🎀وحدة الإلكترونيات والجسم الصلب🎀

أولا:قسم النظري:

س1-تتألف الطاقة الكلية إلكترون ذرة الهيدروجين في مداره في جملة الكرتون-نواة من قسمين اكتب علاقة كل منهما ثم بين عم ينتج كل منهما موضح علاقة الطاقة الكلية مع رتبة المدار ومتى تزداد الطاقة الكلية؟

س2-ما هي المبادئ الذي أعتقد عليها بور في شرح طيوف الذرية؟مع كتابة نص فرضيات بور؟

س3-استنتج مع الشرح العلاقة المحددة لطاقة انتزاع الالكترون حر من سطح معدن؟**(هام)**

س4-عدد طرائق انتزاع الالكترون من سطح المعدن؟**(هام)**

س5-نطبق فرقاً في الكمون بين البوسين الشاقوليين لمكثفة مستوية ثم ندخل الكترونيا ساكناً في نافذة في اللبوس السالب استنتج بالرموز العلاقة المحددة لسرعة وتسارع هذا الالكترون عندما يخرج من نافذة في اللبوس الموجب؟ **(هام للنظري ومسائل)**

س6-ادرس تأثر الحقل الكهربائي المنتظم على إلكترون يدخل منطقة الحقل بسرعة عمودية على خطوط الحقل ثم أوجد معادلة حامل المسار بالنسبة لمراقب خارجي؟**(هام للنظري ومسائل)**

س7-اذكر الشرطين الواجب توفرهما لتوليد الأشعة المهبطية ثم عدد أربعاً فقط من خواصها؟**(مكرر دورات)**

س8-اشرح آليةتوليد الأشعة المهبطية وبين مما تتكون هذه الأشعة وكيف يمكن التحقق تجريبيا من طبيعة هذه الأشعة؟

س9-علل تأثر الأشعة المهبطية بالحقل الكهربائي والمغناطيسي؟

س10-عرف الفعل الكهرحراري ثم بين متى يزداد عدد الإلكترونات المنتزعة في الثانية الواحدة من سطح المعدن؟

س11-اشرح الدور المزدوج لشبكة وهنلت في جهاز راسم الاهتزاز الإلكتروني؟ **(هام)**

س12-ما هي أجزاء راسم الاهتزاز الإلكتروني؟ومم تتألف الجملة الحارفة و

الشاشة المتألقة؟

س13-اذكر خواص الفوتون؟

س14-استنتج العلاقة الرياضية لكمية حركة الفوتون بدلالة طول الموجة الكهرطيسية اليت يواكبها؟**(هام)**

س15-نضع صفيحة نظيفة من التوتياء فوق قرص كاشف كهربائي ثم نشحن بشحنة سالبة فتنفرج وريقتا الكاشف ماذا يحدث عندما يسقط عليها ضوء صادر عن مصباح خبار الزئبق؟علل ذلك؟وماذا يحدث لو كانت شحنة الصفيحة موجبة؟

س16-يسقط فوتون طاقته Eعلى معدن ويصادف الكترونا طاقة انتزاعه Wsويقدم له كامل طاقته اشرح ماذا يحدث للإلكترون إذا كانت : a)طاقة الفوتون تساوي طاقة الانتزاع؟ b)طاقة الفوتون أكبر من طاقة الانتزاع؟

س17-ما تأثير الاستطاعة الضوئية على تيار الحجيرة الكهرضوئية؟

س18-ما الشرط الذي يجب أن يحققه طول موجة الضوء الوارد لتعمل الحجيرة الكهرضوئية؟

س19-ما هومبدأ اصدار الأشعة السينية ثم بني تأثير ثخن المادة وكثافتها على امتصاص الأشعة السينية؟

س20-ما هي العوامل المؤثرة على امتصاص ونفوذية الأشعة السينية ثم علل عدم تأثر الأشعة السينية بالحقل المغناطيسي؟

س21-استنتج أقصر طول موجةλmin يمكن ان تنطلق بها فوتونات الأشعة السينية وعلى ماذا يتوقف؟

س22-اذكر أربعاً من خواص الأشعة السينية؟

س23-قارن بين الإصدار التلقائي والإصدار المحثوث للضوء من حيث : حدوثه _ جهة الفوتون الصادر _ طور الفوتون الصادر؟

س24-اكتب خواص حزمة الليزر؟

س25_فسر لماذا لا يمكن حصول على وسط مضخم من دون استخدام مؤثر خارجي؟

ثانيا:قسم الاتمتة:

1-طبيعة الأشعة المهبطية :

a-أمواج كهرطيسية **b -إلكترونات** c -بروتونات. d -نيوترونات

2-يمتص الإلكترون طاقة عندما :

a-ينتقل من مدار إلى آخر ضمن نفس السوية.

b -يهبط الى سوية أقرب الى النواة.

c-يقفز من سوية اقرب الى سوية أبعد عن النواة.

d -عندما يسقط على النواة.

3-الطاقة الكلية لالكترون ذرة الهيدروجين :

A)$En=13.6/n^2$. B)$En=13.6/n$. **C)$En=-13.6/n^2$** D) $En=0$

4-طبيعة الأشعة السينية :

a-أمواج كهرطيسية. b-إلكترونات c-بروتونات d-نيوترونات

5-اقصر طول موجة لفوتونات االشعة السينيةλmin في أنبوب توليدها يتوقف على:

a-كتلة ونوع مادة الهدف. b-عدد الإلكترونيات التي تصل الهدف.

c-درجة حرارة سلك التسخين. **d -التوتر المطبق بين المصعد والمهبط**

6-اذا عبرت حزمة ضوئية تتمتع بتواتر مناسب الوسط المضخم فإن امتصاص الفوتونات يتناسب طرداً مع :

a-عدد الذرات في السوية المثارة.

b -عدد الذرات في السوية غير المثارة.

c-درجة الحرارة d-عدد الفوتونات.

7-اذا عبرت حزمة ضوئية تتمتع بتواتر مناسب الوسط المضخم فإن أصدار الفوتونات يتناسب طرداً مع :

a-عدد الذرات في السوية المثارة.

b -عدد الذرات في السوية غير المثارة.

c-درجة الحرارة d-عدد الفوتونات.

8-فوتونات اشعة الليزر :

a-مختلفة في التواتر والصفحة.

b-لها التواتر نفسه ومختلفة في الصفحة

c-لها نفس الصفحة ومختلفة في التواتر.

d-لها نفس الصفحة ونفس التواتر.

9-أنبوب توليد الأشعة السينية يمكن تسريع الإلكترونات بين المهبط والمصعد:

a-بزيادة درجة حرارة سلك التسخين.

b -بزيادة التوتر المطبق بين المصعد والمهبط

c-بزيادة التوتر المطبق على دارة سلك التسخين.

d -بإنقاص التوتر المطبق بين المصعد والمهبط

10-تصدر الأشعة السينية عن ذرات :

a-الهيدروجين. b-الكربون c-الهيليوم **d-المعادن الثقيلة.**

11 -من خواص الفوتون :

a-شحنته موجبة b-لا يمتلك كمية حركة

c -شحنته سالبة. **d-شحنته معدومة.**

12-تزداد الطاقة الحركية العظمى لإللكترون لحظة مغادرته مهبط الحجيرة الكهرضوئية بازدياد:

a-شدة الضوء الوارد. b -سماكة صفيحة مهبط الحجيرة.

c-تواتر الضوء الوارد. d -تواتر العتبةfs

13-يجري انتزاع الإلكترون من سطح المعدن إذا كانت طاقة الفوتون :

a -معدومة b -تساوي طاقة الانتزاع.

C -أكبر من طاقة الانتزاع. d -أصغر من طاقة الانتزاع .

14-يزداد عدد الالكترونيات المقتلعة من مهبط الحجيرة الكهرضوئية بازدياد:

a -شدة الضوء الوارد. b -كتلة صفيحة مهبط الحجيرة.

c -تواتر الضوء الوارد. d -تواتر العتبةfs

15-يزداد امتصاص المادة للأشعة السينية:

a -بزيادة طاقة الأشعة السينية. **b -بزيادة كثافة المادة.**

C -بنقصان كثافة المادة. d -بنقصان ثخانة المادة .

16-الأشعة السينية أمواج كهرطيسية:

a -أطوال موجاتها قصيرة وطاقتها صغيرة.

b -أطوال موجاتها قصيرة وطاقتها كبيرة

C -أطوال موجاتها كبيرة وطاقتها كبيرة.

d -أطوال موجاتها كبيرة وطاقتها صغيرة

ثالثا:قسم المسائل:

المسألة الأولى:

أحسب الطاقة المتحررة وطول الموجة الشعاع الصادر ونصف قطر مسار لكل من السويتين لالكترون عندما يهبط الالكترون من السوية الرابعة ذات الطاقة 0.85ev- إلى السوية الثالثة ذات الطاقة1.5ev-؟

h=6.63x10^-34J.S C=3x10^8 m/s

المسألة الثانية:

نولد حزمة من الإلكترونات أفقية نعدها متجانسة سرعتها6x10^6m/sفي الخلاء ونجعلها تدخل بين لبوسي مكثفة مستوية أفقية يبعد أحدهما عن الآخرd=2cm وطول كل من لبوسيها0.1mوبينهما فرق في الكمون 600V والمطلوب:

1 -حساب شدة الحقل الكهربائي المنتظم بين لبوسي المكثفة؟

2 - احسب شدة القوة الكهربائية التي يخضع لها الالكترون من الحزمة؟

3-أدرس حركة الالكترون من الحزمة بين لبوسي المكثفة وحدد معادلة حامل مساره بالنسبة لمراقب خارجي؟

4-احسب شدة الحقل المغناطيسي المعامد للحقل الكهربائي المتولد بين لبوسي المكثفة الذي يجعل الالكترون يتحرك حركة مستقيمة منتظمة؟

me=9x10^-31kg e=16x10^-19c. C=3x10^8 m/s

المسألة الثالثة:

نطبق فرقاً في الكمون قيمته3600V بين اللبوسين الشاقوليين لمكثفة مشحونة البعد بينهما2cm ثم ندخل الكترونا ساكناً في نافذة من اللبوس السالب استنتج العلاقة المحددة لسرعة وتسارع هذا الالكترون عندما يخرج من نافذة مقابلة في اللبوس الموجب بأهمال ثقل الالكترون؟

me=9x10^-31kg e=16x10^-19c

المسألة الرابعة:

تبلغ الطاقة الحركية لأحد الكترونات الحزمة الإلكترونية لحظة وصوله الصفيحة المعدنية. 16x10^-19J وشدتها10μA والمطلوب:

1-حساب سرعة الإلكترونات في هذه الحزمة؟

2-حساب عدد الالكترونات التي تصل الصفيحة المعدنية في الثانية الواحدة؟

3-حساب كمية الحرارة المنتشرة خلال30sعند اصطدام هذه الحزمة بصفيحة معدنية وتحول طاقتها الحركية بالكامل إلى طاقة حرارية؟

me=9x10^-31kg e=16x10^-19c

المسألة الخامسة:

يضيء منبع وحيد اللون طول موجته$0.3\mu m$حجيرة كهرضوئية طاقة انتزاع فيهEs=2x10^-19Jوالمطلوب:

1-بين بالحساب هل يتم انتزاع الالكترون من سطح المعدن؟

2-حساب تواتر العتبة؟ 3-حساب طول موجة عتبة الاصدار؟

4-حساب الطاقة الحركية العظمى لإلكترون المنتزع لحظة خروجه من مهبط الحجيرة؟

5-كمية حركة الفوتون الوارد؟. 6-قيمة كمون الايقاف؟

h=6.6x10^-34 J.S

المسألة السادسة:

يعمل أنبوب الأشعة السينية بتوتر20000Vحيث يصدر عن المهبط الالكترون سرعته الابتدائية معدومة عملياً والمطلوب:

1-حساب الطاقة الحركية لإلكترون عند اصطدامه مقابل المهبط(الهدف)؟

2- سرعة الالكترون لحظة الصدمة بالهدف؟

3-حساب أقصر طول موجة لأشعة السينية الصادرة وتواترها؟

المسألة الخامسة:

مزمار ذو فمين نهايته مفتوحة ⇐ مزمار مسكر به الطرفين.

$L = 3{,}31\ m$

$f = 50\ Hz \qquad V = 993\ m/s$

$V = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{V}{f} = \frac{993}{50}$ ①

$\lambda = 19{,}86\ m \simeq 2\ m$

$N = \frac{L}{\lambda} = \frac{3{,}31}{2} = 1{,}655$ ②

③

$f_2 = f_1$

مزمار مفتوح به طرفين ⇐ مزمار مختلف طرفين

$L' = (2n-1)\frac{V}{4f}$ ⇐ مختلف طرفين ⇐ مدروس صوت

$f = (2n-1)\frac{V}{4L'}$

$f_2 = \frac{2V}{4L'} = f_1$

$L' = \frac{2V}{4f_1} = \frac{V}{2f_1}$

$L' = \frac{993}{2 \times 50} = 9{,}93\ m$

---

* وحدة الالكترونيات والفيزياء الطب *

المسألة الأولى:

$E_4 = -0{,}85\ eV$

$E_3 = -1{,}5\ eV$

$\Delta E = E_4 - E_3 = -0{,}85 + 1{,}5$

$\Delta E = 0{,}65\ J$

$\Delta E = hf = h\frac{c}{\lambda}$

$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{6{,}63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{65 \times 10^{-2}}$

$\lambda = \frac{1989}{65} \times 10^{-26}$

$\lambda = 306 \times 10^{-27}\ m$

المسألة الثانية:

$V = 6 \times 10^6\ m/s$

$d = 2\ cm = 0{,}02\ m$

طول البوس $\Delta x = 0{,}1\ m$

$U_{ab} = 600\ V$

$E = \frac{U_{ab}}{d} = \frac{600}{0{,}02}$ ①

$E = 12 \times 10^4\ V/m$

$F_E = e \times E$ ②

$F_E = 16 \times 10^{-20} \times 12 \times 10^4$

$F_E = 192 \times 10^{-16}\ N$

③ حالة مقارنة (خارجية)

حالة مدروسة: الالكترون داخل منطقة حقل كهربائي منتظم؛

قوة خارجية مؤثرة: بإهمال قوة ثقل الالكترون و F_E قوة كهربائية.

$\vec{F_E}$ لها حامل $\vec{E}$ وتعاكس بالجهة وبالشدة ثانية.

$\sum \vec{F} = m\vec{a}$

$\vec{F_E} = m_e\vec{a} = e\vec{E}$

باعتبار:

لما مبدأ الفواصل: نقطة دخول الالكترون منطقة حقل كهربائي منتظم $[x_0 = 0, y_0]$

لإيجاد الزمن لحظة دخول الالكترون منطقة حقل كهربائي فقط.

بالإسقاط على محوري $\vec{ox}$ أفقياً و $\vec{oy}$ شاقولياً نحو الأعلى:

$\vec{ox}$:
- $V_{ox} = V_o = V_x$
- $F_x = 0 \Rightarrow a_x = 0$
- $V_x = const$

إذاً حركة مسقط $\vec{xx}$ حركة مستقيمة منتظمة.

$x = V_o t + x_o$

$x = V_o t$ — (1)

$\vec{oy}$:
- $V_{oy} = V_y = 0$
- $y_o = 0$
- $F_y = F_e = eE$

$m_e a_y = eE$

$a_y = \frac{eE}{m_e} = const$

إذاً حركة مسقط $\vec{yy}$ حركة مستقيمة مسارعة بانتظام.

[$a = a_y$ ، $V_{oy} = 0$ ، $y_o = 0$]

$a = \frac{eE}{m_e}$

$a = \frac{16 \times 10^{-20} \times 12 \times 10^4}{9 \times 10^{-31}}$

$a = \frac{64}{3} \times 10^{15} \ m s^{-2}$

$y = \frac{1}{2} a t^2$

$y = \frac{1}{2} \times \frac{64}{3} \times 10^{15} t^2$

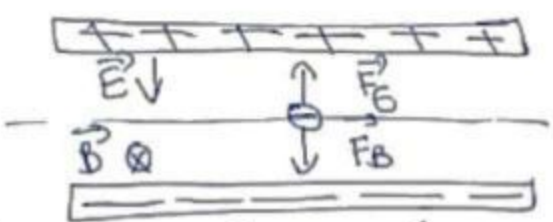
$y = \frac{32}{3} \times 10^{15} t^2$

من (1) نجد: $t = \frac{x}{V_o} = \frac{x}{6 \times 10^6}$

$y = \frac{32}{3} \times 10^{15} \times \frac{x^2}{36 \times 10^{12}}$

$y = \frac{8}{27} \times 10^3 x^2$

(4)



يخضع الالكترون متحرك بسرعة $\vec{V}$ إلى حقيقتين:

- $\vec{F_E}$ قوة كهربائية ناتجة عن تأثير حقل كهربائي.
- $\vec{F_B}$ قوة مغناطيسية (لورنتز) ناتجة عن تأثير حقل مغناطيسي).

لكي يتابع الالكترون حركة مستقيمة منتظمة:

$\sum \vec{F} = \vec{0}$

$\Rightarrow \vec{F_B} = -\vec{F_E}$

$F_B = F_E$

$eVB\sin\theta = eE$

$\theta = 90^\circ \Rightarrow \sin\theta = 1$

$B = \frac{E}{V} = \frac{12 \times 10^4}{6 \times 10^6}$

$B = 2 \times 10^{-2} T$

المسألة الثالثة:

$U_{ab} = 360V$

$d = 2cm = 0,02m$

- يخضع الالكترون لقوة كهربائية جهتها تماثل جهة حقل كهربائي.

$F_E = m_e a$

$a = \frac{F_E}{m_e} = \frac{eE}{m_e}$

$a = const$

حركة مستقيمة متغيرة بانتظام.

$$V^2 - V_0^2 = 2ad$$

$$V_0 = 0$$

$$a = \frac{V^2}{2d} \quad \rightarrow$$

$$\frac{eE}{me} = \frac{V^2}{2d}$$

$$V^2 = \frac{2eEd}{me} = \frac{2eV}{me}$$

$$V = \sqrt{\frac{2eV}{me}}$$

$$V = \sqrt{\frac{2 \times 16 \times 10^{-19} \times 3600}{9 \times 10^{-31}}}$$

$$V = \frac{4\sqrt{2}}{3} \times 10^7 \ m/s$$

$$a = \frac{eE}{me} = \frac{eV}{med}$$

$$a = \frac{16 \times 10^{-20} \times 3600}{9 \times 10^{-31} \times 2 \times 10^{-2}}$$

$$a = 32 \times 10^{15} \ m s^{-2}$$

المسألة الرابعة:

$$E_K = 16 \times 10^{-19} J$$

$$I = 10 mA = 10^{-5} A$$

$$E_{Ke} = \frac{1}{2} m_e V^2 \quad (1)$$

$$V^2 = \frac{2E_{Ke}}{me} = \frac{2 \times 16 \times 10^{-19}}{9 \times 10^{-31}}$$

$$V = \frac{4\sqrt{2}}{3} \times 10^6 \ m s^{-1}$$

$$I = \frac{q}{t} = \frac{Ne}{t} \quad (2)$$

$$N = \frac{It}{e} = \frac{10^{-5} \times 1}{16 \times 10^{-20}}$$

$$N = \frac{1}{16} \times 10^{15} \text{ الكترون}$$

(3) طاقة حركية للالكترون واحد × عدد الالكترونات = طاقة حركية كلية

$$N = 3 \text{ ev} \quad N = \frac{30}{16} \times 10^{15}$$

$$N' = 1875 \times 10^{12} \text{ الكترون}$$

أ) $Q = N' E_{Ke}$

$$Q = 1875 \times 10^{12} \times 16 \times 10^{-19}$$

$$Q = 3 \times 10^{-3} J$$

مسألة الخامسة:

$$E_S = 2 \times 10^{-19} J$$

$$\lambda = 0{,}3 \mu m = 3 \times 10^{-7} m$$

أ) $E = h\frac{c}{\lambda} = hf$ (1)

$$E = 6{,}63 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^{-7}}$$

$$E = 6{,}63 \times 10^{-19} J$$

$E > E_S$ تلاصطدام

يتم انتزاع الالكترون من سطح معدن

$$E_S = h f_S$$

$$f_S = \frac{E_S}{h} = \frac{2 \times 10^{-19}}{6{,}63 \times 10^{-34}} \quad (2)$$

$$f_S = \frac{1}{3315} \times 10^{19} \ HZ$$

$$E_s = hf_s = h\frac{c}{\lambda_s} \quad (3)$$

$$\lambda_s = \frac{hc}{E_s} = \frac{6{,}63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{2\times10^{-19}}$$

$$\lambda_s = 994{,}5\times10^{-9}$$

$$\lambda_s \simeq 9{,}945\,\mu m \simeq 10\,\mu m$$

$$E_K = E - E_s \quad (4)$$

$$= 6{,}63\times10^{-19} - 2\times10^{-19}$$

$$E_K = 4{,}63\times10^{-19}\,J$$

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6{,}63\times10^{-34}}{994{,}5\times10^{-9}} \quad (5)$$

$$p = \frac{6{,}63\times10^{-34}}{10\times10^{-6}}$$

$$p = 6{,}63\times10^{-28}\,kg\,ms^{-1}$$

(6) نطبق نظرية طاقة الحركية بين وضعين:

الأول: لحظة خروج الالكترون من المهبط بسرعة عظمى.

الثاني: لحظة وصول الالكترون الى المصعد بسرعة عظمى

$$\Delta E_K = \sum W_f$$

$$0 - E_{KC} = -eU_0$$

$$U_0 = \frac{E_{KC}}{e} = \frac{4{,}63\times10^{-19}}{16\times10^{-20}}$$

$$U_0 = 2{,}89\,V$$

المسألة الثانية:

$$U_{AC} = 2\times10^{4}\,V$$

خروج من المهبط $V_C = 0$ بسرعة معدومة عمليا

(1) نطبق نظرية طاقة حركية بين وضعين

الأول: المهبط.

الثاني: وصوله إلى الهدف (موصول بالمصعد مقابل المهبط).

$$\Delta E_K = \sum W_{F(A\to C)}$$

$$E_{KA} - 0 = eU_{AC}$$

$$E_{KA} = 16\times10^{-20}\times2\times10^{4}$$

$$E_{KA} = 32\times10^{-16}\,J$$

$$E_{KA} = \frac{1}{2}m_e V^2 \quad (2)$$

$$V = \sqrt{\frac{2E_{KA}}{m_e}} = \sqrt{\frac{2\times32\times10^{-16}}{9\times10^{-31}}}$$

$$V = \frac{8\pi}{3}\times10^{7}\,ms^{-1}$$

$$V = \frac{25}{3}\times10^{7}\,ms^{-1}$$

طاقة حركية للالكترون المتعلق = طاقة فوتون وارد $E = E_K$ (3)

$$h f_{max} = h\frac{c}{\lambda_{min}}$$

$$\lambda_{min} = \frac{hc}{E_K} = \frac{6{,}63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{32\times10^{-16}}$$

$$\lambda_{min} = 62\times10^{-12}\,m$$

* وحدة الالكترونيات والجسم الصلب *

س ١ - ص ١٩٩ من الكتاب فقرة (استنتج)
$E_n = \frac{-13.6}{n^2}$ ، طاقة كلية كلما اقتربنا من نواة تنقص طاقة كلية
والعكس صحيح

س ٢ - ص ١٩٩ من الكتاب أول فقرة
(ثلاث اعدادات)
+ ص ٢٠٥ من الكتاب كتابة نص فرضية بور فقط -

س ٣ - ص ٢١١ من الكتاب.

س ٤ - ص ٢١٢ من الكتاب.

س ٥ - ص ٢١٣ - ٢١٤ من الكتاب

س ٦ - ص ٢١٤ + ٢١٥ من الكتاب.

س ٧ -
① مزاولة كبير في الأنبوب يتراوح ضغطه بين (١ - ٠,٠٥) mmHg ((٠,٠٥ → ٠,٠١))
② توتر كبير نسبياً بين قطبي الأنبوب حيث يولد حقل كهربائياً شديداً يجوار القطب. + ص ٢٢١ من كتاب.

س ٨ - ص ٢٢٠ من الكتاب.

س ٩ -
الحقل الكهربائي: تتأثر فيه البروتونات بقوة تجاذب لكثافة شحونة أي هي ذات شحنة سالبة.
حقل مغناطيسي: تتأثر بتأثير قوة لورانز مغناطيسية.

س10 - ص225 آخر سطر من الكتاب
+ ص225 فقرة النتيجة (نقطة السابعة)

س11 - تجميع الالكترونات الحرة صادرة عن مهبط في نقطة تقع على محور الأنبوب - التحكم بعدد الالكترونات النافذة من ثقبها وبالتالي تحكم بشدة إضاءة الشاشة.

س12 - ص226 من الكتاب.

س13 - ص231 من الكتاب.

س14 - ص231 من الكتاب.

س15 - ص232 من الكتاب (آخر فقرة)
ص233 من الكتاب (نقطة ثانية من أول صفحة).

س16 - ص233 من الكتاب (رقم 2+1)

س17 - تزداد شدة تيار الشعاع بزيادة الاستطاعة الضوئية.

س18 - $\lambda < \lambda_s$ طول موجة ضوء أصغر من طول موجة عتبة الإصدار.

س19 - المبدأ: ص241 من الكتاب (النقطة ما قبل الأخيرة).
ص243 من الكتاب.
+

س20 - ص242 من الكتاب بداية
+ نقطة أولى ص248 الصفحة.

س21 - ص242 من الكتاب

س22 - ص248 من الكتاب.

س23 - ص248 من الكتاب.

س24 - لأن الأمبر / متر يمثل الذرات الموجبة الشحنة تنفي طاقة فلا يرتفع فولتية مارب يعكس الطاقة للوسط وضع ذرات الذرات من جديد ويعوضها عن انتقال الذرات إلى حالة طاقية أساسية.