}{2\pi} = \frac{2h}{\pi}$

28 **أ) 13.6** طاقة الإلكترون في المستوى الأول $E_1 = -13.6$ eV، ولمغادرة الذرة نهائيًّا $(E_\infty = 0)$ يلزم أن يمتص فوتونًا طاقته $0 - (-13.6) = 13.6$ eV على الأقل.

29 **ج)** $f_1 > f_3 > f_2$ طاقة الفوتون المنبعث تساوي الفرق بين طاقتي المستويين، وتردده يتناسب مع هذا الفرق. الفرق $(E_3 - E_1)$ هو الأكبر فـ (f_1) الأكبر. ثم إن $(E_2 - E_1 = 10.2$ eV) أكبر من $(E_3 - E_2 = 1.89$ eV)، فيكون $f_1 > f_3 > f_2$.

30 **د)** الزخم الزاوي للإلكترون في المدار ذي الرقم (n) يساوي $n\hbar$ حيث $\hbar = \frac{h}{2\pi}$. في المدار الرابع: $L = 4\hbar = \frac{4h}{2\pi} = \frac{2h}{\pi}$

بدك أسئلة أكثر من هالوحدة؟ **بنك الأسئلة كامل** وزكي بيشرحلك أي سؤال، على **tawjihiai.com**
ملفات كل أسبوع وأسئلتكم يجاوب عليها زكي: **انضموا لمجموعتنا على تيليجرام**