الوحدة الرابعة
الكترونيات والجسم الصلب
الدرس الأول: النماذج الذرية والطيوف

مقدمة:

الطيف الكهرطيسي: مصطلح عام يشمل جميع الترددات الممكنة من الإشعاعات الكهرطيسية، ويعرف أيضاً بأنه خطوط الإشعة الصادرة من جسم يتوهج عند درجة حرارة معينة. ولكل عنصر كيميائي طيف يميزه، أي له مجموعة خطوط متسلسلة تميزه عن غيره، ويسمى هذا الطيف «طيف انبعاث».

نموذج بور: قدم بور نموذجه في بنية الذرة معتمداً على التوفيق بين النموذج الذري والنظرية الكهرطيسية.

مبادئ بور في تكميم الضوء لشرح الطيوف الذرية:

1- إن تغير طاقة الذرة مكمم
2- لا يمكن للذرة أن تتواجد إلا في حالات طاقية محددة
3- عندما ينتقل إلكترون في ذرة مثارة من سوية طاقية E_2 إلى سوية طاقية E_1 فإن الذرة تصدر فوتوناً طاقته تساوي فرق الطاقة بين السويتين: $\Delta E = E_2 - E_1 = hf$

التكميم في ذرة الهيدروجين:

تتألف ذرة الهيدروجين من بروتون موجب يمثل النواة و الكترون سالب يدور حول النواة ويخضع الكترون إلى تأثير قوتين:

1- القوة الكهربائية (F_E): ناتجة عن جذب النواة للإلكترون

$$F_E = K\frac{e^2}{r^2} \quad ; \quad K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

ε_0: سماحية الخلاء الكهربائية
r: نصف قطر المدار الذي يتحرك عليه الإلكترون

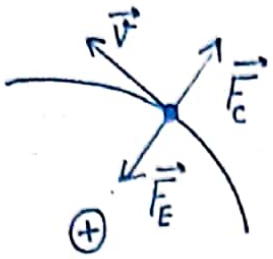
2- قوة العطالة المنابذة (F_c): ناتجة عن دوران الإلكترون حول النواة

$$F_c = m_e a_c = m_e \frac{v^2}{r}$$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

- تماثل حركة الإلكترون حول النواة دائرية ومنتظمة لأن:
القوة الكهربائية (F_E) الناتجة عن جذب النواة للإلكترون تساوي قوة الطاقة المتبادلة (F_c) الناتجة عن دورانه.



- فرضيات بور:

الفرض الأول لبور: حركة الإلكترون حول النواة دائرية ومنتظمة، أي

(القوة الكهربائية) $F_E = F_c$ (القوة المتبادلة)

$$K\frac{e^2}{r^2} = m_e\frac{v^2}{r} \Rightarrow \frac{Ke^2}{r} = \frac{m_e v^2}{1} \Rightarrow v^2 = \frac{Ke^2}{m_e r}$$

(الطاقة الحركية للإلكترون) $E_K = \frac{1}{2}m_e v^2 = \frac{1}{2}m_e\frac{Ke^2}{m_e r} = \boxed{\frac{1}{2}K\frac{e^2}{r}}$

(الطاقة الكامنة الكهربائية) $E_P = -\boxed{K\frac{e^2}{r}}$

(الطاقة الكلية للإلكترون) $E = E_K + E_P$

(ذرة الهيدروجين) $= \frac{1}{2}K\frac{e^2}{r} - K\frac{e^2}{r} = \boxed{-\frac{1}{2}K\frac{e^2}{r}}$

الفرض الثاني لبور: العزم الحركي للإلكترون على مداره يساوي عدد صحيح من المقدار $\frac{h}{2\pi}$.

$$m v r = n\frac{h}{2\pi} \quad ; \quad n = 1, 2, 3 \ldots$$

رقم المدار

$h = 6.63\times10^{-34}$ J.s
ثابت بلانك

الفرض الثالث لبور:

لا يصدر الإلكترون طاقة طالما بقي متحركاً في أحد مداراته حول النواة

يمتص طاقة بكميات محددة عندما ينتقل من مداره الى مدار أبعد عن النواة

يُصدر " " " " " " " " " " " أقرب "

وتحسب من العلاقة $\Delta E = hf$

f: تواتر الإشعاع، h: ثابت بلانك

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

معادلات الطاقة في ذرة الهيدروجين:

نربط علاقة بزخم الحركي ونستنتج v^2 ومنها نوجد علاقة الطاقة الحركية

$$m_e^2 v^2 r^2 = n^2 \frac{h^2}{4\pi^2} \Rightarrow v^2 = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m_e^2 r^2} \Rightarrow E_k = \frac{1}{2} m_e \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m_e^2 r^2}$$

$$E_k = \frac{1}{2} \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m_e r^2}$$

ايضا: $E_k = \frac{1}{2} K \frac{e^2}{r}$

$$\frac{1}{2} K \frac{e^2}{r} = \frac{1}{2} \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m_e r^2} \Rightarrow \frac{Ke^2}{1} = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m_e r}$$

$$r_n = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m_e K e^2}$$

من أجل المدار الأول $n=1$

$$r_0 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e K e^2}$$

$$r_n = n^2 r_0$$ اذاً:

نعوض في علاقة الطاقة الكلية

$$E_n = -K \frac{e^2}{2r_n} \Rightarrow E_n = -K \frac{e^2}{2n^2 r_0} \Rightarrow E_n = -K \frac{e^2}{2n^2 \left(\frac{h^2}{4\pi^2 m_e K e^2}\right)}$$

$$E_n = -\frac{2K^2 e^4 \pi^2 m_e}{n^2 h^2} \Rightarrow E_0 = -\frac{2\pi^2 m_e K^2 e^4}{h^2} (-13.6\ eV)$$

$$E_n = \frac{E_0}{n^2} \Rightarrow \boxed{E_n = -\frac{13.6}{n^2}(eV)}$$ اذاً

وهي علاقة الطاقة الكلية (الميكانيكية)

طاقة التأين في ذرة الهيدروجين:

لكي تتأين ذرة الهيدروجين يجب اعطاؤها طاقة تكفي لنقل الإلكترون من السوية الأرضية الى حالة عدم الارتباط اي الى طاقة معدومة، بلزم لها طاقة أكبر أو تساوي 13.6 eV.

الطاقة الكلية للإلكترون في مداره: هي مجموع طاقتيه

1- قسم سالب هو الطاقة الكامنة الكهربائية الناتجة عن تأثره بحقل النواة وتعطى بالعلاقة:

$$E_P = -K \frac{e^2}{r_n} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{e^2}{r_n} = -\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_n}$$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

2- قسم ذهب هو الطاقة الحركية الناتجة عن دوران الكترون حول النواة وتعطى بالعلاقة:

$$E_K = \frac{1}{2} K \frac{e^2}{r_n} = \frac{1}{2} \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{e^2}{r_n} = \frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r_n}$$

$$E = E_K + E_P = -\frac{13.6}{n^2} \text{ (eV)}$$

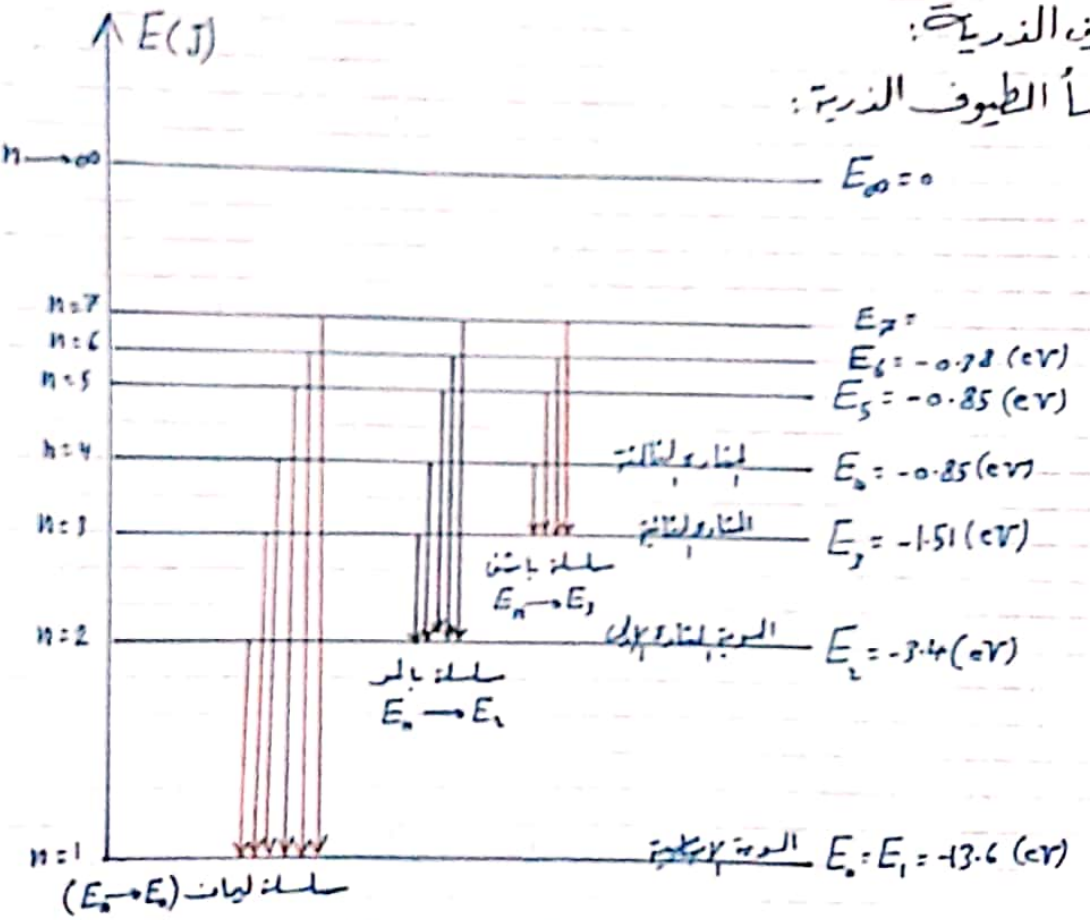
والطاقة الكلية E:

وهي طاقة سالبة لأنها طاقة إرتباط وتمثل طاقة التجاذب الكهربائي (E_P) الجزء الأكبر منها والتي الطاقة لهذه الطاقة تتناسب عكسا مع مربع رتبة المدار (n)، وتزداد هذه الطاقة بازدياد رتبة المدار أي بالإبتعاد عن النواة.

ملاحظة: لا يمكن تحديد موضع (أو سرعة) أي الكترون من هذه الإلكترونات في لحظة ما وبدقة وإنما يمكن فقط تحديد كثافة احتمال تواجد الإلكترون في لحظة ما في موضع ما.

الطيوف الذرية:

منشأ الطيوف الذرية:



- توجد سويات طاقة مثارة في ذرة الهيدروجين، يمكن للإلكترون أن يشغل أي سوية من هذه السويات

منشأ الطيوف ..... : إن انتقال الإلكترون من سوية طاقية الى سوية طاقية أدنى يؤدي الى إصدار طاقة (اشعاع) تساوي فرق الطاقة بين السويتين، وعند حصول انتقالات

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مختلفة
بين مستويات الطاقة سوف تحصل على اصدارات مختلفة بترددات مختلفة تطبق
بالعلاقة: $\Delta E = E_2 - E_1 = hf$

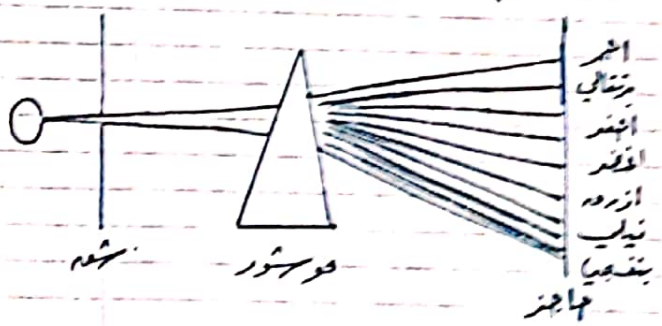
وعند تحليل هذه الضوء الصادر من غاز الهيدروجين المنار بالأنفراغ الكهربائي سوف نجد
ان الطيف يتكون من عدد من الخطوط الطيفية منفصلة وكل خط يمثل انتقال الالكترون بين مستويين

هذه الخطوط ذات الوان مختلفة ومنفصلة.

تسجيل طيف اصدار ذرة الهيدروجين

أنواع الطيوف:

1) الطيوف المستمرة: هي الطيوف التي تظهر فيها جميع ألوان الطيف على هيئة مناطق متجاورة دون وجود فواصل بينها، وهذا ما نلاحظه عند تحليل ضوء الشمس بالهواء المشبع بالرطوبة ويتكون قوس قزح. وكذلك عند تحليل ضوء مصباح كهربائي ذو مقاومة متغيرة، فحصل على طيف متصل (مستمر) طول موجته تقريباً 0.6 ميكرون



(تحليل الضوء الأبيض)

2) الطيوف المتقطعة: مثل طيف إصدار ذرات الهيدروجين، يتكون طيف الإصدار لهذه المنابع من خطوط طيفية (مضيئة) منفصلة.
ومنفصلة.

وبشكل عام تكون طيوف المصابيح الغازية متقطعة (الهيدروجين) وطيوف اصدارات الأجسام الصلبة الساخنة متصلة.
(الصوديوم)

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

سلاسل الطيف الخطي للهيدروجين :

أولا : سلسلة ليمان : (أكبر سلاسل الطيف طاقة)

تحصل عليها : عند عودة إلكترون ذرة الهيدروجين من المستويات (n = 2, 3, 4 ...)
إلى المستوى الأول (n_1 سلسلية)

ميزاتها : أمواج ضوئية غير مرئية بسبب تواترها الكبير وأطوالها الموجية
أقصر من أطوال الموجية للضوء المرئي $E = hf = h\frac{c}{\lambda}$

ثانيا : سلسلة بالمر :

تحصل عليها : عند عودة إلكترون ذرة الهيدروجين من المستويات (n = 3, 4, 5 ...)
إلى المستوى المثارة الأولى (الثانية)

ميزاتها : أمواج ضوئية يمكن مشاهدتها وقياسها في المختبر.

ثالثا : سلسلة باشن :

تحصل عليها : عند عودة إلكترون ذرة الهيدروجين من المستويات (n = 4, 5, 6 ...)
إلى المستوى المثارة الثانية (الثالثة)

ميزاتها : امواج ضوئية غير مرئية بسبب تواترها المنخفض وأطوالها
الموجية الكبيرة .

التحليل الطيفي :

يستخدم التحليل الطيفي للكشف عن هوية العنصر (أي المادة) وذلك من
خلال إعطاء المادة طاقة فتمتص ذرات المادة هذه الطاقة فتثار الذرة
ولا تلبث أن تعود إلى المستويات التي كانت تشغلها مصدرة فائض طاقتها
على شكل إشعاع واحد أو مجموعة من الإشعاعات المتمايزة ويتم تحليل
هذه الإشعاعات للتعرف عليها وعلى مكوناتها .

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الدراسة التجريبية لطيوف بعض المواد

الحديد: عند تسخين قطعة الحديد يظهر أولاً اللون الأحمر ← برتقالي ← اصفر ...
حتى تصل لدرجة البياض فتظهر جميع ألوان الطيف

لورد الصوديوم: عند نثر قليلاً من ملح الطعام (NaCl) فوق لهب موقد بنزن يتلون اللهب باللون الأصفر الذهبي وعند فحصه بالطياف نشاهد خطيه أصفريه متقاربين جداً أي انه لم يشع ألوان الطيف السبعة وأنما خطان طيفيان يقعان في منطقة اللون الأصفر

تحليل الصور الصادرة عن إصباح غازي باستخدام فوتوشوب:

يحوي هيدروجين

يتكون طيف الهيدروجين المثار بالتفريغ الكهربائي من عدد من الخطوط الطيفية ويتغير الطيف المتشكل بتغير نوع الغاز داخل المصباح

اختبر نفسي

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1- عندما ينتقل الإلكترون من سوية طاقية أقرب للنواة الى سوية طاقية أبعد عن النواة فإنه: a) يمتص طاقة

2- عندما ينتقل الإلكترون من سوية طاقية ما في الذرة الى الاثارية فإنه: d) يصبح ذو طاقة معدومة

3- بابتعاد الإلكترون عن النواة فإن طاقته a) تزداد

4- تنشأ الطيوف الذرية نتيجة انتقال: a) الإلكترون من سوية طاقية الى سوية طاقية أخفض

5- تقدم طاقة للذرة على شكل إشعاع متواصل فتثار الذرة لأسطر: c) تمتص جزءاً من طاقة الإشعاع مطابقاً لفرق الطاقة بين سويتين مختلفتين

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

ثانياً : حل المسائل الآتية

المسألة الأولى: يفترض ان نصف قطر ذرة الهيدروجين (r = 0.53 x 10^-10 m) هو مداره في ذرة الهيدروجين
باهمال قوى التجاذب الكتلي بين البروتون والالكترون) المطلوب

1- احسب قوة التجاذب الكهربائي بين البروتون والالكترون

2- احسب سرعة دوران الالكترون الخطية على مداره السابعة، هل يجب اننا نأخذ في الاعتبار
تغير كتلة الالكترون وفقه النظرية النسبية ؟

3- احسب تواتر دوران الالكترون.

الحل: (1)

$$F_E = K\frac{e^2}{r^2} \quad ; K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = \frac{1}{4\pi \frac{1}{36\pi \times 10^9}} = 9\times 10^9$$

$$= 9\times 10^9 \frac{(1.6\times 10^{-19})^2}{(0.53\times 10^{-10})^2} = 81\times 10^{-9}\ N$$

(2)

$$F_E = F_C$$

$$F_E = m a_c = m\frac{v^2}{r} \Rightarrow F_E = m\frac{v^2}{r}$$

$$v = \sqrt{\frac{F_E \cdot r}{m}} = \sqrt{\frac{81\times 10^{-9}\times 0.53\times 10^{-10}}{9.1\times 10^{-31}}} = \sqrt{4.72\times 10^{+6}}\ m\cdot s^{-1}$$

وهذه السرعة صغيرة امام سرعة الضوء في الخلاء فلا توخذ زيادة الكتلة للإلكترون
بعين الاعتبار

(3)

$$f = \frac{1}{T} \quad ; \quad v = \frac{2\pi r}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi r}{v}$$

$$f = \frac{v}{2\pi r} = \frac{\sqrt{4.72\times 10^{+6}}}{2\pi \times 0.53\times 10^{-10}} = \frac{\sqrt{4.72}}{3.33}\times 10^{+16}\ HZ$$

المسألة الثانية: احسب الطاقة المتحررة وطول موجة الاشعاع الصادر عندما يهبط
الالكترون من السوية الثالثة ذات الطاقة $E_3 = -1.51\ eV$ الى السوية الثانية ذات
الطاقة $E_2 = -3.4\ eV$ ثابت بلانك $h = 6.63\times 10^{-34}\ J.S$.

الحل:

$$\Delta E = E_3 - E_2 = (-1.51) - (-3.4) = 1.89\ eV$$

$$\Delta E = 1.89\times 1.6\times 10^{-19} = 3\times 10^{-19}\ J$$

$$\Delta E = h f \Rightarrow 3\times 10^{-19} = 6.63\times 10^{-34} f \Rightarrow f = 0.45\times 10^{15}\ HZ$$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

المسألة الثالثة: تتألف ذرة الهيدروجين من بروتون و إلكترون، تعطى سويات الطاقة لذرة الهيدروجين بالعلاقة $E_n = -\frac{13.6}{n^2}\ eV$ حيث n عدد صحيح موجب. في السوية ذات الطاقة الأخفض لدينا $n=1$، وفي سوية الطاقة المثارة الأولى لدينا $n=2$، وهكذا، عندما تسعى n الى اللانهاية نجد الحالة المتأينة أي التي تفقد فيها ذرة الهيدروجين الإلكترون المطلوب

1) احسب النسبة بين قوة الجذب الكتلي وقوة الجذب الكهربائي بين الإلكترون والبروتون في ذرة الهيدروجين، ماذا تستنتج؟ علماً أن

المسافة بين الإلكترون والبروتون $a = 5.9 \times 10^{-11}\ m$

شحنة الإلكترون $e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$

ثابت الجاذبية الكوني $G = 6.67 \times 10^{-11}\ kg^{-1} \cdot m^3 \cdot s^{-2}$

$m_e = 9.1 \times 10^{-31}\ kg$ و $m_p = 1.67 \times 10^{-27}\ kg$

سرعة انتشار الضوء في الخلاء $C = 3 \times 10^8\ m \cdot s^{-1}$

2) ماقيمة الطاقة في السوية الأساسية؟

3) ارسم مخططاً لطاقة السويات الخمس الأولى.

4) تواجه الذرة في البداية في حالتها الأساسية، تمتص هذه الذرة فوتون بتواتر $f = 2.91 \times 10^{15}\ HZ$، احسب الرقم n للسوية التي ستواجه فيها الذرة بعد امتصاصها

الحل: 1) قوة الجذب الكهربائي: $F_2 = K\frac{e^2}{a^2}$ ، قوة الجذب الكتلي: $F_1 = G\frac{m_e m_p}{a^2}$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{G m_e m_p}{K e^2}$$

$$= \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 9.1 \times 10^{-31} \times 1.67 \times 10^{-27}}{9 \times 10^9 \times (1.6 \times 10^{-19})^2} \simeq \frac{1}{10^{39}}$$

$$F_2 = 10^{39} F_1$$

نستنتج أن $F_1 \ll F_2$ لذلك نهمل قوة الجذب الكتلي أمام قوة الجذب الكهربائي.

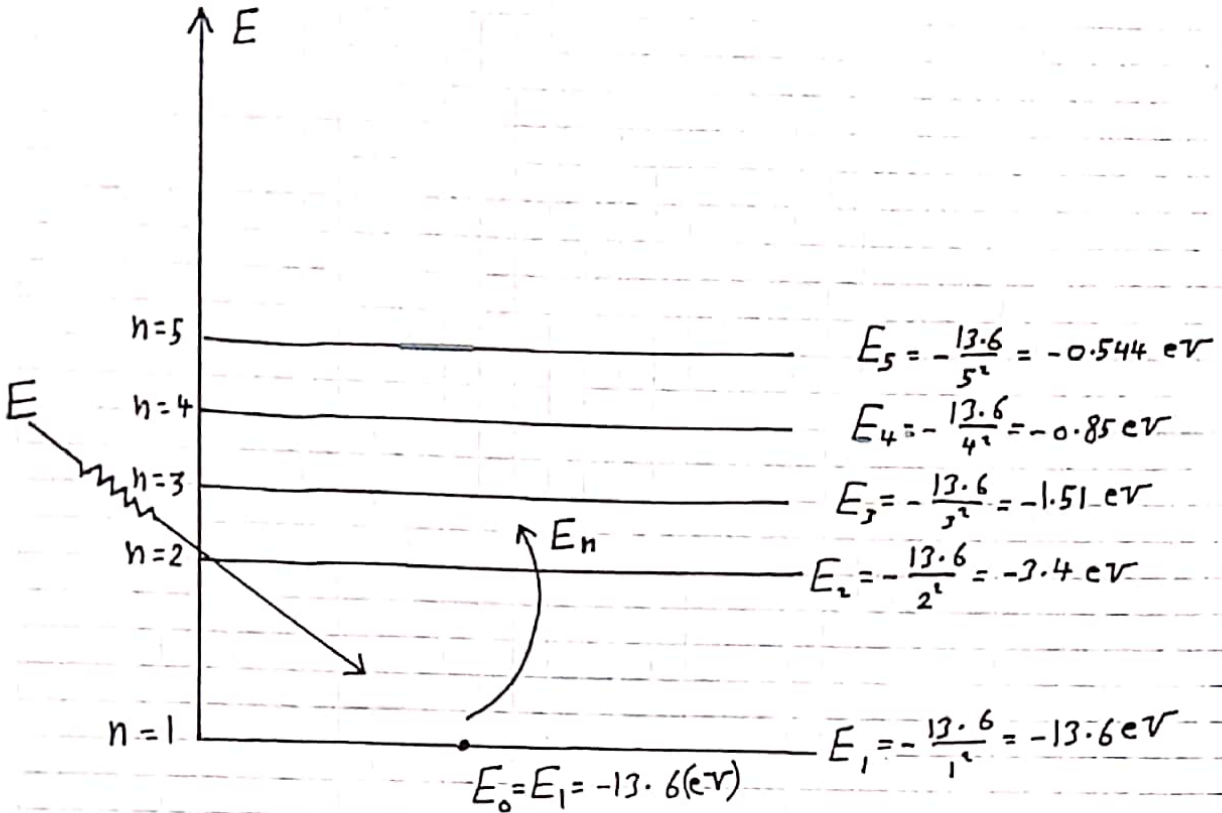
2) $E_n = -\frac{13.6}{n^2} = -\frac{13.6}{(1)^2} = -13.6\ (eV)$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

$$E_1 = -13.6 \times 1.6 \times 10^{-19} = -21.76 \times 10^{-19}\ J$$

(3



4) الطاقة الكلية للإلكترون = طاقته في المستوى المطلوب + الطاقة التي اكتسبها عند امتصاص الفوتون

$$E_n = E_o + E$$

$$E_o = -13.6\ eV$$

$$E = hf = 6.63 \times 10^{-34} \times 2.91 \times 10^{15}$$

$$= 19.2 \times 10^{-19}\ J$$

$$= \frac{19.2 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 12\ eV$$

إذاً:

$$E_n = -13.6 + 12 = -1.6\ eV$$

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} \Rightarrow n^2 = -\frac{13.6}{E_n}$$

$$n^2 = -\frac{13.6}{-1.6} \simeq 9 \Rightarrow n \simeq 3$$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الدرس الثاني: انتزاع الإلكترونات وتسريعها

- طاقة انتزاع الإلكترون من سطح معدن:

- يتحرك الإلكترون الحر داخل المعدن بسرعة وطاقة تتعلقان بدرجة الحرارة، عندما يكون داخل المعدن (بعيداً عن السطح) يخضع إلى قوى جذب كهربائي ناتجة عن الأيونات الموجبة المجاورة حوله بعشوائية وتحاول إعادته، أما عندما يكون على سطح المعدن يخضع لهذه القوى وتحاول جذبه دوماً نحو داخل المعدن لأن الأيونات الموجبة تتوزع بالنسبة له من الجهة الداخلية من المعدن لذلك لنزع الإلكترون من سطح معدن يحتاج إلى صرف طاقة تسمى الطاقة الدنيا اللازمة لانتزاع الإلكترون من سطح المعدن وتسمى طاقة الانتزاع

- لنستنتج من الشرح طاقة انتزاع الإلكترون حر من سطح معدن:

لنزع الإلكترون حر من سطح معدن ونقله مسافة صغيرة dl يجب تقديم طاقة أكبر من عمل القوة الكهربائية التي تجذبه نحو داخل المعدن.

$$W_s = F \cdot dl$$
$$= eE \cdot dl$$
$$E_s = W_s = e U_s$$

E_s: طاقة الانتزاع، W_s: عمل الانتزاع، U_s: فرق كمون الانتزاع بين سطح المعدن والسطح الخارجي

E: الحقل الكهربائي المتولد عن الأيونات الموجبة عند سطح المعدن.

المناقشة:

بفرض أن (E) الطاقة التي يمتلكها الإلكترون (الطاقة المقدمة له): $E \Longrightarrow$ تقارن مع $E_s = W_s$

1) إذا كانت $E < E_s \Leftarrow$ لا ينتزع الإلكترون ويبقى مرتبطاً.

2) إذا كانت $E = E_s \Leftarrow$ يتحرر الإلكترون بسرعة ابتدائية معدومة

3) إذا كانت $E > E_s \Leftarrow$ يتحرر الإلكترون وله سرعة ابتدائية تحسب

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

من العلاقة :

$$E_K = E - E_s$$

$$\frac{1}{2} m_e v^2 = E - E_s$$

$$v^2 = \frac{2(E - E_s)}{m_e}$$

$$v = \sqrt{\frac{2(E - E_s)}{m_e}}$$

- طرق انتزاع الإلكترون من سطح معدن :

1- الفعل الكهروضوئي : تُقدم الطاقة اللازمة لانتزاع الإلكترون من سطح المعدن على شكل طاقة ضوئية تواترها كافٍ وتعطى بالعلاقة :

$$E = hf$$

2- الفعل الكهرحراري : تُقدم الطاقة اللازمة لانتزاع الإلكترون من سطح المعدن على شكل طاقة حرارية حيث يسخن المعدن ويكتسب بعضاً من الإلكترونات الطاقية قدراً كافياً من الطاقة تزيد من سرعتها وحركتها وتنبعث خارج المعدن

3- فعول الحث : يقذف سطح المعدن بحزمة من الجسيمات ذات الطاقة الكافية لانتزاع الإلكترونات .

مثال محلول :

يقذف سطح معدن لـ طاقة انتزاع $W_s = 2\,eV$ بحزمة من الإلكترونات فيؤدي ذلك الى اصدار إلكترونات من سطح المعدن بسرعة ابتدائية مقدارها $v = 5.9 \times 10^5\ m/s$ بفرض ان الإلكترون الطاقي قد امتص كامل طاقة الإلكترون الساقط . احسب طاقة كل من الإلكترون الحزمة الساقطة وسرعته إذا علمت أن : $m_e = 9 \times 10^{-31}\ kg$. $e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$

الحل : الطاقة الحركية للإلكترون الساقط = الطاقة الحركية الابتدائية للإلكترون المنتزع + طاقة الانتزاع

(ساقط) E_K ← W_s (انتزاع) ← E'_K (طاقة حركية ابتدائية للإلكترون)

$$E_K = E'_K + W_s$$

$$= \frac{1}{2} m v^2 + W_s$$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

$$E_K = \frac{1}{2} \times 9 \times 10^{-31} (5.9 \times 10^{+5})^2 + 2 \times 1.6 \times 10^{-19}$$

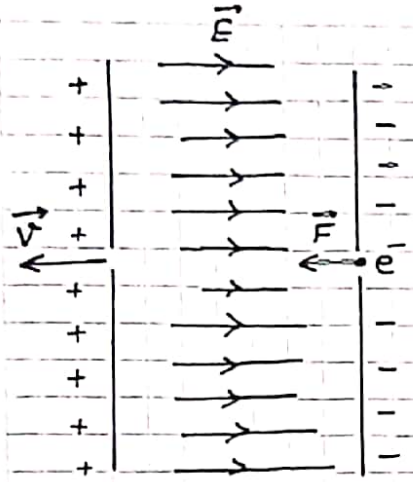
$$= 4.8 \times 10^{-19} \ J$$

وهي طاقة حركية الإلكترون الساقط فتكون سرعته V:

$$E_K = \frac{1}{2} m V^2$$

$$V = \sqrt{\frac{2E_K}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 4.8 \times 10^{-19}}{9 \times 10^{-31}}}$$

$$= 1.04 \times 10^6 \ m \cdot s^{-1}$$



- تسريع إلكترونات في حقل كهربائي منتظم:

الكترونا سحنته e، كتلته m_e، ساكنا في نقطة من منطقة يسودها حقل كهربائي منتظم بين لبوسين مكثفة مستوية مشحونة لبوساها متقابلتان لنستنتج سرعة خروج الإلكترون من نافذة مقابلة في اللبوس الموجب:

- جملة الدراسة: جسيم

- الجملة المدروسة: الإلكترون داخل منطقة الحقل الكهربائي بإهمال ثقله

- القوى الخارجية المؤثرة:

$\vec{F}$: القوة الكهربائية لها حامل $\vec{E}$ وتكون موجهة وشدتها ثابتة $F = eE$

- قانون نيوتن الثاني: $F = ma$

بالمساواة نجد: $ma = eE \Rightarrow a = \frac{eE}{m}$

لكن $E = \frac{U}{d}$ إذا: $a = \frac{eU}{m \cdot d} = Const$

بما أن الحركة بدأت من السكون والتسارع ثابت فالحركة مستقيمة متسارعة بانتظام

$$V^2 - V_0^2 = 2ax \Rightarrow V^2 - 0 = 2 \frac{eU}{md} \cdot d$$

$$V^2 = \frac{2eU}{m} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$$

طريقة ثانية لإيجاد سرعة الإلكترون بتطبيق نظرية الطاقة الحركية بين وضعين

الأول: اللبوس السالب

الثاني: اللبوس الموجب

$$\Delta E_K = \sum W_F$$

$$E_{K_2} - E_{K_1} = W_F$$

$$\frac{1}{2} m V^2 - 0 = eU$$

$$V^2 = \frac{2eU}{m}$$

$$V = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$$

نتائج:

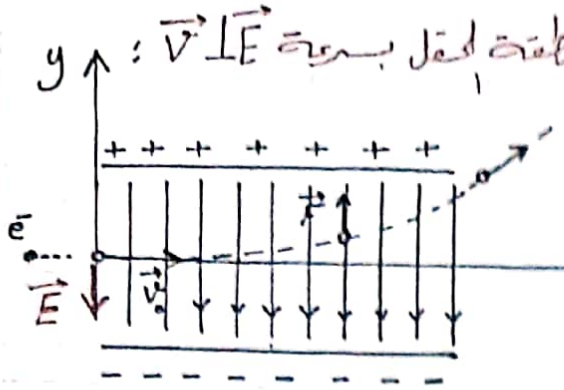
① تزداد السرعة بزيادة فرق الكمون المطبق

② علامة السرعة موجبة من أجل السرعات المعتبرة بالنسبة لسرعة انتشار الضوء في الخلاء.

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

- تأثير حقل كهربائي منتظم على إلكترون يدخل منطقة الحقل بسرعة $\vec{v} \perp \vec{E}$:



الإلكترون يتحرك بسرعة $\vec{v}$ ليدخل بين اللبوسين المتقابلين لمكثفة مستوية حيث $\vec{v} \perp \vec{E}$ لتدرس حركة هذا الإلكترون ثم نستنتج معادلة مسار ؟

- مجال الدراسة : فضاء بين اللبوسين
- المجال المدروس : الإلكترون
- القوى الخارجية المؤثرة :

$\vec{F}$: القوة الكهربائية لها حامل $\vec{E}$ ومنحى معاكس لمنحاه

$F = eE$ وشدتها

- بتطبيق العلاقة الأساسية التحريك الإسقاط

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

باختيار مناسب

مبدأ القواطل : نقطة دخول الإلكترون منطقة الحقل $(x_0 = 0 \; ; \; y_0 = 0)$

مبدأ الأزمنة : لحظة دخول الإلكترون منطقة الحقل

- الإسقاط على $\overrightarrow{ox}$:

$$\overrightarrow{ox} \begin{cases} v_{0x} = v_0 = v \\ F_x = 0 \Rightarrow a = 0 \Rightarrow v_x = (const) \end{cases}$$

الحركة مستقيمة منتظمة

$$x = v_x t + x_0 \Rightarrow x = vt \quad \text{---- (1)}$$

- الإسقاط على $\overrightarrow{oy}$:

$$\overrightarrow{oy} \begin{cases} v_{0y} = 0 \\ F_y = F \Rightarrow \end{cases}$$

$$a_y = \frac{eE}{m} = \frac{eu}{m.d} = const$$

الحركة مستقيمة متسارعة بانتظام

$$y = \frac{1}{2} a_y t^2 + v_{0y} t + y_0$$

$$y = \frac{1}{2} \frac{eu}{md} t^2 + 0 + 0 \Rightarrow y = \frac{eu}{2md} t^2 \quad \text{---- (2)}$$

لاستنتاج معادلة حامل المسار :

من (1) نجد : $t = \frac{x}{v}$

نعوض في (2) :

$$y = \frac{eu}{2md} \frac{x^2}{v^2}$$

$$y = \frac{eu}{2mdv^2} x^2$$

وهي معادلة قطع مكافئ إذاً المسار محمول على جزء من قطع مكافئ

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

اختبر نفسي

أولاً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1- هل يمكن أن نحدد بدقة موقع الإلكترون في لحظة ما؟

لا، إنما يمكن تحديد احتمال وجود الإلكترون في لحظة ما في موضع معين.

2- هل تختلف طاقة انتزاع إلكترون من سطح معدن عن طاقة انتزاعه من ذرة؟ ولماذا؟

نعم، يخضع الإلكترون في سطح المعدن لقوى جذب كهربائي محصلتها غير معدومة موجهة نحو داخل المعدن ← أما عندما يكون الإلكترون خارج المعدن يكون خاضعاً لقوى جذب كهربائي محصلتها موجبة من القشرة نابعة من الإلكترونات الموجبة المجاورة له مباشرة

3- هل يكفي الإلكترون الواقع على سطح معدن، امتلاكه لطاقة مساوية لطاقة الانتزاع لهذا المعدن كي يتحرر؟

لا، كي يتحرر الإلكترون يجب أن يمتلك طاقة أكبر من طاقة الانتزاع للمعدن.

ثانياً: اختر الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

1- يمتص الإلكترون طاقة عندما:

c) يقفز من سوية أدنى (دنيا) إلى سوية أعلى (عليا).

2- يتحرر الإلكترون من سطح معدن بشكل مؤكد عندما.

d) تصبح طاقة الكم الوارد مساوي طاقة الانتزاع بشكل متزامن مع كون وجهة حركته نحو الخارج وعدم اصطدامه بأي جسيم أثناء خروجه من السطح.

ثالثاً: حل المسألتين الآتيتين:

- المسألة الأولى: ينطلق الإلكترون بسرعة ابتدائية معدومة من نقطة في اللبوس السالب لمكثفة ليخرج من النافذة المقابلة في اللبوس الموجب كما في الشكل جانباً فإذا علمت أن فرق الكمون بين لبوسي المكثفة هو $10^3\ V$ والمسافة بينهما $(1\ cm)$. والمطلوب احسب سرعة وتسارع هذا الإلكترون لحظة خروجه من المكثفة $e=1.6\times10^{-19}\ C$ ، $m=9.1\times10^{-31}\ kg$

الحل: بتطبيق نظرية الطاقة الحركية بين وضعيه

الأول: نافذة اللبوس السالب

الثاني: نافذة اللبوس الموجب

$$\Delta E_K = \Sigma W_{\vec{F}} \Rightarrow E_{K_2} - E_{K_1} = W_{\vec{F}}$$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

$\frac{1}{2}mv^2 - 0 = eU \Rightarrow v^2 = \frac{2eU}{m} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 10^3}{9.1 \times 10^{-31}}}$

$v = \sqrt{3.5 \times 10^7}\ m.s^{-1}$

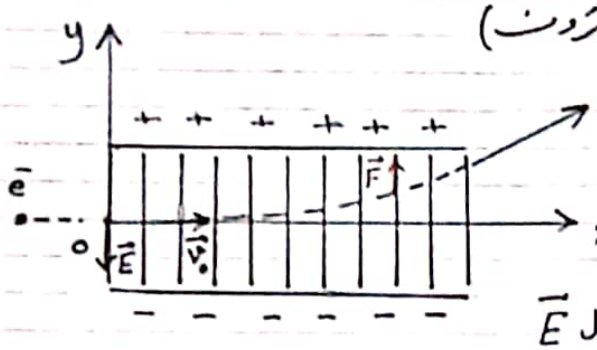
حساب التسارع a:

$v^2 - v_0^2 = 2ad$

$3.5 \times 10^{19} - 0 = 2a \times 1 \times 10^{-2} \Rightarrow a = 1.75 \times 10^{16}\ m.s^{-2}$

المسألة الثانية: يدخل الإلكترون بسرعة ابتدائية $v_0 = 3 \times 10^6\ m.s^{-1}$ الى منطقة يسودها حقل كهربائي منتظم بشكل متقاعد فيه سرعة دخول الإلكترون مع خطوط الحقل كما في الشكل 2 فإذا علمت ان شدة الحقل هي $200\ V.m^{-1}$، وطول كل من لبوسي المكثفة المستوية المولدة لهذا الحقل هو $0.1\ m$.

المطلوب 1- احسب تسارع الإلكترون أثناء تواجده ضمن المنطقة التي يسودها الحقل الكهربائي. 2- احسب الزمن الذي يستغرقه الإلكترون للخروج من المنطقة التي يسودها الحقل الكهربائي. (يهمل ثقل الإلكترون)



الحل:

1) يخضع الإلكترون لتأثير قوة كهربائية $\vec{F}$ ناتجة عن الحقل $\vec{E}$ ويكون بجهته وشدتها $F = eE$.

$\sum \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F}_{\text{كهربائية}} = m\vec{a}$

بالإسقاط على $\overrightarrow{ox}$:

$F_x = 0 \Rightarrow a_x = 0 \Rightarrow$ الحركة مستقيمة منتظمة

$x = vt$ ——(1

بالإسقاط على $\overrightarrow{oy}$:

$F_y = ma_y$

$F_y = eE \Rightarrow ma_y = eE$

$a = \frac{eE}{m} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 200}{9.1 \times 10^{-31}} = 3.5 \times 10^{13}\ m.s^{-1}$

$t = \frac{x}{v_0} = \frac{0.1}{3 \times 10^6} = 3.33 \times 10^{-8}\ sec$ (2

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

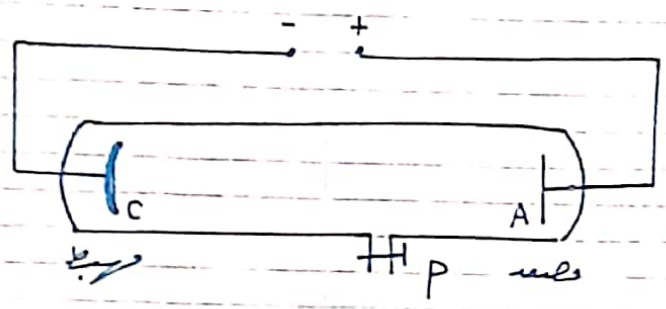
الدرس الثالث: الأشعة المرئية

- مقدمة: تحدث الصواعق وتشاهد البرق وتسمع الرعد بسبب شرارات تفريغ تحدث بين السحب المشحونة فيما بينها أو شرارات تفريغ تحدث بين السحب المشحونة والأرض

الانفراغ الكهربائي: هو شرارة كهربائية تحدث عبر العازل (هواء، غازات) الفاصل بين جسمين مشحونين بفرق كمون كاف.

- انبوب الانفراغ الكهربائي

يتألف من أنبوب زجاجي متين ومغلق تماماً بطول 50 cm وقطر 4 cm، مملوء بالغاز المطلوب دراسته، يحوي داخله قطبين كهربائيين أحدهما المربط والآخر المصعد، مزود بمضخة هواء (P) تمكن التحكم بضغط الغاز بواسطتها، يتم توصيل القطبين الى دارة تيار متواصل (Ac) عالي التوتر من رتبة 50 000 V.



- إن قطر الانفراغ الكهربائي يتغير بتغير ضغط الغاز داخل الأنبوب

- من أجل ضغط 110 m.m.Hg لا يحدث انفراغ في الأنبوب
- " " 100 m.m.Hg نسمع طقطقات تدل على حدوث تفريغ كهربائي
- " " 10 m.m.Hg تختفي الطقطقات، ونلاحظ عموداً ضوئياً متقطعاً يمتد من C ← A
- " " 0.01 m.m.Hg يختفي الضوء كلياً، ويحل محله ظلام حالك وتتألق جدران الأنبوب بلون أخضر وهذا ناتج عن أشعة غير مرئية صادرة عن المربط لذلك سميت بالأشعة المربطية.

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

شروط توليد الأشعة المرجعية:

1- فراغ كبير في الأنبوب يتراوح الضغط فيه ما بين (0.001 - 0.01) m.m.Hg

2- تطبيق توتر كبير نسبياً بين قطبي الأنبوب حيث يولد حقلاً كهربائياً شديداً بجوار المرجع.

آلية توليد الأشعة وطبيعتها:

يحوي أنبوب الأشعة المرجعية على ذرات غازية وأيونات موجبة تتجه الأيونات الموجبة نحو المرجع فتؤدي ما تلاقيه من ذرات غازية لتقدم بسطح المرجع وتنتزع عدداً من الكترونات الحرة، فتتفاعل هذه الإلكترونات المنتزعة مع الشحنة السالبة للمرجع مبتعدة عنه لتصدم من جديد ذرات غازية فتؤينها وتشكل أيونات موجبة جديدة تتجه نحو المرجع لتنتزع الكترونات جديدة وهكذا.

تتكون الأشعة المرجعية من - الإلكترونات منتزعة من مادة المرجع

- الإلكترونات تأينها ذرات الغاز بجوار المرجع

يسرع الحقل الكهربائي الشديد الناتج عن التوتر المطبق بين قطبي الأنبوب.

خواص الأشعة المرجعية:

1- تنتشر وفق خطوط مستقيمة ناظمية على سطح المرجع، لذا يختلف شكلها حسب شكل المرجع

حزمة متوازية إذا كان المرجع مستوياً ← متوازية ← مستوياً

" متقاربة " " مقعراً ← متقاربة ← مقعراً

" متباعدة " " محدباً ← متباعدة ← محدباً

2- تسبب تألق بعض الأجسام: ترجع ذرات الماء التي تسقط عليها فتتلون بألوان مختلفة تختلف بتألق الزجاج بلون الحقد، ويستفاد من هذه الخاصية بالكشف عن الأشعة المرجعية. (كريتات الزنك تتألق بالأشعة الرقمية)

3- ضعيفة النفوذ: لا تنفذ من خلال صفيحة من المعدن وتحتجز خلف الزجاج المتألق خلفها.

4- تحمل طاقة حركية: سرعة الأشعة المرجعية تقترب من سرعة انتشار الضوء في الخلاء أي تتراوح سرعتها بين $2 \times 10^7 m/s$ و $6 \times 10^7 m/s$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

لذلك يمكنها ان تتدير دورا خفيفا ، وتتحول هذه الطاقة الى طاقة كيميائية ، حرارية ، اشعاعية

5 - تتأثر بالحقل الكهربائي : تنحرف نحو اللبوس الموجب للكثفة فتتعرف مما يدل على انها مشحونة بشحنة سالبة

6 - تتأثر بالحقل المغناطيسي : تتحرف بتأثير قوة لورنتز المغناطيسية عموديا على خطوط الحقل المغناطيسي الذي يؤثر عليها

7 - تنتج اشعة سينية : إذا صدمت صفيحة معدنية من معدن ثقيل .

8 - تؤين الغازات : عندما تتشتت الاشعة المرسلة في غاز ما فإنها تقوم بتأيينه ، اي تنزع إلكترونا من الذرة الغازية وتتحول الى أيون مما يؤدي الى توهج الغاز .

9 - تؤثر في المواد (افلام) التصوير الضوئي الحساسة للضوء

اختبر نفسي

أولا : علل ما يأتي

1 - الاشعة المرسلة تتأثر بالحقلين الكهربائي والمغناطيسي .

لانها تملك شحنة كهربائية

2 - إذا اسقطت الاشعة المرسلة على دولاب خفيف تستطيع تدويره .

لانها تملك طاقة حركية

ثانيا : حل المسائل الآتية

المسألة الاولى : احسب السرعة التي يغادر بها الإلكترون المرسل المعدن إذا كانت طاقته الحركية تساوي $E_K = 18 \times 10^{-19} J$ لحظة خروجه من المرسل علما أن :

$e = 1.6 \times 10^{-19} C$ ، $m = 9 \times 10^{-31} kg$

الحل :

$$E_K = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 E_K}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 18 \times 10^{-19}}{9 \times 10^{-31}}}$$

$$v = 2 \times 10^{+6} \ m \cdot s^{-1}$$

المسألة الثانية : إذا كانت شدة التيار داخل انبوب الإفراغ $4.8 \times 10^{-12} A$ ، أوجد عدد الايونات (أنواع الايونات المتشكلة) خلال وحدة الزمن من جراء الحقل الخارجي علما ان شحنة البروتون $e = 1.6 \times 10^{-19} C$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الحل:

$q = It$ ؟ $\Rightarrow It = eN$
$q = eN$

$N = \frac{It}{e} = \frac{4.8 \times 10^{-12} \times 1}{1.6 \times 10^{-19}} = 3 \times 10^{7}$ الكترون

المسألة الثالثة:

إذا علمت ان طاقة تأيين جزيئات الهواء هي 10 eV أوجد المسار الحر المتوسط (L) للإلكترون في الهواء علماً ان $e = 1.6 \times 10^{-19} C$ وان الانفراغ الكهربي يظهر عندما تصل شدة الحقل الكهربائي $E = 3 \times 10^{6} V/m$

الحل:

(طاقة التأين) $E_s = 10 eV$
(طاقة تأيين جزيئات الهواء) $= 10 \times 1.6 \times 10^{-19}$
$= 16 \times 10^{-19} J$

$E = 3 \times 10^{6} V/m$

$E_s = eU \Rightarrow U = \frac{E_s}{e} = \frac{16 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 10 V$

$E = \frac{U}{d} \Rightarrow d = \frac{U}{E} = \frac{10}{3 \times 10^{6}} = \frac{1}{3} \times 10^{-5} m$

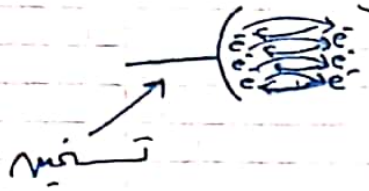
Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الدرس الرابع الفصل الكهروضوئي

مقدمة: عند تسخين سلك معدني الى درجة حرارة مناسبة فان الالكترونات الحرة للسطح المعدني تكتسب طاقة كافية لتتطاير من ذرات السطح المعدني فيصبح السلك موجبا بالنسبة للإلكترونات المنبعثة ليعود ويجذب الالكترونات المنبعثة ويتساوى بذلك الحظة عدد الالكترونات المنبعثة مع عدد الالكترونات العائدة فتتشكل سحابة الكترونية أمام السلك لا تبتعد عنه تؤدي الى تأين ذرات الهواء المحيطة بالسلك

نسمي هذه الظاهرة بظاهرة الفصل الكهروضوئي



يزداد عدد الالكترونات المنبعثة من سطح المعدن كلما:

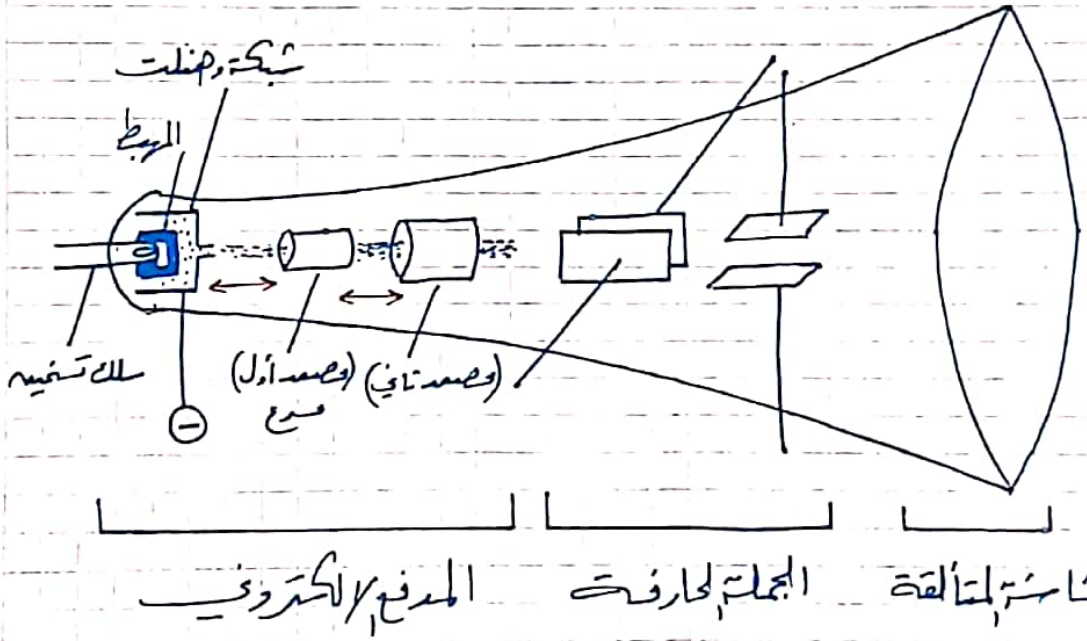
1- قل الضغط المحيط بالسلك.

2- ارتفعت درجة حرارة المعدن.

تعريف الفصل الكهروضوئي: هو انتزاع الالكترونات حرة من سطح معدن بتسخينه الى درجة حرارة مناسبة.

ويتم الانجاز الكهروضوئي: يتألف من ثلاث اجزاء رئيسية

المدفع الالكتروني - المجلة الحارفة - الشاشة المتألقة



Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

I - المدفع الإلكتروني : يتألف من

1- المهبط : هيئة معدنية يطبعه عليها توتر سالب ، يصدر الإلكترونات بالفعل الكهرحراري من خلال تسخينه بطريقة غير مباشرة بوشيعة يسلك من المتمنطيسية حيث يمر فيه تيار متواصل

2 - شبكة ويهنلت : وهي أسطوانة تحيط بالمهبط توشيل بتوتر سالب قابل للتغيير ولها دور مزدوج لضبط الحزمة الإلكترونية

1- تجميع الإلكترونات الصادرة عن المهبط في نقطة تقع على محور الأنبوب

2- التحكم بعدد الإلكترونات المنافذة من ثقب المصعد الأمامي من خلال تغيير التوتر السالب المطبق عليها مما يغير من شدة إضاءة الشاشة

3 - مصعداته : وظيفتها تسريع الإلكترونات على مرحلتين :

الأولى : بين الشبكة والمصعد الأول بتطبيق توتر عالٍ موجب قابل للتغيير .

الثانية : " المصعدين بتطبيق توتر عالٍ موجب ثابت .

II- البجلة الحارفة : تتألف من

1- مكثفة ، لوحاها أفقيان ، تملأها الكهرباني شاقولي تحرف الحزمة الإلكترونية شاقولياً .

2 - مكثفة ، لوحاها شاقوليان ، تملأها الكهرباني أفقي تحرف الحزمة الإلكترونية أفقياً .

ويمكن استعمال المكثفتين بزوجين من لوحاتها أحدهما أفقية والآخر شاقولية

III- الشاشة المتألقة : تتألف من

1- طبقة رسيكة من الزجاج

2 - طبقة رقيقة من الغرافيت

3 - طبقة رقيقة من مادة متألقة "كبريت الزنك"

- تغطى الشاشة من الداخل بورقة المنيوم لا يتبادر تمنعها بعض ميكرونات ، تسمح للإلكترونات السريعة بالمرور فتصطدم بالمادة القابلة للتألق وينعكس التألق على ورقة المنيوم التي تمنعه بدورها من مغادرة الأنبوب

- يطلى الأنبوب الزجاجي من الداخل بطبقة من الغرافيت تعمل دور الواقي للحزمة الإلكترونية من الحقول الخارجية و تعيد الإلكترونات التي سببت التألق إلى المصعد وتغلقه الدارة .

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

استخدامات راسم الاهتزاز :

اختبر نفسي

أولاً : اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي

1) العمل الأكبر حرارة هو انتزاع :

b) إلكترونات الحزمة من سطح المعدن بتسخينه لدرجة حرارة مناسبة

2) يتم التحكم بشدة إضاءة شاشة راسم الاهتزاز بواسطة المتحكم :

d) بالموجة السالب المطبق على الشبكة

3) وظيفة شبكة وهنلت هي :

a) ضبط الحزمة الإلكترونية

4) تُطلى شاشة راسم الاهتزاز الإلكتروني بطبقة من الغرافيت

a) لحماية الشاشة من الحقول الخارجية .

ثانياً : اشرح الدور المزدوج لشبكة وهنلت في جهاز راسم الاهتزاز الإلكتروني.

1- تجميع الإلكترونات الحرة الصادرة من المرسب في نقطة تقع على محور الأنبوب

2- التحكم بعدد الإلكترونات النافذة من ثقب المصعد الأمامي من خلال تغيير الموتر السالب المطبق على الشبكة مما يغير إضاءة الشاشة.

ثالثاً : حل المسألة الآتية :

تبلغ الطاقة الحركية لحزمة الإلكترونات المنبعثة $9.6\times10^{-14}\ J$ وشدة تيارها $10\mu A$ والمطلوب

1- احسب سرعة الإلكترونات في هذه الحزمة

2- احسب كمية الحرارة المنتشرة خلال 30 ثانية عند اصطدامها بصفيحة معدنية وتحول طاقتها الحركية بالكامل الى طاقة حرارية

الحل : 1) $E_K = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow 9.6\times10^{-14} = \frac{1}{2}\times 9\times10^{-31} v^2$

$$v = \sqrt{2.13\times10^{15}} = \sqrt{21.3}\times10^{7}\ m.s^{-1}$$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

(2

$$q = Ne \Rightarrow Ne = It \Rightarrow N = \frac{It}{e} = \frac{10\times10^{-6}\times30}{1.6\times10^{-19}}$$
$$q = It$$

$= 1875 \times 10^{+12}$ إلكترون

الطاقة الحرارية = عدد الإلكترونات × الطاقة الحركية للإلكترون الواحد.

$$Q = N E_K = 1875\times10^{+12}\times 9.6\times10^{-14} = 180 \quad J$$

الدرس الخامس نظرية الكم والفعل الكهروضوئي

تقوم نظرية الكم على الأسس الآتية:

1- فرضية بلانك: الضوء والمادة يمكنهما تبادل الطاقة من خلال كميات منفصلة من الطاقة سميت (كمات الطاقة) وتعطى طاقة كل كم بالعلاقة: $E = hf = h\frac{c}{\lambda}$

2- فرضية اينشتاين: الحزمة الضوئية مكونة من فوتونات (كمات الطاقة) يحمل كل منها طاقة تساوي $E = hf$ ويحصل تبادل للطاقة مع المادة من خلال امتصاص أو إصدار فوتونات

خواص الفوتون:

1- جسيم يوالب موجة كهرطيسية تواترها f

2- شحنته الكهربائية معدومة

3- يتحرك بسرعة انتشار الضوء

4- طاقته تساوي $E = h.f$ (h ثابت بلانك $h = 6.63\times10^{-34}$ J.S)

5- يمتلك كمية حركة $P = mC$

لكن حسب علاقة اينشتاين: $E = mC^2 \Rightarrow m = \frac{E}{C^2}$

نجد:

$$P = mC = \frac{E}{C^2}\cdot C = \frac{E}{C} = \frac{hf}{\lambda f} = \frac{h}{\lambda}$$

وهي علاقة كمية حركة الفوتون بدلالة طول الموجة

الفعل الكهروضوئي

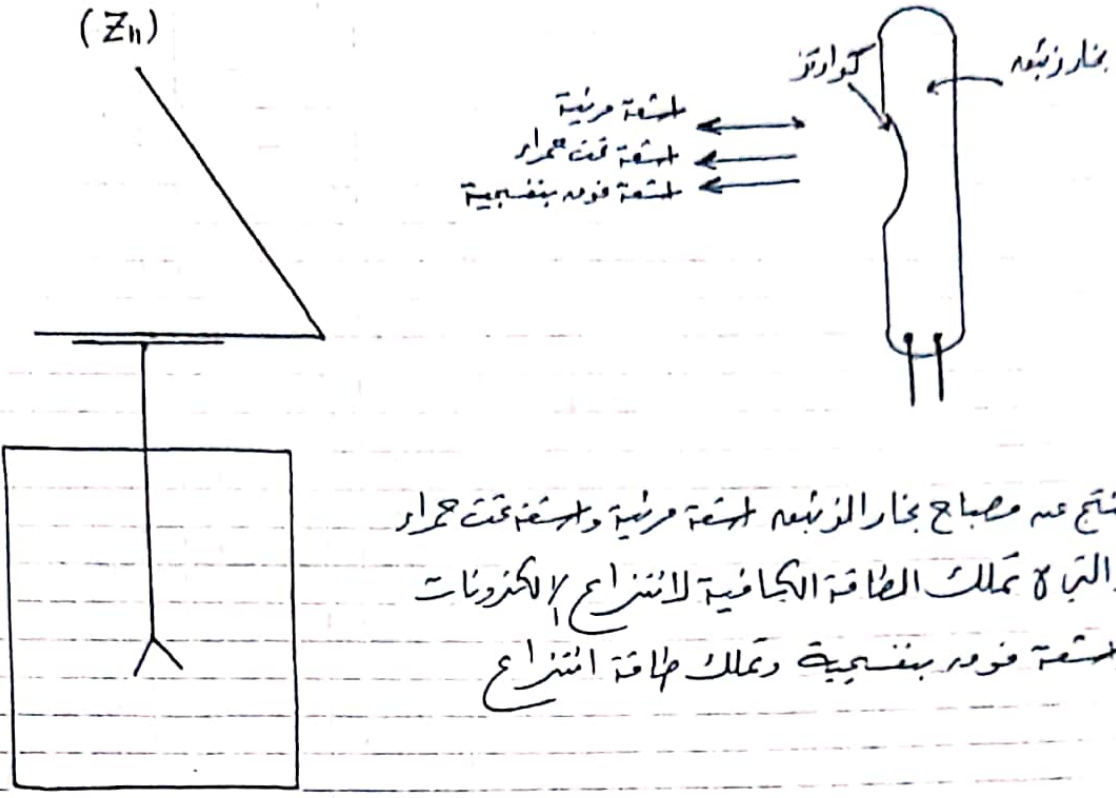
تعريفه: هو انتزاع الإلكترونات الحرة من المادة عند تعرضها لإشعاعات كهرطيسية مناسبة.

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تجربة هرتز :

توضع صفيحة نقية من الفولاذ (الزنك) على قرص الكاشف الكهربائي ، ونسلط عليها ضوء صادر عن قوس كهربائي يحوي بخار زئبق وتجرى التجربة على ثلاث مراحل:



يصدر عن مصباح بخار الزئبق أشعة مرئية وأشعة تحت حمراء والتي لا تملك الطاقة الكافية لانتزاع الإلكترونات وأشعة فوق بنفسجية وتملك طاقة انتزاع

المرحلة الأولى: نشحن الصفيحة بشحنة سالبة فتتفرج ورقتا الكاشف ثم نسلط الضوء فتنطبق الورقتان نعلل ذلك بأن الإلكترونات المنتزعة من الصفيحة تتنافر مع الشحنة السالبة للصفيحة فتتعدل الورقتان تدريجياً حتى تنطبقا.

المرحلة الثانية: نضع لوح زجاجي بين الصفيحة والمصباح (الورقتان متباعدتان بسبب شحنة الصفيحة) نلاحظ عدم انطباق الورقتان قريباً أو بعدنا المصباح نعلل ذلك بأن لوح الزجاج يمنع بمرور الأشعة المرئية وتحت الحمراء والتي لا تملك طاقة انتزاع وأقصى الأشعة فوق البنفسجية المسؤولة عن الانتزاع فلا تتأثر الورقتان ولا تنطبقان.

المرحلة الثالثة: نشحن الصفيحة بشحنة ⊕ فتتفرج الورقتان ونسلط الضوء فلا تنطبقان نعلل ذلك بالإلكترونات المنتزعة من الصفيحة يعاد جذبها من قبل الشحنة الموجبة للصفيحة فلا تتأثر الورقتان ولا تنطبقان.

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

- شرح الفعل الكهروضوئي بالاستناد الى فرضية اينشتاين :

عندما يسقط فوتون على سطح معدن ويصادف الكترون يقدم كامل طاقته

بثلاث احتمالات (E : طاقة الفوتون ، E_s : طاقة انتزاع من سطح المعدن)

1) $E < E_s \Rightarrow hf < hf_s \Rightarrow f < f_s \Rightarrow \lambda > \lambda_s$

لا ينتزع e^- الكترون لكنه يكتسب طاقة حركية ويبقى مرتبطا

2) $E = E_s \Rightarrow hf = hf_s \Rightarrow f = f_s \Rightarrow \lambda = \lambda_s$

ينتزع e^- الكترون بطاقة حركية معدومة ونسمي f_s بتواتر العتبة

الارزمة للانتزاع

3) $E > E_s \Rightarrow hf > hf_s \Rightarrow f > f_s \Rightarrow \lambda < \lambda_s$

ينتزع e^- الكترون بطاقة حركية تحقق العلاقة

$$E_K = E - E_s = hf - E_s$$

حيث ان e^- الكترون يستهلك جزء من طاقة الفوتون تساوي E_s

والجزء المتبقي مع e^- الكترون على شكل طاقة حركية

نتيجة : يحدث انتزاع e^- الكترون من سطح المعدن اذا كان طول موجة الضوء الوارد

اصغر او تساوي طول موجة العتبة الارزمة للانتزاع.

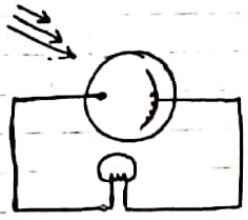
$$E = hf = h\frac{c}{\lambda}$$

$E < W_s$ ، $E = W_s$ ، $E > W_s$ ← E

$f < f_s$ ، $f = f_s$ ، $f > f_s$ ← f

$\lambda > \lambda_s$ ، $\lambda = \lambda_s$ ، $\lambda < \lambda_s$ ← λ

$\lambda < \lambda_s$	$\lambda = \lambda_s$	$\lambda > \lambda_s$
ينتزع e^- الكترون بطاقة حركية تحقق العلاقة $E_K = E - E_s$ والفعل الكهروضوئي محقق	ينتزع e^- الكترون بطاقة حركية معدومة والفعل الكهروضوئي غير محقق	لا ينتزع e^- الكترون والفعل الكهروضوئي غير محقق



Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

معادلة اينشتاين في الفعل الكهروضوئي

الإلكترون يُنتزع من سطح المعدن بطاقة حركية تحقق العلاقة

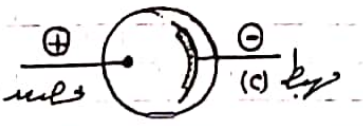
$$E_K = E - E_s$$
$$= hf - hf_s$$
$$= h\frac{c}{\lambda} - h\frac{c}{\lambda_s}$$
$$= hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_s}\right)$$

فسرت معادلة اينشتاين ما عجزت عنه النظرية الموجية الكلاسيكية

النظرية الكلاسيكية	معادلة اينشتاين
1- يحدث الفعل الكهروضوئي في جميع التواترات بحسب شدة الضوء الوارد	- لا يحدث الفعل الكهروضوئي إذا كان تواتر الضوء الوارد أقل من تواتر العتبة f_s الذي تتعلق قيمته بطبيعة المادة
2- تزداد الطاقة الحركية للإلكترون المنتزع بزيادة شدة الضوء الوارد.	- لا تزداد الطاقة الحركية للإلكترون المنتزع بزيادة شدة الضوء الوارد لأن الإلكترون يمتص فوتون واحد فقط من الفوتونات الواردة (وزيادة شدة الضوء تعني زيادة عدد الفوتونات وهذا لا يهم الإلكترون)
3- لا علاقة للطاقة الحركية للإلكترون بتواتر الضوء الوارد.	- تزداد الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المنتزع بزيادة تواتر الضوء الوارد
4- يحتاج الإلكترون لزمن امتصاص الفوتون الوارد حتى ينتزع.	- يحدث انتزاع للإلكترونات من سطح المعدن آنياً

الخلية الكهروضوئية:

تتألف من حجابة زجاجية من الكوارتز مخلاة من الهواء، تحوي قرصين معدنيين موصولين بمقياس غلفاني حساس جداً يتلقى الضوء، وهما المصعد (A) والمهبط (C).

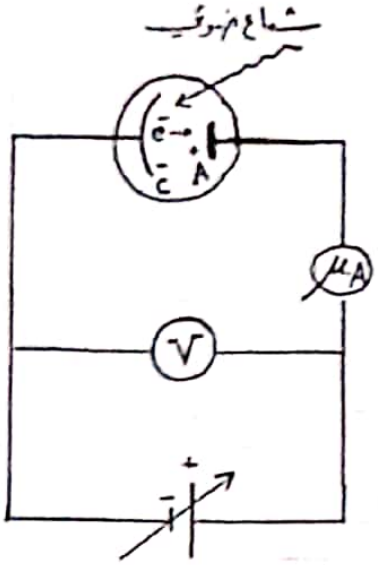


Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

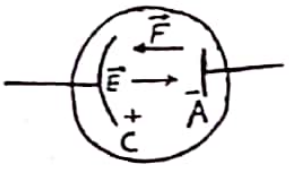
- مقياس ميكرو أمبير (μA) يوصل على التسلسل ، مقياس فولط (V) يوصل على التفرع ، مولد تيار مستمر

عندما تسقط حزمة ضوئية على مهبط الخلية تنتزع بعض الكترونات سطح المهبط بسرعة غير معدومة عندئذ :



1) اذا كان $U_{AC} < -U_0$

لا يمر تيار كهربائي في الخلية لان القوة الكهربائية تعمل على إعادة الكترونات الى المهبط



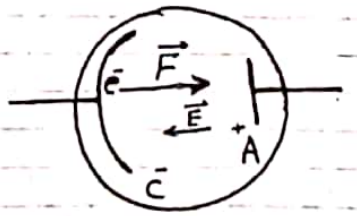
2) اذا كان $U_{AC} = -U_0$ ($-U_0$: كمون الايقاف)

لا يمر تيار كهربائي في الخلية لان الكترونات تصل المصعد بسرعة ابتدائية معدومة وبنقصان قيمة الكمون U_{AC} بالقيمة المطلقة تبدأ الكترونات بالوصول الى المصعد فيمر تيار كهربائي تزداد شدته بنقصان قيمة الكمون بالقيمة المطلقة

3) اذا كان $U_{AC} = 0$

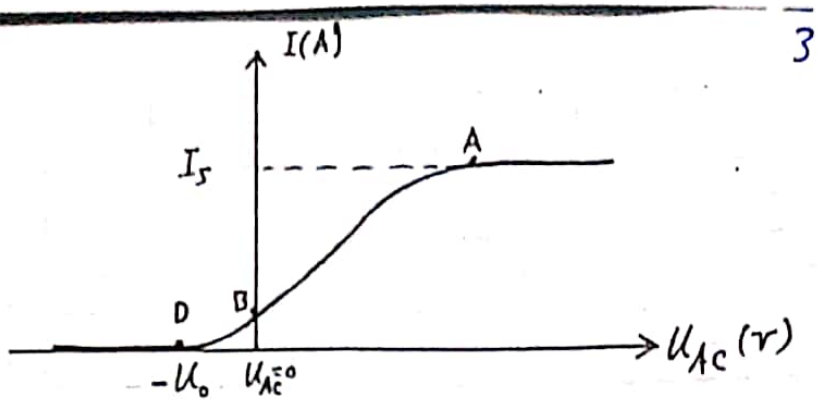
يمر تيار كهربائي في الخلية لان بعض الكترونات المنتزعة من المهبط تحمل (تملك) طاقة حركية تمكنها من الوصول الى المصعد

4) $U_{AC} > 0$ (كمون المصعد أعلى من كمون المهبط) تعمل القوة الكهربائية على تسريع الكترونات المتجهة الى المصعد ويزداد عدد الكترونات التي تصل الى المصعد، وتزداد شدة التيار تبعا لذلك حتى يصل لقيمة عظمى I_S تسمى تيار الاشباع ، وعندها جميع الكترونات المنتزعة من المهبط الى المصعد ونقول ان التيار وصل الى حالة الاشباع



Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



كمون (توتر) الإيقاف : هو أقل توتر كهربائي عكسي يكفي لمنع وصول الإلكترونات الضوئية من المهبط الى المصعد اي لجعل التيار الكهروضوئي معدوماً

الخلاصة:

النقطة (A): يمر تيار يسمى تيار الإشباع (I_s)

القوة الكهربائية تعمل على نقل جميع الإلكترونات المنتزعة من المهبط الى المصعد.

النقطة (B): ($U_{AC}=0$) يمر تيار

بعض الإلكترونات تملك طاقة حركية تمكنها من الوصول الى المصعد.

النقطة (D): ($U_{AC}=-U_0$) لا يمر تيار ($-U_0$: كمون الإيقاف)

لان القوة الكهربائية تمنع وصول اي الكترون منتزع من المهبط الى المصعد.

- تأثير استطاعة الضوئية على تيار الخلية الكهروضوئية:

عند زيادة استطاعة الحزمة الضوئية يزداد عدد الفوتونات الساقطة على المهبط وبالتالي يزداد عدد الإلكترونات المنتزعة من المهبط وتزداد شدة تيار الإشباع وتكتسب استطاعة قوجة كهرطيسية تسقط على سطح بالعلاقة $P = Nhf$

N : عدد الفوتونات التي يتلقاها السطح في واحدة الزمن.

تطبيق: تبلغ شدة التيار في خلية كهروضوئية 16 mA والمطلوب حساب

1 - عدد الإلكترونات الصادرة عن المهبط في كل ثانية

2 - الطاقة الحركية لأسرع الإلكترونات المنتزعة لحظة وصولها المصعد باعتبار انها تركت المهبط دون سرعة ابتدائية وان التوتر بين المصعد والمهبط 180V.

الحل: ① عدد الإلكترونات

$$q = eN \quad ? \quad q = it \Rightarrow eN = it \Rightarrow N = \frac{it}{e} = \frac{16\times10^{-3}\times1}{1.6\times10^{-19}} = 10^{17}$$

②

$$E_K = eU_{AC} = 1.6\times10^{-19}\times180 = 288\times10^{-19}\ J$$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

اختبر نفسي

أولاً : اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي

1- الحزمة الضوئية حزمة من الجسيمات غير المرئية تسمى :

b) فوتونات

2- يزداد عدد الإلكترونات المتحاتة من سطح الخلية الكهروضوئية بازدياد :

b) شدة الضوء الوارد

3- تزداد الطاقة الحركية العظمى للإلكترون لحظة مغادرته سطح الخلية الكهروضوئية بازدياد :

a) تواتر الضوء الوارد

4- يحدث الفعل الكهروضوئي بإشعاع ضوئي وحيد اللون تواتره

d) $f > f_s$

5- يجري انتزاع الإلكترون من سطح معدن ما إذا كانت طاقة الفوتون

c) أكبر من طاقة الانتزاع

ثانياً : يسقط فوتون طاقته E على معدن، فيصادف إلكتروناً طاقة انتزاعه E_s ويقدم له كامل طاقته والمطلوب

1- اشرح ما يحدث للإلكترون إذا كانت : a) طاقة الفوتون أقل من طاقة الانتزاع

b) طاقة الفوتون أكبر من طاقة الانتزاع

2- ما الشرط الذي يجب أن يحقق طول موجة الضوء الوارد لتعمل الخلية الكهروضوئية.

الحل 1) a) تزداد الطاقة الحركية للإلكترون و يبقى مرتبطاً بالمعدن

b) يجري انتزاع الإلكترون من سطح المعدن باستهلاك جزء من طاقة الفوتون يساوي E_s ويبقى الجزء الآخر مع الإلكترون على شكل طاقة حركية تحقق العلاقة $E_K = hf - E_s$

2) شرط عمل الخلية :

$$E > E_s \Rightarrow hf > hf_s \Rightarrow f > f_s \Rightarrow \underline{\lambda < \lambda_s}$$

ثالثاً : حل المسائل الآتية :

المسألة الأولى : يسقط ضوء بتواتر $7.3 \times 10^{14}\ HZ$ على معدن، طاقة الانتزاع لديه $3.2 \times 10^{-19}\ J$ والمطلوب : 1) بين بالحساب، أتنتزع الإلكترونات من سطح المعدن أم لا؟

2) احسب طاقة الحركية في حال انتزاعها

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

1) طاقة الفوتون الوارد

$$E = hf = 6.6\times10^{-34} \times 7.3\times10^{14} = 4.818\times10^{-19}\ J$$

تُنتزع γ_1 إلكترونات من سطح المعدن لأن طاقة الفوتون الوارد أكبر من طاقة انتزاع γ_1 إلكترون.

2) $E_K = E - E_s = 4.818\times10^{-19} - 3.2\times10^{-19} = 1.618\times10^{-19}\ J$

المسألة الثالثة:

إذا كان أكبر طول موجة يلزم لانتزاع γ_1 إلكترون من سطح مربط الجيت كهروضوئية يساوي $66\times10^{-8}\ m$ والمطلوب

1) طاقة انتزاع الإلكترون من مادة المربط

2) كمية حركة الفوتون الوارد عندما يضاء سطح صفيحة المربط بضوء وحيد اللون طول موجته $44\times10^{-8}\ m$

3) الطاقة الحركية للإلكترون لحظة خروجه من مربط الجيت الكهروضوئية.

4) قيمة كمون γ_1 يتلاشى.

الحل: 1)

$$E_s = hf_s = h\frac{c}{\lambda_s} \Rightarrow E_s = h\frac{c}{\lambda_s} = \frac{6.6\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{66\times10^{-8}}$$

$$= 3\times10^{-19}\ J$$

2)

$$P = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.6\times10^{-34}}{44\times10^{-8}} = 1.5\times10^{-27}\ Kg\cdot m\cdot s^{-1}$$

3)

$$E_k = E - E_s = h\frac{c}{\lambda} - E_s$$

$$= 6.6\times10^{-34}\times\frac{3\times10^{8}}{44\times10^{-8}} - 3\times10^{-19}$$

$$= 4.5\times10^{-19} - 3\times10^{-19}$$

$$= 1.5\times10^{-19}\ J$$

4) بتطبيق نظرية الطاقة الحركية بين وضعين: المربط ، الشاغي: الصعد γ_1 و

$$\Delta E_k = \sum \overline{W_F} \Rightarrow E_{k_2} - E_{k_1} = \overline{W_F}$$

$$0 - E_{k_1} = e(-U_0) \Rightarrow E_{k_1} = eU_0$$

$$U_0 = \frac{E_{k_1}}{e} = \frac{1.5\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}} = 0.94\ V$$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

المسألة الثانية: يضيء منبع ضوئي وحيد اللون طول موجته $0.5\mu m$ كريات كهروضوئية، طاقة انتزاع إلكترون نافيط $E_s = 33 \times 10^{-20} J$ والمطلوب

1- احسب تواتر العتبة. 2- احسب طول موجة عتبة الإصدار

3- احسب الطاقة الحركية العظمى للإلكترون الخارج من سطح الخلية الكهروضوئية وسرعته.

الحل: (1)

$$E_s = h f_s \Rightarrow f_s = \frac{E_s}{h} = \frac{33 \times 10^{-20}}{6.6 \times 10^{-34}} = 5 \times 10^{14} \ HZ$$

(2)

$$\lambda_s = \frac{c}{f_s} = \frac{3 \times 10^8}{5 \times 10^{14}} = 0.6 \times 10^{-6} \ m$$

(3)

$$E_K = E - E_s = h\frac{c}{\lambda} - E_s$$

$$= 6.6 \times 10^{-34} \frac{3 \times 10^8}{0.5 \times 10^{-6}} - 33 \times 10^{-20}$$

$$= 39.3 \times 10^{-20} - 33 \times 10^{-20}$$

$$= 6.6 \times 10^{-20} \ J$$

$$E_K = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow 6.6 \times 10^{-20} = \frac{1}{2} \times 9 \times 10^{-31} v^2$$

$$v = \sqrt{14.7 \times 10^5} \ m.s^{-1}$$

المسألة الرابعة:

احسب تواتر العتبة لخلية كهروضوئية تحوي صفيحة من معدن السيزيوم عندما يرد عليها ضوء وحيد اللون طول موجته $5 \times 10^{-7} \ m$ علماً أن طاقة انتزاع لدن السيزيوم تساوي $3 \times 10^{-19} J$ ثم احسب الطاقة الحركية للإلكترون المنتزع وسرعته.

الحل: (1)

$$E_s = h f_s \Rightarrow f_s = \frac{E_s}{h} = \frac{3 \times 10^{-19}}{6.6 \times 10^{-34}} \simeq 4.5 \times 10^{16} \ HZ$$

(2)

$$E_K = E - E_s = h\frac{c}{\lambda} - E_s$$

$$= 6.6 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{5 \times 10^{-7}} - 3 \times 10^{-19} = 0.96 \times 10^{-19} J$$

$$E_K = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_K}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 0.96 \times 10^{-19}}{9 \times 10^{-31}}} = \sqrt{21} \times 10^{+5} \ m.s^{-1}$$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الدرس السادس الفيزياء الطبية

الأشعة السينية X-Ray

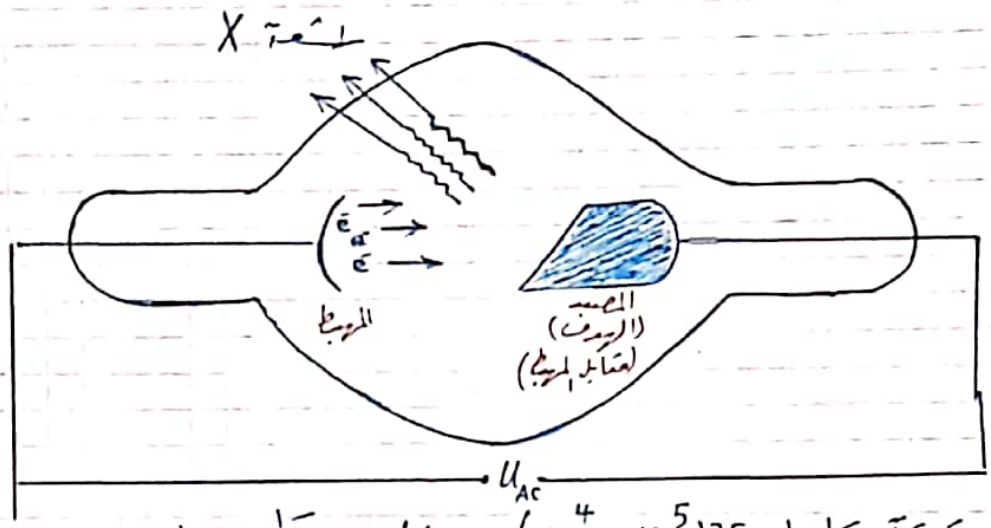
- الكشف عن: تم الكشف عنه قبل العالم وليم رونتجن أثناء دراسته للأشعة المهبطية لكنه لم يعرف طبيعتها فسماها الأشعة السينية.
- آلية توليدها: يتم توليدها باستخدام أنبوب كوليدج (طريقة الربط المباشر)

المؤلف من

1- أنبوب زجاجي مخلى من الهواء تخلية شديدة بضغط 10^{-6} mm.Hg

2- مرجل: سلك من التنغستين يسخن لدرجة حرارة التوهج بواسطة تيار كهربائي

3- مصعد (مقابل المرجل): يصنع من معدن ثقيل (المولبيدن) يميل بزاوية $(45)^\circ$ عن محور الأنبوب



تطبيق توتر متواصل $U_{AC} = (10^4 - 10^5)V$ بين قطبي الأنبوب

آلية التوليد:

عند تسخين السلك لدرجة حرارة مناسبة، تنتشر عدد أقل من الإلكترونات الحرة، يسرعها المجال الكهربائي الشديد المطبق بين المصعد والمرجل، تصطدم الإلكترونات المسرعة بالهدف (المصعد)

- جزء صغير فقط يؤدي الى انتزاع الكترون من الإلكترونات الطبقة الداخلية للمصعد ويبقى مكانه شاغراً، ينتقل احد الإلكترونات الطبقات الأعلى لذرات المصعد ليحل في المكان الشاغر ويترافقه ذلك مع إصدار فوتونات ذات طاقة عالية تمثل الأشعة السينية.

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

- أما الجزء الأكبر من الإلكترونات المسرعة يؤدي إصطدامها بذرات الهدف الى تحول كل طاقتها الحركية الى حرارة $E_K = E_H$

- استنتاج أقصر طول موجة لفوتون الأشعة السينية ؟ 2019

الطاقة العظمى لفوتون الأشعة السينية = الطاقة الحركية للإلكترون المسرع الذي سبب إصداره

$$E = E_K$$

$$h f_{max} = e U_{AC}$$

$$h \frac{c}{\lambda_{min}} = e U_{AC}$$

$$\lambda_{min} = \frac{h c}{e U_{AC}}$$

وهو أصغر طول موجة لفوتون الأشعة السينية ويتعلق فقط بالتوتر المطبق بين المصعد والمهبط.

- طبيعة الأشعة السينية: هي أمواج كهرطيسية موجاتها قصيرة جداً ذات طاقة عالية وسرعة انتشارها هي (C)

$$E = h f = h \frac{c}{\lambda}$$

خواص الأشعة السينية:

1- ذات طبيعة موجية، فهي أمواج كهرطيسية، أطوال موجاتها قصيرة جداً تتراوح بين (0.001 - 17.6) nm لذلك تكون طاقتها عالية وهي أقصر من أطوال الأمواج الضوئية

2- ذات قدرة عالية على النفاذ بسبب قصر طول موجتها.

3- لا يمكن أن تصدر الأشعة X إلا من ذرات العناصر الثقيلة نسبياً بعد تهييجها بطريقة مناسبة، أو من الإلكترونات المسرعة بعد تباطؤها في وسط مادي

4- تشبه الضوء المرئي من حيث الانتشار المستقيم والانعكاس والتداخل والانكسار وسرعة انتشارها تساوي سرعة انتشار الضوء في الخلاء.

5- لا تملك شحنة كهربائية، فلا تتأثر بالحقلين الكهربائي والمغناطيسي

6- تسبب تألق المواد التي تسقط عليها، بسبب قدرتها على إثارة ذرات هذه المواد، وتؤثر في أفلام التصوير

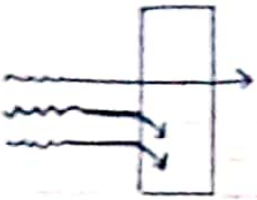
Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

7. تؤثر في الأنسجة الحية، تقتل الخلايا إذا استمر تعرضها للأشعة السينية لذا تستعمل الجسة التي يدخل في تركيبها الرصاص للوقاية من الجرعة التي تسبب
8. تؤدي الطفرات التي تمر خلال الطفل إلى طفرات كبيرة.

- قابلية امتصاصها ونفاذ الأشعة السينية:

تتوقف قابلية امتصاصها ونفاذها على



1- ثخانة المادة: بزيادة ثخانة المادة تزداد نسبة امتصاصها وتقل نسبة النفوذ.

2- كثافة المادة: بزيادة كثافة المادة تزداد نسبة امتصاصها وتقل نسبة النفوذ.
كالرصاص والذهب والعظام

3- طاقة الأشعة: تتعلق نفوذية أشعة X بطاقتها المرتبطة بفرق كمون المطبعة على أنبوب توليدها

وتقسم الأشعة من حيث الطاقة الى نوعين

1) أشعة لينة: أطوال موجاتها $1\ nm < \lambda < 13.6\ nm$
طاقتها منخفضة نسبياً وامتصاصها كبير ونفوذها قليل.

2) أشعة قاسية: أطوال موجاتها $0.01\ nm < \lambda < 1\ nm$
طاقتها عالية وامتصاصها قليل ونفوذها كبير

- استخدام الأشعة السينية: تستخدم في مجالات مختلفة منها
1- الطبي: التشخيص الطبي للكشف عن الكسور وتشوهات العظام، تعقيم المعدات الطبية
2- الصناعي: كشف عيوب المواد المصنعة (شوائب - فجوات ---)
3- العلمي: دراسة البنية البلورية للمواد
4- الزراعي: مكافحة بعض الحشرات
5- الأمني: الكشف عن الأسلحة والمخدرات والمواد المتفجرة في حقائب المسافرين.

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

اختبر نفسي

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1) في انبوب أشعة السينية يمكن تسريع الإلكترونات بين المرمط والمصعد،
c) بزيادة التوتر المطبق بين المصعد والمرمط

2) يزداد امتصاص المادة للأشعة السينية:
b) بزيادة كثافة المادة (أي بزيادة ثخانة المادة)

3) أشعة السينية أمواج كهرطيسية:
b) أطوال موجاتها قصيرة وطاقتها كبيرة

4) تصدر أشعة السينية عن ذرات:
d) العناصر الثقيلة

ثانياً: فسر: أشعة السينية ذات قدرة عالية على النفوذ
بسبب قصر طول موجاتها ($E = hf = h\frac{c}{\lambda}$)

ثالثاً: اكتب ثلاثة من خواص أشعة السينية:

رابعاً: حل المسألة الآتية:

يعمل انبوب أشعة السينية بتوتر $8\times10^4\ V$ حيث يصدر عن مرمط الكترون سرعته معدومة عملياً والمطلوب: 1- احسب الطاقة الحركية للإلكترون عند اصطدامه بمقابل المرمط (الهدف) 2) احسب سرعة الإلكترون لحظة اصطدامه بالهدف، 3) احسب أقصر طول موجة لأشعة السينية الصادرة

الحل: 1) بتطبيق نظرية الطاقة الحركية بين وضعيه: الأول المصعد، الثاني المرمط

$$\Delta E_K = \sum W_F \Rightarrow E_{K_2} - E_{K_1} = W_F \Rightarrow E_{K_2} - 0 = eU$$

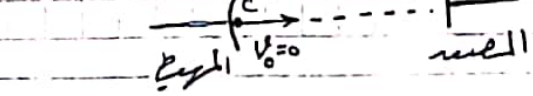
$$E_{K_2} = 1.6\times10^{-19}\times 8\times10^4 = 128\times10^{-16}\ J$$

$$E_{K_2} = \tfrac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 128\times10^{-16} = \tfrac{1}{2}\times9\times10^{-19}v^2 \Rightarrow v = \sqrt{284\times10^7}\ m.s^{-1}$$ (2

3) الطاقة العظمى لفوتون أشعة السينية = الطاقة الحركية للإلكترون المسرع

$$E = E_K \Rightarrow hf_{max} = eU \Rightarrow h\frac{c}{\lambda_{min}} = eU \Rightarrow \lambda_{min} = \frac{hc}{eU}$$

$$\lambda_{min} = \frac{6.6\times10^{-34}\times3\times10^8}{1.6\times10^{-19}\times8\times10^4} = 0.1547\times10^{-10}\ m$$



Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الدرس السابع: أشعة الليزر

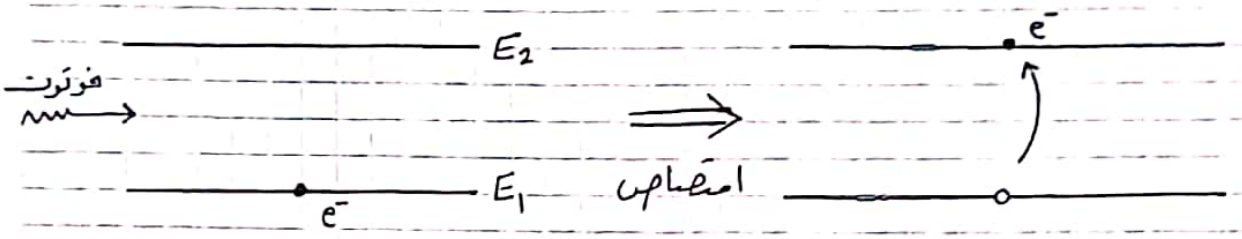
تعريف الليزر: اشعاع كهرطيسي يرسل كميات متساوية من الضوء من حيث التواتر والطور تندمج مع بعضها البعض لتشع على هيئة حزمة ضوئية تتسم بالطاقة العالية وذات تماسك شديد

آلية عمل الليزر: لندرس ارتباط حالات المادة

E_2 ——
E_1 ——

ذرة تحوي سويتي طاقة فقط

1) امتصاص الضوء: تنتقل الذرة من مستوى طاقة ادنى (E_1) الى مستوى طاقة مثار (E_2) وذلك بامتصاص فوتون طاقته تساوي فرق الطاقة بين السويتين: $\Delta E = E_2 - E_1 = hf$



ذرة مثارة — ذرة غير مثارة (في الحالة الأساسية)

2) الإصدار التلقائي:

اذا كانت الذرة مثارة فإنها تميل دائماً الى الحالة الأستقرار، فتعود تلقائياً بعد مدة زمنية قصيرة الى المستوى الادنى، فتصدر فوتوناً طاقته تساوي فرق الطاقة بين السويتين $\Delta E = E_2 - E_1 = hf$، ويكون اتجاه الإصدار التلقائي عشوائياً والفوتونات الصادرة غير مترابطة وفرق الطور بين الامواج الكهرطيسية الناتجة غير ثابت

3) الإصدار المحثوث:

يحدث عند تعرض الذرة المثارة لحزمة ضوئية تواترها (f) يحقق العلاقة $\Delta E = E_2 - E_1 = hf$ فإنها تحفز الالكترون لينتقل من السوية المثارة الى السوية الأساسية وتصدر فوتوناً له الخواص التالية: (خواص الفوتون الصادر عن الذرة)

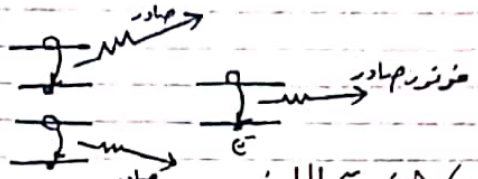
1- طاقته تساوي طاقة الفوتون الوارد اي لهما التواتر ذاته
2- جهة حركته تتطابق مع جهة حركة الفوتون الوارد.
3- طوره يطابق طور الفوتون الوارد

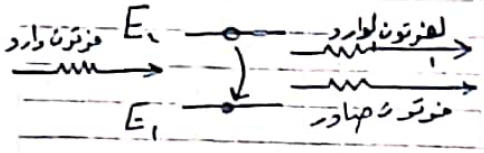
Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

- الفرق بين الإصدار المحثوث والإصدار التلقائي 2018 تكميلي

الإصدار التلقائي	الإصدار المحثوث
- يحدث بوجود حزمة ضوئية واردة أو بعدم وجودها.	- يحدث بوجود حزمة ضوئية يحقق توافرها ΔE حيث $\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu$ فرق الطاقة بين السوية المثارة والسوية
- يحدث في جميع الاتجاهات	- حزمة الفوتون الصادر هي نفس حزمة الفوتون الوارد.
- طور الفوتون الصادر يمكن أن يأخذ أي قيمة	- طور الفوتون الصادر يطابق طور الفوتون الوارد.





خواص حزمة الليزر:

1- وحيدة اللون، أي ذات التواتر نفسه.

2- مترابطة بالطور، فوتونات الإصدار المحثوث لها طور الفوتون الذي أحدثها نفسه.

3- انفراج حزمة الليزر صغير. أي لا يتوسع قطع الحزمة كثيراً عند الابتعاد عن منبع الليزر.

مكونات جهاز الليزر:

1- الوسط الفعال: لنأخذ أبسط حالات المادة:

ذرة تحوي سويتي طاقة أساسية ومثارة فرق الطاقة بينهما $\Delta E = E_2 - E_1$

نفرض أن: N^*: عدد الذرات في السوية المثارة

N: عدد الذرات في السوية الأساسية

حيث أن: إصدار الفوتونات يتناسب طرداً مع N^*

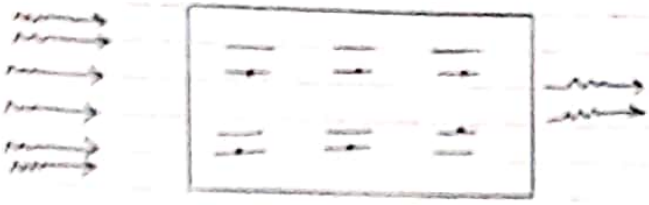
امتصاص الفوتونات يتناسب طرداً مع N

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

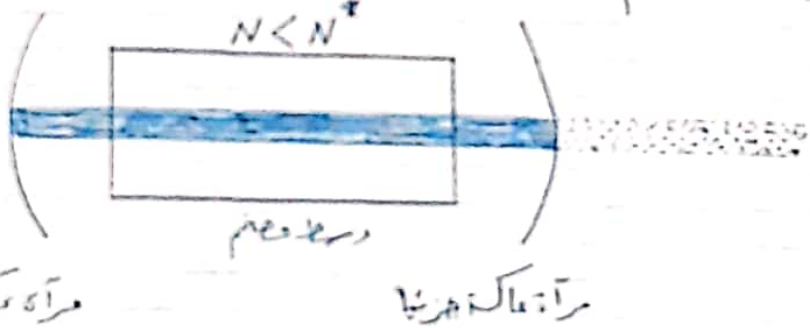
اذا كان: $N < N^*$ ⇐ عدد الفوتونات الناتجة عن الاصدار المحفوز يكون اكبر من عدد الفوتونات التي ترد امتصاص مقدار سنتيمتر في الجزيئة ويكون الوسط وضع تضاعل لتوليد الليزر

اذا كان: $N > N^*$ ⇐ عدد الفوتونات الناتجة عن الاصدار المحفوز يكون اصغر من عدد الفوتونات التي ترد امتصاص مقدار سنتيمتر في الجزيئة وهذا يعني ان الوسط لا يمكن للوسط ان يولد الليزر



2- تجزة التضخيم (المرنان):

يوضع الوسط الفعال بين مرآتين متوازيتين احداهما عاكسة كليا والاخرى عاكسة جزئيا تسمح بتمرير جزء من الحزمة بعد أن تقاطع عدة انعكاسات الى الوسط الخارجي فتشكل هذه الجزء الحزمة الليزرية وتشكل جملة المرآتين مع الوسط الفعال جملة التضخيم



3- جملة الضخ: هو مؤثر خارجي على الوسط الفعال يقدم طاقة له للتعويض عن انتقال الذرات الى الحالة الارضية نتيجة الاصدار المحفوز وهناك ثلاث انواع للضخ

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

a) الضخ الضوئي : تستعمل مصابيح للحصول على ليزرات تعمل بمدى الطيف المرئي (الليزر الياقوتي)

b) الضخ الكهربائي : عن طريق التفريغ الكهربائي للغاز داخل الأنبوب (الليزرات الغازية)

c) الضخ الكيميائي : عن طريق التفاعل الكيميائي بين مكونات الوسط الفعال والذي ينتج لصدر طاقة خارجي.

بعض أنواع الليزرات :

الليزرات الغازية : يكون الوسط الفعال (الناتج) مادة غازية مثل ليزر (الهليوم-نيون) حيث يتم إثارة ذراته بالإشعاع الكهربائي

الليزرات الصلبة : يكون الوسط الناتج مادة ذات نواة ناقلة

الليزرات السائلة : " " " كلوريد النيوديوم المذاب في الكحول الإيثيلي.

الليزر الياقوتي : " " " مادة الياقوت

استخدام الليزر : 1) في الصناعة : الحام وقص وتقشير المعادن

2) في الطب : العيون - الجراحة - السرطان - الأمراض الجلدية

3) عسكرية : مراقبة تلوث الجو بالهباء جزء ليزر على المناطق الملوثة وتحليل الأشعة المنعكسة

4) عسكرية : إرشاد الصواريخ الى أهدافها.

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

اختبر نفسي

أولاً : اختر الإجابة الصحيحة :

1) تتمتع حزمة الليزر بإحدى الخواص الآتية :

a) مترابطة في الطور

2) الإصدار التلقائي

b) يحدث بوجود حزمة ضوئية واردة على الذرة أم لم يكن هناك حزمة

3) إذا عبرت حزمة ضوئية تتمتع بتواتر مناسب الوسط المضخم فإن امتصاص الفوتونات يناسب طرداً مع

a) عدد الذرات في السوية المثارة

4) إذا عبرت حزمة ضوئية تتمتع بتواتر مناسب الوسط المضخم فإن امتصاص الفوتون بالإصدار المحفوز يناسب طرداً مع

d) عدد الذرات في السوية المثارة

ثانياً : فسر ما يأتي

1) لا يمكن الحصول على وسط مضخم من دون استخدام مؤثر خارجي ؟

لأن الإصدار المحفوز يعيد الذرات إلى السوية الأساسية فتفقد طاقتها فلا بد من مؤثر خارجي يقدم الطاقة للوسط المضخم لإثارة الذرات من جديد ويعوض عن انتقال الذرات إلى الحالة الطاقية الأساسية

2) لا تتحلل حزمة الليزر عند إمرارها عبر محور ذهابي ؟

لأن حزمة الليزر وحيدة اللون

ثالثاً : اكتب خواص حزمة الليزر . (مرفقاً مع المنظر)

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الوحدة الخامسة
الفيزياء الفلكية

مقدمة: في مجموعتنا الشمسية النظام الطبيعية في السماء هي كواكب وبطائح نجوم وبطائح مجرات وغير ذلك حيث أن

- إرتفاع الكواكب يبدو أكثر ثباتاً من إرتفاع النجوم
- مواقع الكواكب متغيرة أما النجوم فتبقى في تشكيلات تبدو ثابتة.
- تتحرك الكواكب في مجال معين بالنسبة لمراقب على الأرض أما النجوم فهي تنتشر على امتداد القبة السماوية.
- تبدو الكواكب أكثر وضوحاً عند استخدام التلسكوب، أما النجوم فتبقى نقاط ضوئية وعند استخدام تلسكوب قوية جداً يمكنه التمييز بين النجوم والمجرات

- المجموعة الشمسية وطاقة الشمس:

المكونات المجموعة الشمسية ثمانية أربعة غازية وهي الأقرب الى الشمس وأربعة صخرية الأبعد عن الشمس

عطارد - الزهرة - المشتري - زحل غازية

الأرض - المريخ - أورانوس - نبتون صخرية

والشمس كما النجوم تحوي هيدروجين وهليوم وبمرور الزمن يندمج الهيدروجين ليعطي هليوم فتنقص كمية الهيدروجين وتزداد كمية الهليوم ويتحول النقص في الكتلة نتيجة ذلك الى طاقة وفق علاقة اينشتاين $\Delta E = \Delta m \cdot C^2$

تطبيقية (1): يتلقى كل $1\ m^2$ من سطح الأرض من الشمس طاقة $6.3 \times 10^4\ J$ في كل ثانية عند التقرب الأرض من الشمس، باعتبار أن (47%) من أشعة الشمس تصل الى سطح الأرض والباقي يمتصه الغلاف الجوي أو يرتد عنه الى الفضاء.

احسب النقص في كتلة الشمس في كل ثانية، إذا علمت أن بعدها عن الأرض 150 مليون كيلومتر (يصل بعد الغلاف الجوي عن سطح الأرض.

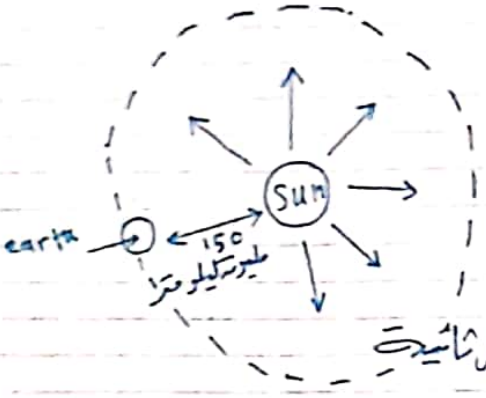
Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الحل: الطاقة التي تقدمها الشمس لكل $1\ m^2$ من سطح الأرض

$$E_1 = 6.3 \times 10^4 \times \frac{100}{47} = 13.4 \times 10^4\ J$$

فتكون الطاقة الكلية الصادرة عن الشمس خلال ثانية هي الطاقة المقدرة لسطح كرة مركزها الشمس ونصف قطرها 150 مليون كيلو متر.



$$\Delta E = 4\pi r^2 \cdot E_1$$
$$= 4\pi (150 \times 10^6 \times 10^3)^2 \times 13.4 \times 10^4$$
$$\simeq 3.8 \times 10^{27}\ J$$

وهي الطاقة الناتجة عن الشمس في كل ثانية

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{3.8 \times 10^{27}}{(3 \times 10^8)^2}$$
$$= 4.22 \times 10^{11}\ kg$$

وهو مقدار النقص في كتلة الشمس في كل ثانية واحدة.

- تحول الهيدروجين الى هليوم في النجوم (الشمس مثلاً):

تنشأ الطاقة في النجوم وفق نظرية السديم التي تنص على أن: يبدأ التفاعل النووي داخل النجوم عندما تنهار سحابة مكونة من الغاز والجسيمات (وهي السديم) تحت تأثير الضغط الناتج عن جاذبيتها ليولد هذا الانهيار كرة كثيفة من الغازات فيندمج الهيدروجين تحت ضغط وحرارة مرتفعين ليتحول الى هليوم وتصدر طاقة نتيجة النقص في الكتلة وفق علاقة اينشتاين $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$

$$^2_1H + ^2_1H \longrightarrow ^4_2He + \text{energy}$$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

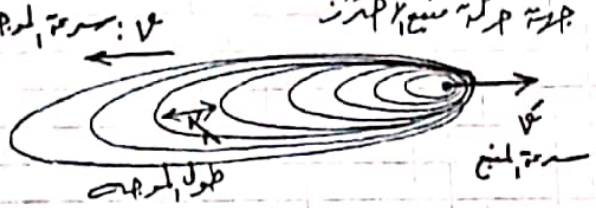
نتيجة: يمكننا تحديد كتلة النجم، وعمره، وتركيبه الكيميائي، وعدة خصائص أخرى بملاحظة دورته طيفه وشدة إضاءته وحركته.

تأثير دوبلر:

- منبع اهتزاز ساكن (بوق سيارة مثلاً) ومراقب ساكن

عندئذ طول موجة الصوت $\lambda = \frac{v}{f}$ حيث v: سرعة انتشار الموجة الصوتية

- عندما يتحرك منبع الاهتزاز مبتعداً عن المراقب بسرعة v'، تشغل الموجة مسافة λ'



$$\lambda' = \frac{v+v'}{f}$$

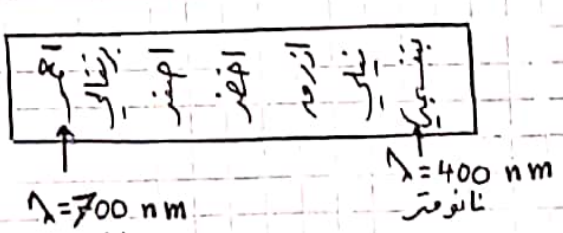
$$= \frac{v+v'}{\frac{v}{\lambda}} = \frac{v+v'}{v}\lambda$$

$$\lambda' = (1+\frac{v'}{v})\lambda$$

أي إن λ' أكبر من λ أي أنه (بزيادة السرعة يزداد طول الموجة)

انزياح نحو الأحمر:

عندما رصد العالم هابل المجرات البعيدة لاحظ انزياح طيف المجرات نحو الأحمر كلما كانت أبعد



وباعتبار طول موجة الضوء الأحمر هي الأكبر من بين ألوان الطيف لذلك وجدنا أن: كلما ازداد بعد الكوكب عنا كلما كان السرع (بالاعتماد على تأثير دوبلر)

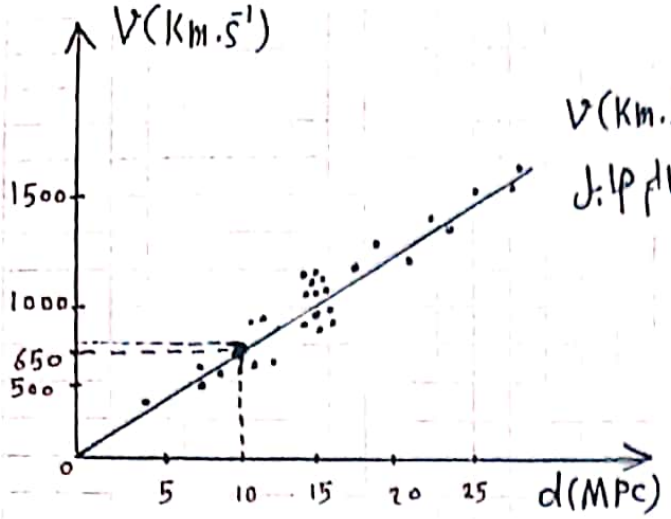
النتيجة: عندما يبتعد منبع ضوئي عن مراقب فإن الطول الموجي يزداد وبما أن الضوء ذا الطول الموجي الأكبر هو الأحمر فعندما يبتعد المنبع الضوئي عن المراقب ينزاح الطيف نحو الأحمر.

أنواع النجوم: يحوي نظامنا الشمسي نجماً واحداً مفرداً هو الشمس وأظهرت التلسكوبات الكثير من النجوم الثنائية قد ترى بالعين المجردة كالنجم الذي يشكل احتناء في مقبض الدب الأكبر هو في الواقع نجمان أحدهما يدعى الإزار والآخر لصاناً يدعى السها.

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

ثابت هابل: H_0



التمثيل البياني المجاور يعبر عن سرعة المجرات $V(Km.s^{-1})$ بدلالة بعدها عنا $d(MPc)$ وفق دراسة العالم هابل ووجد مايلي:

انزياح طيف المجرات أكثر بعدا عنا نحو الأحمر، أي ازدياد الطول الموجي، وهذا يعني وفق دوبلر زيادة في سرعة الابتعاد عنا، وبدراسة زيادة سرعة المجرات بدلالة بعدها عنا توصل هابل الى ان:

كلما كانت المجرة أبعد كانت سرعة ابتعادها أكبر وتعطى هذه العلاقة بالعلاقة

$$H_0 = \frac{v}{d} \Rightarrow \boxed{v = H_0 \cdot d}$$ (قانون هابل)

v: سرعة المجرة بالنسبة لنا

H_0: ثابت هابل

d: بعد المجرة عنا

تطبيق (2): 1- احسب ثابت هابل بدلالة الواحدات المستخدمة في التمثيل البياني السابق، ثم بدلالة الواحدات الدولية علما أن Pc (Parsec) هو الفرسخ الفلكي، وهو يساوي 3.26 سنة ضوئية

2- أحسب بعد مجرة طيف الرصيد الضوئي فكانت نسبة انزياح طول الموجة الى الطول الأصلي $(\frac{1}{30})$.

3- كم سنة يستغرقه الضوء للوصول الينا من تلك المجرة.

الحل: ① $H_0 = \frac{v}{d} = \frac{680}{10} = 68\ Km.s^{-1}/MPc$

وهي قيمة ثابت هابل بدلالة الواحدات المستخدمة في التمثيل البياني السابق

Km (كيلومتر)، M (مليون)، Pc (فرسخ فلكي)

$Km \xrightarrow{\times 10^{+3}} m$

$M \xrightarrow{\times 10^{+6}} m$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

$Pc = 3.26$ سنة ضوئية

السنة الضوئية (light year) $= \underbrace{365.25 \times 24 \times 60 \times 60}_{\text{زمن (s)}} \times \underbrace{3 \times 10^8}_{\text{سرعة } (m.s^{-1})} = \underbrace{9.46728 \times 10^8}_{\text{مسافة (m)}}$ m

أولاً:

$Pc = 3.26 \times 9.46728 \times 10^8$

$\simeq 3 \times 10^{16}$ m

$H_0 = \frac{v}{d} = \frac{680 \times 10^3 \ (m.s^{-1})}{10^6 (3 \times 10^{16}) \ m} = \frac{68}{3} \times 10^{-19} \ s^{-1}$

هي قيمة ثابت هابل باستخدام وحدات الجملة الدولية

(2 $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{1}{30}$ ، $d = ?$

$d = \frac{v'}{H_0}$

يلزم v' : $\lambda' = (1 + \frac{v'}{c})\lambda \Rightarrow \lambda' = \lambda + \frac{v'}{c}\lambda \Rightarrow \lambda' - \lambda = \frac{v'}{c}\lambda$

$\Delta\lambda = \frac{v'}{c}\lambda \Rightarrow \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v'}{c} \Rightarrow \frac{1}{30} = \frac{v'}{3 \times 10^8}$

$v' = 10^7 \ m.s^{-1}$

$d = \frac{10^7}{\frac{68}{3} \times 10^{-19}} = \frac{3}{68} \times 10^{26}$ m

(3 $c = \frac{d}{t} \Rightarrow 3 \times 10^8 = \frac{\frac{3}{68} \times 10^{26}}{t}$

$t = \frac{1}{68} \times 10^{18}$ sec

أما الزمن مقدراً بالسنوات

$t = \frac{\frac{1}{68} \times 10^{18}}{365.25 \times 24 \times 60 \times 60} = 0.4 \times 10^9$ years

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

نظرية الانفجار الأعظم:

تدل ظاهرة انزياح نحو الأحمر لطيف المجرات أنه المجرات تتباعد عن بعضها في الفضاء الكوني وبالمقابل الفضاء الكوني يتمدد كالبالون ينتفخ ولو رجعنا بالزمن لوجدنا أن المجرات كانت متجمعة في نقطة واحدة.

نظرية الانفجار الأعظم: Big Bang تنص على أن

الكون نشأ قبل حوالي 13.8 مليار سنة. في تلك اللحظة، كان الكون عبارة عن نقطة منفردة صغيرة جداً، ذات كثافة عالية جداً من المادة والحرارة التي تفوق الخيال. ثم حدث الانفجار العظيم وبدأت المادة تأخذ أشكالها، فتشكلت في البداية الجسيمات الأولية، ثم الذرات والجزيئات والغبار الكوني، فالنجوم والمجرات، واستمر توسع الكون الى يومنا هذا.

أسس الفيزيائية لنظرية الانفجار الأعظم

1- الانزياح نحو الأحمر لطيف المجرات

2- وجود تشويش ضعيف لموجات راديوية قادمة بشكل منتظم تماماً من جميع اتجاهات الكون وبالشدة نفسها المتوقعة في وقتنا الحاضر لارتفاع الانفجار الأعظم

3- وجود كميات هائلة من الهيدروجين والهليوم في النجوم، فمثلاً تبين أن كمية الهليوم التي تحويها شمسنا أكبر بثلاثة اضعاف الكمية التي تنتولدها الهيدروجين نتيجة اندماجه في قلب الشمس وهذا يستدعي وجود مصدر اخر هائل للطاقة وراء حرارة أعلى من وراء حرارة الشمس، اثر الدقائق الأولى من بدء الانفجار الأعظم.

تطبيق: أحسب عمر الكون التقريبي اعتماداً على قانون هابل باعتبار ثابت هابل تقريباً: $H_0 = \frac{68}{3} \times 10^{-19}\ s^{-1}$

الحل: d: بعد مجرة ما عنا، وهي ايضاً المسافة التي قطعتها المجرة منذ حدوث الانفجار الأعظم حيث كانت مجرتنا ومجرة المجرات متكثفة في النقطة تقريباً نفس الزمن الذي مضى على حدوث الانفجار الأعظم t وهو عمر الكون:

$$v = \frac{d}{t} \quad و \quad v = H_0 \cdot d \Rightarrow \frac{d}{t} = H_0 \cdot d \Rightarrow t = \frac{1}{H_0} = \frac{3}{68} \times 10^{+19}\ s$$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

فيكون عمر الكون بالسنوات :

$$t = \frac{\frac{3}{68} \times 10^{17}}{365.25 \times 24 \times 60 \times 60} \simeq 14 \times 10^{9} \text{ years}$$

توزع المجرات :

المجرة Galaxy هي نظام كوني مكون من تجمع هائل من النجوم والغبار والغازات التي ترتبط معاً بقوى تجاذب فتتبادله تدور حول مركز مشترك

- يقدر العلماء انه هنالك حوالي من 10^{10} الى 10^{12} مجرة تقديباً في الكون تسمى مجرتنا درب التبانة تحوي الشمس (2×10^{11}) نجم قطرها حوالي 100 الف سنة ضوئية وتحوي عدة تجمعات نجمية بما فيها المجموعة الشمسية التي ينتمي اليها كوكبنا

الثقوب السوداء :

قانون الجذب الكتلي لنيوتن يعطى بالعلاقة $F_c = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ ويدل على أن قوة تتناسب طرداً مع جداء كتلتيهما وعكساً مع مربع البعد بينهما .

- سرعة إفلات من الأرض (السرعة الكونية الثانية) :

عند إلقاء جسم للأعلى حتى يفلت من جذب الأرض وينطلق في الفضاء يجب إعطاؤه طاقة حركية أكبر من طاقة الجذب الكامنة له .

$$E_k = E_p \Rightarrow \frac{1}{2} m v^2 = F_c \cdot r \Rightarrow \frac{1}{2} m v^2 = G \frac{mM}{r^2} \cdot r$$

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

v : سرعة إفلات من الأرض (السرعة الكونية الثانية)

G : ثابت التجاذب العالمي

M : كتلة الأرض (الجسم الجاذب)

r : نصف قطر الأرض

ملاحظة : السرعة الكونية الأولى هي سرعة دوران الجسم حول الجسم الجاذب (الأرض)

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تطبيقه: احسب السرعة الكونية الثانية للأرض، علما أن نصف قطر الأرض يعتبر 6400 Km
وتسارع الجاذبية الأرضية على سطح الأرض يعتبر $g = 10\ m.s^{-2}$

الحل: إن قوة جذب الأرض للجسم هي قوة ثقله:

$$F_c = W$$

$$G\frac{m.M}{r^2} = m.g \Rightarrow G\frac{M}{r^2} = g \Rightarrow rg = G\frac{M}{r}$$

نعوض في علاقة السرعة الكونية الثانية:

$$V = \sqrt{\frac{2GM}{r}} = \sqrt{2rg}$$

$$V = \sqrt{2 \times 6400 \times 10^{+3} \times 10}$$

$$= 8\sqrt{2} \times 10^{+3}\ m.s^{-1}$$

- نصف قطر شفارتز شيلد:

السرعة الكونية الثانية $V = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$ تدل على انه

- كلما نقص نصف قطر الجسم الجاذب وازدادت كثافته زادت سرعة الإفلات منه والتحرر من سطحه

وبما انه لا يمكن لأي جسم أن يتجاوز سرعته سرعة الضوء في الخلاء، فيكفي ان يكون نصف قطر الجسم الجاذب يحقق العلاقة

$$C = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

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

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

كي لا يمكن لأي جسم الإفلات منه، حتى الضوء، فيسمى الثقب الأسود

توضيح الفقرة الأخيرة: $r = \frac{2GM}{C^2}$ — r يتناسب عكسيا مع C^2

وبما ان C^2 مقدار كبير جدا فإن r صغير جدا وبالتالي قوة الجذب هائلة جدا حسب قانون الجذب الكتلي $F_c = G\frac{m.m'}{r^2}$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

نصف قطر شفارتز شيلد $r = \frac{2GM}{c^2}$ حيث r:

وتسمى الحدود التي لا يمكن بعدها الإفلات من الجاذبية: أفق الحدث

تعريف الثقب الأسود:

هي كتلة هائلة بحيث لا يمكن لشيء الإفلات من جاذبيته حتى الضوء وله قوة جاذبية جبارة يستحيل على اي شيء الإفلات من جاذبيته بما في ذلك سرعة الضوء. لذا تبدو هذه المنطقة غير مرئية في الفضاء.

- رصد الثقوب السوداء:

- كيف يمكن رصد الثقوب السوداء على الرغم انها غير مرئية فهي تبتلع الضوء؟

1- سلوك الأجسام المجاورة للثقوب السوداء، من خلال دراسة الحركات غير المتوقعة للنجوم أو الغبار او الغازات المحيطة بالأماكن غير المرئية.

2- الانبعاثات الإشعاعية، تدور النجوم المجاورة والاجسام الاخرى حول الثقب الأسود وترتفع درجة حرارتها وتزداد سرعتها فتنبعث منها اشعة سينية يمكن رصدها.

3- تأثير عدسة الجاذبية، اختفاء ضوء النجوم والمجرات الذي يمر بجوار الثقب الأسود فتبدو تلك النجوم او المجرات في غير اماكنها بالنسبة للتلسكوبات الأرضية تعرف هذه الظاهرة باسم عدسة الجاذبية.

اختبر نفسي

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة

1- خلال فترة حياة نجم تتغير نسبة العناصر فيه، فعندما كانت 70% ثم انتهت حياته بحدث فلكي يعرف بالمستعر الأعظم (Supernova) حيث كانت نسبة العناصر فيه:

أقل من 70%

2- في عام 2015 نجحت الجمعية الفلكية السورية في اطلاق اسم تدمر (Palmyra) على الكوكب الذي يدور حول نجم الراعي. إذا علمت ان كوكب تدمر يبتعد عن نجم الراعي مسافة تعادل 2 وحدة فلكية: اي تصف المسافة بين الأرض والشمس

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وان السرعة المحيطية المدارية لكوكب تدعى ثلثا السرعة المحيطية المدارية للأرض
فما السنة على كوكب تدعى تساوي
c) 3 سنة أرضية

3- إذا علمت ان مجرة المرأة المتسلسلة (Andromeda) تقترب الى مجرتنا درب التبانة تقترب منه مجرتنا مخالفة بذلك أغلب المجرات الأخرى، فالطيف الآتي من مجرة المرأة المتسلسلة هو بالنسبة لنا:

b) يتزاح نحو الأزرق

4- إن ثابت هابل هو: b) معدل تغير سرعة تمدد الكون مع المسافة.

5- تبتعد مجرة a عنا عشرة أمثال بعد مجرة b، فنسبة سرعة المجرة b الى سرعة المجرة a: c) 0.1

توضيح الإجابة:

$$\left.\begin{aligned} H_0 &= \frac{v_a}{d_a} \\ H_0 &= \frac{v_b}{d_b} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{v_a}{d_a} = \frac{v_b}{d_b} \Rightarrow \frac{d_b}{d_a} = \frac{v_b}{v_a} \Rightarrow \frac{v_b}{v_a} = \frac{d_b}{10 d_b} \Rightarrow \frac{v_b}{v_a} = 0.1$$

6- الثقوب السوداء هي بالضرورة: b) ذات كثافة هائلة

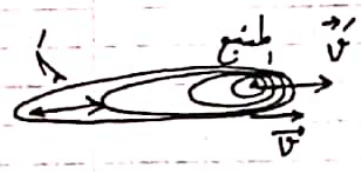
ثانياً: أجب عن الأسئلة التالية:

1) يمكنه أن ترسل رحلات علمية غير مأهولة لتحط على سطح أحد أقمار المشتري لكنه لا يمكنه ابدا ان تحط على المشتري نفسه، لماذا برأيك

لانه كوكب غازي اما اقماره فهي صخرية.

2) عندما يكون المنبع الموجي ساكناً بالنسبة للراقب فإن $\lambda = \frac{v}{f}$، وعندما يقترب المنبع الموجي من الراقب بسرعة v' تشغل الموجة السابقة λ'، أوجد العلاقة بين λ'، λ، ولماذا تسمى هذه الظاهرة في الطيف المرئي بإزاحة نحو الأزرق

الحل:



$$\lambda' = \frac{v - v'}{f} = \frac{v - v'}{\frac{v}{\lambda}} = \left(\frac{v - v'}{v}\right)\lambda$$

$$\lambda' = \left(1 - \frac{v'}{v}\right)\lambda$$

λ' أصغر من λ اي انه بنقصان السرعة ينقص طول الموجة وهذا ما يسمى الطيف الأزرق

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

هو طول الموجة الأقصر فإن الرياح يكون فوقها الرعد.

3- إذا علمت أن السرعة الكونية الأولى هي السرعة المدارية (مماسية للمسار الدائري حول الأرض) التي تجعل قوة المطالة المنبذة للجسم تساوي قوة جذب الأرض له، وأن السرعة الكونية الثانية هي السرعة التي تجعل الطاقة الحركية للجسم المبتعد عن الأرض تساوي طاقة الجذب الكامنة استنتج العلاقة بين السرعة الكونية الثانية والسرعة الكونية الأولى.

* استنتاج السرعة الكونية الأولى:

$$ma_c = G\frac{mM}{r^2} \Rightarrow m\frac{v^2}{r} = G\frac{mM}{r^2} \Rightarrow \frac{v_1^2}{1} = \frac{GM}{r}$$

$$v_1 = \sqrt{G\frac{M}{r}}$$

* استنتاج علاقة السرعة الكونية الثانية

$$E_K = E_P \Rightarrow \frac{1}{2}mv_2^2 = F_c r \Rightarrow \frac{1}{2}mv_2^2 = G\frac{mM}{r^2}r$$

$$v_2^2 = \frac{2GM}{r}$$

$$v_2 = \sqrt{2G\frac{M}{r}} = \sqrt{2}\sqrt{G\frac{M}{r}}$$

$$v_2 = \sqrt{2}\,v_1$$

مثال: حل المسائل التالية

المسألة الأولى:

افترض أن الأرض انكمشت حتى أصبحت ثقباً أسود، كم يجب أن يكون نصف قطرها؟ علماً أن نصف قطر الأرض الحالي يساوي 6400 km، وتسارع الجاذبية الأرضية عند سطحها الحالي $g = 10\,m.s^{-2}$. هل ستبتلع الأرض عندئذ المقمر إذا تجمعت كتلة الأرض حول مركزها؟ لماذا برأيك؟

(واقعياً الأجرام التي تنتهي حياتها الى ثقب أسود هي النجوم التي تبلغ كتلتها أكثر من عشرة أضعاف كتلة شمسنا)

الحل: نصف قطر شفارتز شيلد:

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

لكن:

$$g = \frac{GM}{R^2} \Rightarrow GM = gR^2$$

$$r = \frac{2gR^2}{c^2} = \frac{2\times 10\times(6400\times10^3)^2}{(3\times10^8)^2} \approx 9\times10^{-3}\ m$$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

لما تتبع الأرض القمر عندئذ لان جهاز بيتسط للقمر لما تتغير فاكتشاف الأرض لم تتغير والبعد بينهما لم يتغير (لاعتبارهما نقطتين قياسا بالبعد بينهما).

المسألة الثانية:

احسب نسبة انزياح الطول الموجي الى الطول الأصلي لمجرة تبعد عنا (932×10^6) سنة ضوئية، اذا كان طول الموجة الأصلي 500 nm، فاحسب طول الموجة بعد الانزياح، علما أن ثابت هابل $H_0 = 68\ Km.s^{-1}/MPC$ والتوسع الفلكي $Pc = 3.26$ light year، وسرعة الضوء في الخلاء $C = 3\times10^8\ m.s^{-1}$

الحل:

$$\lambda' = (1+\frac{v'}{v})\lambda = \lambda + \frac{v'}{v}\lambda$$

$$\lambda' - \lambda = \frac{v'}{v}\lambda \Rightarrow \Delta\lambda = \frac{v'}{v}\lambda$$

نسبة انزياح الطول الموجي الى الطول الأصلي:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v'}{v}$$

يلزم v': سرعة تراجع هابل:

$$v' = H_0 d$$

$$light.year = 3\times10^8\times60\times60\times24\times365.25$$
$$= 9.467328\times10^{15}\ m$$

$$Pc = 3.26\times9.467328\times10^{15}$$
$$\approx 3\times10^{16}\ m$$

$$H_0 = \frac{68\times10^{+3}\ m.s^{-1}}{10^6\times3\times10^{16}\ m} = \frac{68}{3}\times10^{-19}\ s^{-1}$$

سرعة ابتعاد المجرة عنا

$$v' = \frac{68}{3}\times10^{-19}\times932\times10^6(9.467328\times10^{15})$$
$$= 2\times10^7\ m.s^{-1}$$

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{2\times10^7}{3\times10^8}$$

نسبة انزياح الطول الموجي الى الطول الأصلي

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{1}{15}$$

حساب طول موجة الطيف بعد الإزاحة

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\lambda'-\lambda}{\lambda} = \frac{\lambda'-500\times10^{-9}}{500\times10^{-9}}$$

$$\lambda' = 533\times10^{-9}\ m$$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

المسألة الثالثة: يبعد المريخ عن الشمس مسافة 1.52 AU وتصل سطحه تقريبا 100% من شدة الشمس المتجهة إليه، فإذا علمت أن النقص في كتلة الشمس $4.22 \times 10^{11}\ Kg.s^{-1}$، فاحسب الطاقة التي يتلقاها $1\ (Km)^2$ من سطح المريخ خلال دقيقة واحدة (الوحدة الفلكية AU هي المسافة بين الأرض والشمس وتعتبر 150 مليون كيلومتر)

الحل:

الطاقة الصادرة عن الشمس خلال ثانية:

$$\Delta E = \Delta m \cdot C^2$$
$$= 4.22 \times 10^{11} \times 9 \times 10^{16} = 37.98 \times 10^{27}\ J$$

الطاقة الصادرة عن الشمس خلال دقيقة:

$$\Delta E = 60 \times 37.98 \times 10^{27}$$
$$= 2278.8 \times 10^{27}\ J$$

الطاقة المستقبلة لـ $1\ Km^2$ لسطح كرة مركزها الشمس ونصف قطرها (خلال دقيقة) $R = 1.52\ AU = 1.52 \times 150 \times 10^6 = 76 \times 10^6\ Km$

$$\frac{\Delta E}{4\pi R^2} = \frac{2278.8 \times 10^{27}}{4\pi \times 76 \times 10^6} = 12 \times 10^{21}\ J.Km^2$$

الطاقة التي يتلقاها $1\ Km^2$ من سطح المريخ خلال دقيقة $12 \times 10^{21}\ J$.

تفكير ناقد: إذا راقبت القبة السماوية في ليلة واحدة لعدة ساعات أجد أنه جميع الأجرام المنيرة قد غيرت مكانها وتحركت في مسار دائري إلا نجم القطب يبدو ثابتاً، ما تفسير ذلك؟

الجواب: لأن محور دوران الأرض حول نفسها يمر من نجم القطب فتبدو جميع الأجرام السماوية تدور إلا نجم القطب

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تمرين (36):

يعمل أنبوب لتوليد أشعة السينية بتوتر $8\times10^{4}\ V$ حيث يصدر إلكترون مرتبط بسرعة معدومة عملياً المطلوب

1- احتسب بالجول الطاقة الحركية للإلكترون عند اصطدامه بمقابل المرتبط (الهدف) ثم احسب قيمتها

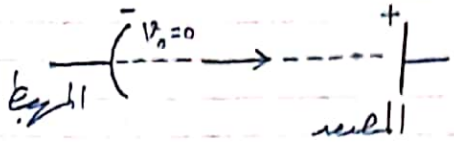
2- احسب سرعة إلكترون لحظة اصطدامه بالهدف

3- احسب أقصر طول موجة للأشعة السينية الصادرة

$C=3\times10^{+8}\ m.s^{-1}$ ، $m_e=9.1\times10^{-31}\ Kg$ ، $h=6.6\times10^{-34}\ J.S$ ، $e=1.6\times10^{-19}\ C$

يمثل ثقل إلكترون.

الحل:



1) بتطبيق نظرية الطاقة الحركية بين وضعيين: 1 لدى المرتبط
2 لدى المصعد

$$\Delta E_K = \sum \overline{W}_{F(1\to2)}$$

$$E_{K_2} - E_{K_1} = \overline{W}_{\vec{F}}$$

$$E_{K_2} - 0 = eU_{AC} = 1.6\times10^{-19}\times8\times10^{4} = 12.8\times10^{-15}\ J$$

(دون سرعة ابتدائية)

2)

$$E_K = \frac{1}{2}mV^2 \Rightarrow V = \sqrt{\frac{2E_K}{m}}$$

$$V = \sqrt{\frac{2\times12.8\times10^{-15}}{9.1\times10^{-31}}} = \sqrt{2.8}\times10^{8}\ m.s^{-1}$$

3)

$$E = E_K \Rightarrow h f_{max} = eU \Rightarrow h\frac{C}{\lambda} = eU$$

$$\lambda_{min} = \frac{hc}{eU} = \frac{6.6\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{1.6\times10^{-19}\times8\times10^{4}}$$

$$= 1.55\times10^{-11}\ m$$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

330

عامة (37):

يضيء منبع وحيد اللون، طول موجته $0.5\,\mu m$ حيث كمة ضوئية طاقة انتزاع إلكترون ضوئي $E_s = 33 \times 10^{-20}\,J$ والمطلوب

1- احسب طول موجة عتبة الإصدار

2- احسب الطاقة الحركية للإلكترون لحظة انتزاعه علما بأن سرعة الضوء $C = 3 \times 10^8\,m.s^{-1}$ ، $m = 9.1 \times 10^{-31}\,kg$ ، $h = 6.6 \times 10^{-34}\,J.s$

الحل:

1

$$E_s = h f_s = h \frac{c}{\lambda_s}$$

$$\lambda_s = \frac{hc}{E_s} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{33 \times 10^{-20}}$$

$$= 6 \times 10^{-7}\,m$$

2

$$E_K = E - E_s$$

$$= hf - E_s$$

$$E_K = h \frac{c}{\lambda} - E_s$$

$$E_K = 6.6 \times 10^{-34} \frac{3 \times 10^8}{0.5 \times 10^{-6}} - 33 \times 10^{-20}$$

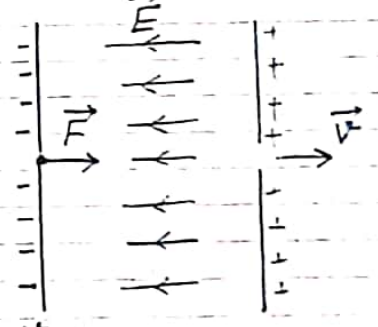
$$= 39.6 \times 10^{-20} - 33 \times 10^{-20}$$

$$= 6.6 \times 10^{-20}\,J$$

عامة (38):

نطبعة فرقا في الكمون، قيمته $720\,V$ بين اللبوسين لمكثفة مستوية ندخل الكترونا ساكنا في نافذة من اللبوس السالب استنتج العلاقة المحددة لسرعة جهاز إلكترون عندما يخرج من نافذة مقابلة في اللبوس الموجب بإهمال ثقل إلكترون. ثم احسب قيمتها.

الحل:



بتطبيق نظرية الطاقة الحركية بين وضعيه

الأول: اللبوس السالب

الثاني: اللبوس الموجب

$$\Delta E_K = \sum \vec{W}_{F(1 \to 2)}$$

$$E_{K_2} - E_{K_1} = \vec{W}_F$$

$$\frac{1}{2} m v^2 - 0 = eU$$

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 720}{9.1 \times 10^{-31}}}$$

$$= \sqrt{253.19 \times 10^6}\,m.s^{-1}$$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

عامة (39):

نولد حزمة من الإلكترونات أفقية لسرعتها متباينة سرعتها $4\times10^{7}\ m.s^{-1}$ في الثانية وتجتازها متدخل بين لبوسين لمكثفة مستوية أفقية يبعد أحدهما عن الآخر $d=2cm$ وبينهما فرق كمون $900V$ والمطلوب

1- احسب شدة الحقل الكهربائي المنتظم بين لبوسي المكثفة.

2- احسب شدة القوة الكهربائية التي يخضع لها إلكترون من الحزمة.

3- ادرس حركة إلكترون من الحزمة بين لبوسي المكثفة وحدد معادلة حامل مساره بالنسبة لمراقب خارجي

4- احسب شدة الحقل المغناطيسي العامد للحقل الكهربائي المتولد بين لبوسي المكثفة الذي يجعل إلكترون يتحرك بحركة مستقيمة منتظمة.

$m=9.1\times10^{-31}\ Kg$ ، $e=1.6\times10^{-19}C$

الحل: (1)

$$E=\frac{U}{d}=\frac{900}{2\times10^{-2}}=45\times10^{3}\ V.m^{-1}$$

(2)

$$F=eE=1.6\times10^{-19}\times45\times10^{3}$$
$$=72\times10^{-16}N$$

(3) القوى الخارجية المؤثرة على الإلكترون:

القوة الكهربائية $\vec{F}$ ($\vec{F}=e\vec{E}$) بإهمال ثقل الإلكترون

العلاقة الأساسية بالتحريك:

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

شروط الحركة: - مبدأ الفواصل: نقطة دخول الإلكترون منطقة الحقل الكهربائي
- " " الأزمنة: لحظة

بالارتكاز على محور $\overrightarrow{x'x}$ أفقي
$\overrightarrow{y'y}$ شاقولي نحو الأعلى

$$\overrightarrow{ox}\begin{cases}V_{0x}=V_0=V\\F_x=0\Rightarrow a=0\end{cases}$$

إذا حركة السقط على $\overrightarrow{xx'}$ هي حركة مستقيمة منتظمة تابعها الزمني

$$x=vt \quad ----(1)$$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

$$\vec{oy}\begin{cases} V_{oy}=0 \\ F_y=F \Rightarrow m a_y = eE \\ m a_y = e\dfrac{U}{d} \\ a_y = \dfrac{eU}{md} = cons\,t \end{cases}$$

$\vec{yy}$ الحركة مستقيمة متسارعة بانتظام على المحور

$$y = \frac{1}{2} a_y t^2 + V_{oy} t + y_0$$

$$y = \frac{eU}{2md} t^2 \quad \text{---(1)}$$

استنتاج معادلة المسار:

من (1) نجد $t = \dfrac{x}{V}$

نعوض في (1)

$$y = \frac{eU}{2md} \frac{x^2}{V^2}$$

$$y = \frac{eU}{2mdV^2} x^2$$

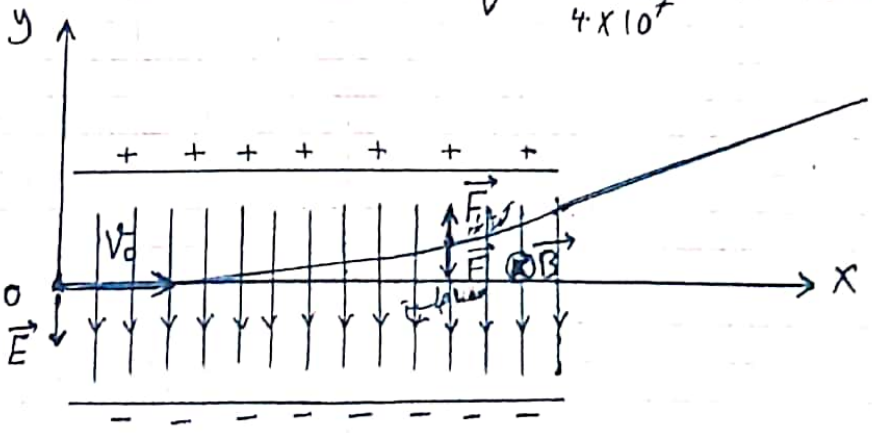
$$y = \frac{1.6\times10^{-19}\times900}{2\times9.1\times10^{-31}\times2\times10^{-2}(4\times10^{7})^2} x^2$$

$$y = 2.47\, x^2$$

4) شرط عدم انحراف الإلكترون (أي يتحرك الإلكترون بحركة مستقيمة منتظمة)

$F = F_{مغناطيسية}$ أي $\Rightarrow eE = eVB\sin(\vec{V}\wedge\vec{B})$

$$E = VB \Rightarrow B = \frac{E}{V} = \frac{45\times10^{3}}{4\times10^{7}} = 11.25\times10^{-4}\,T$$



Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

عامة (40):

لشعة ضوئية تواترها $3\times10^{18}\ Hz$ تضرب مهبط خلية كهروضوئية فتحرر إلكترونات لطاقة مقاومة المهبط المطلوب

1- احسب طول الموجة المرفق للإشعة الضوئية الصادرة

2- احسب سرعة الإلكترون لحظة اصطدامه بالمهبط (الهدف)

3- احسب سرعة الإلكترون لحظة اصطدامه بمقابل المهبط (الهدف)

$(e=1.6\times10^{-19}C \ ; \ C=3\times10^{8}\ m.s^{-1} \ ; \ m=9.1\times10^{-31}\ Kg \ ; \ h=6.6\times10^{-34}\ J.s)$

يصل ثقل الإلكترون

الحل: 1)

$$\lambda_{min}=\frac{C}{f_{max}}=\frac{3\times10^{8}}{3\times10^{18}}=10^{-10}\ m$$

2) بتطبيق نظرية الطاقة الحركية بين موضعين

الأول: عند المهبط

الثاني: عند اصطدامه بالمصعد (الهدف)

$$\Delta E_k=\sum \overline{W}_{\vec{F}}$$

$$E_{k_2}-E_{k_1}=W_{\vec{F}}$$

$$E_{k_2}-0=eU$$

$$hf_{max}=eU \Rightarrow U=\frac{h f_{max}}{e}$$

$$U=\frac{6.6\times10^{-34}\times3\times10^{18}}{1.6\times10^{-19}}=12375\ V$$

$$E_k=\frac{1}{2}mV^2$$

$$V=\sqrt{\frac{2E_k}{m}}=\sqrt{\frac{2hf_{max}}{m}}$$

$$=\sqrt{\frac{2\times6.6\times10^{-34}\times3\times10^{18}}{9.1\times10^{-31}}}=\sqrt{0.435\times10^{8}}\ m.s^{-1}$$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

عامة (41):

يبعد المريخ عن الشمس مسافة (1.52 AU) وتصل إضاءته تقريبا 100% من أشعة الشمس المتجهة إليه، فإذا علمت أن النقص في كتلة الشمس $4.22 \times 10^{11} Kg.s^{-1}$ فاحسب الطاقة التي يتلقاها $1 (Km)^2$ من سطح المريخ خلال دقيقة.

الحل:

$$\Delta E = \Delta m \cdot C^2$$
$$= 4.22 \times 10^{11} \times 60 (3 \times 10^8)^2$$
$$\simeq 22.8 \times 10^{29} J$$

وهي الطاقة التي تقدمها الشمس خلال دقيقة.

وهي الطاقة الممنوحة لسطح كرة وهمية مركزها الشمس تمس سطح المريخ

نصف قطرها 1.52 AU أي: $r = 1.52 \times 150 \times 10^9 = 22.8 \times 10^{10} m$

فتكون مساحة هذه الكرة

$$S = 4\pi r^2 = 4\pi (22.8 \times 10^{10})^2$$
$$= 6529.19 \ m^2$$

لنحسب الطاقة التي يتلقاها كل كيلو متر مربع من سطح المريخ

كل $6529.19 \ m^2$ من سطح الكرة يتلقى $22.8 \times 10^{29} J$

كل $1 \times 10^6 \ m^2$ " " المريخ يتلقى $X \ J$

$$X = 4 \times 10^{32} J$$

عامة (42):

قيس الانزياح في طول موجة الرصيد الطيفي لمجرة فكانت 5% مما كان عليه احسب بعد تلك المجرة باعتبار ثابت هابل $H_0 = 68 \ Kg.s^{-1}/MPc$، والمرسخ الفلكي $Pc = 3.26 \ light\ year$، وسرعة الضوء في الخلاء $C = 3 \times 10^8 \ m.s^{-1}$

الحل:

$$\Delta\lambda = \frac{5}{100}\lambda \Rightarrow \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{5}{100} = 0.05$$

حسب تأثير دوبلر

$$\lambda' = \left(1 + \frac{v'}{c}\right)\lambda$$
$$\lambda' = \lambda + \frac{v'}{c}\lambda \Rightarrow \lambda' - \lambda = \frac{v'}{c}\lambda \Rightarrow \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v'}{c}$$
$$0.05 = \frac{v'}{3 \times 10^8} \Rightarrow v' = 15 \times 10^6 \ m.s^{-1}$$

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وفق قانون هابل : $v = H_0 d$

يلزم كتابة هابل بالواحدات الدولية:

$$H_0 = \frac{68\ km.s^{-1}}{MPC} = \frac{68 \times 10^3\ m.s^{-1}}{10^6 \times 3.26\ light\ year}$$

$$= \frac{68 \times 10^3\ m.s^{-1}}{10^6 \times 3.26 \times 3 \times 10^8 \times 365.25 \times 24 \times 3600\ m}$$

$$= \frac{68}{3} \times 10^{-19}\ s^{-1}$$

نعوض في قانون هابل

$$15 \times 10^6 = \frac{68}{3} \times 10^{-19}\, d \Rightarrow d = \frac{45}{68} \times 10^{25}\ m$$

مسألة (45):

باعتبار الكوكب المريخ شكل كروي قطره 6800 Km وكتلته 6.4×10^{23} kg

1- احسب سرعة إفلات من جاذبية المريخ

2- لو ضغط المريخ حتى اصبح ثقبا اسود. احسب نصف قطر المريخ عندئذ.

الحل: 1)

$$E_k = E_p \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = F_c \cdot r \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = G\frac{mM}{r^2}r$$

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{r}} = \sqrt{\frac{2 \times 6.673 \times 10^{-11} \times 6.4 \times 10^{23}}{3400 \times 10^3}} = 5 \times 10^3\ m.s^{-1}$$

وهي سرعة إفلات من جاذبية المريخ

2) نصف قطر شفارتزشيلد

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

$$= \frac{2 \times 6.673 \times 10^{-11} \times 6.4 \times 10^{23}}{(3 \times 10^8)^2} = 9.49 \times 10^{-4}\ m$$

أي يجب أن يضغط المريخ بحجم كرة نصف قطرها أقل من واحد ميلي متر.

Scanned by CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner