مراجعات هامة للإلكترونيات

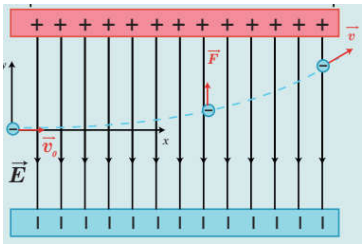
الحركة المستقيمة

نوع الحركة	مستقيمة منتظمة	مستقيمة متغيرة بانتظام
محصلة القوى N	$F=0$	$F=const$
التسارع $m.s^{-2}$	$a=0$	$a=const$
السرعة $m.s^{-1}$	$v=const$	$v=at+v_0$
الفاصلة m	$x=vt+x_0$	$x=\frac{1}{2}at^2+v_0t+x_0$
		فرق مربعي سرعتين $v^2-v_0^2=2a.d$

الحركة الدائرية المنتظمة : مسارها دائري وسرعة قيمتها ثابتة فيها قوة جاذبة مركزية تتساوى مع قوة عطالة نابذة $F=F'=m\frac{v^2}{r}$

الحركة المستوية

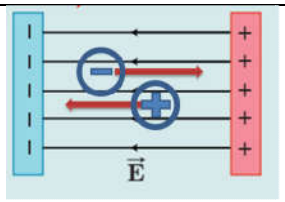
- ✓ عند حركة جسم في مستوي بمسار غير محدد نطبق العلاقة الأساسية في التحريك
- ✓ نسقط على محورين متعامدين $\overrightarrow{ox},\overrightarrow{oy}$ لنحدد قيم التسارع على كل محور و تابع الحركة عليه فيكون لدينا تابعين زمنيين x,y بحذف الزمن بينهما نجد معادلة المسار



الكهرباء الساكنة

الأفعال المتبادلة بين شحنتين :

- بفرض شحنتين q,q' البعد بينهما r تنشأ بينهما قوة كهربائية شدتها : $F=k\frac{|q.q'|}{r^2}$
- و هذه القوة تكون تجاذبية إن كانت الشحنتين من نوعين مختلفين وتنافرية إن كانتا من نفس النوع .
- **وتنشأ بين هاتين الشحنتين طاقة كامنة كهربائية تعطى بالعلاقة :** $E_p=k\frac{q.q'}{r}$
- **حيث أن :** $k=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}=9\times10^9$ ثابت التجاذب الكهربائي الساكن (ثابت كولوم) و سماحية الخلاء الكهربائية $\varepsilon_0=\frac{1}{36\pi\times10^9}$
- **الحقل الكهربائي** $\vec{E}$ **:** هو منطقة محيطة بالشحنة الكهربائية أو أي جسم مشحون تؤثر في شحنة أخرى q' بقوة كهربائية حيث $\vec{F}=q'.\vec{E}$
- تكون القوة بجهة الحقل إن كانت الشحنة موجبة و عكسه إن كانت سالبة وشدة القوة $F=|q'.E|$



- **الحقل الكهربائي المنتظم:** ينشأ بين لبوسي مكثفة مستوية البعد بينهما d وفرق الكمون بينهما U وتكون خطوطه متوازية و شدته ثابتة في كل نقطة منه و بالتالي الشحنة التي توضع فيه تخضع لقوة كهربائية ثابتة .
- و تعطى شدة الحقل الكهربائي المنتظم بين لبوسي مكثفة مستوية بالعلاقة : $E=\frac{U}{d}\Leftrightarrow U=E.d$
- **عمل القوة الكهربائية :** عند انتقال شحنة q' بين نقطتين من حقل كهربائي فرق الكمون بينهما U فإن عمل القوة الكهربائية : $W=q'.U$
- **عند دخول شحنة ساكنة في حقل كهربائي تكون طاقتها مساوية لعمل القوة الكهربائية** $E_K=W=q'.U$

الشحنة q,q'	كولوم C
الحقل الكهربائي E	$N.C^{-1}=V.m^{-1}$
التوتر فرق الكمون U	فولت V

الدرس الأول الطيوف الذرية

- الطيف الكهرطيسي هو جميع الترددات(التواترات) الممكنة من الإشعاعات الكهرطيسية.
- ويعرف الطيف الكهرطيسي أيضا بخطوط الأشعة الصادرة من جسم أسود عند درجة حرارة معينة.
- و لكل عنصر كيميائي طيف يميزه، أي له مجموعة خطوط متسلسلة تميزه عن غيره، ويسمى هذا الطيف "طيف انبعاث"
- حاول العلماء تفسير الظواهر الطيفية وكانت أولى المحاولات وأبرزها **نموذج بور الذري** ، حيث قدم بور نموذجه في بنية الذرة معتمدة على التوفيق بين النموذج الذري والنظرية الكهرطيسية، مع استخدام نظرية الكم لبلانك في ذلك .

مبادئ النموذج الذري وفق نموذج بور :

1. إن تغيير طاقة الذرة مكمم
2. لا يمكن للذرة أن تتواجد إلا في حالات طاقية محددة، كل حالة منها تنتمي لسوية طاقية محددة.
3. عندما ينتقل الإلكترون في ذرة مثارة من سوية طاقية E_2 إلى سوية طاقية أدنى E_1 فإن الذرة تصدر فوتون طاقته تساوي فرق الطاقة بين السويتين $\Delta E = E_2 - E_1 = hf$.

حيث h ثابت بلانك ، f تواتر الاشعاع الصادر .

التكميم في ذرة الهدروجين :

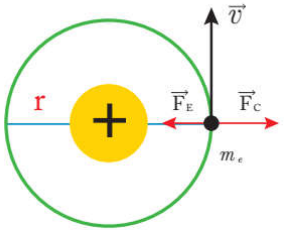
أبسط ذرة في الطبيعة وهي ذرة الهدروجين و تتكون من إلكترون واحد يتحرك في الحقل الكهربائي لبروتون واحد.

حدد القوى المؤثرة في إلكترون ذرة الهدروجين على مداره. بالرسم و أكتب علاقة شدة كل قوة منها .

- **القوة الكهربائية** الناجمة عن جذب النواة (بروتون) له، تعطى شدها بالعلاقة $F_E = k\frac{e^2}{r^2}$

- **قوة العطالة النابذة** ناجمة عن الدوران $F_C = m_e\frac{v^2}{r}$

- تهمل قوة **التجاذب الكتلي** بين البروتون والإلكترون لصغرها .



فسر سبب الحركة الدائرية المنتظمة لهذا الإلكترون بحسب فرضية بور .

لأن القوة الكهربائية الناجمة عن جذب النواة له مساوية لقوة العطالة النابذة.

ملاحظة : لا يمكن تحديد موضع الإلكترون أو سرعته بدقة وفق النظريات الحديثة ولكن الفرضيات المذكورة هنا وفق نظرية بور الذرية

فرضيات بور لذرة الهيدروجين :

سؤال : أكتب فرضيات بور لذرة الهيدروجين.

1) حركة إلكترون ذرة الهدروجين دائرية منتظمة
2) للإلكترون مدارات محددة لها أنصاف أقطار محددة حيث عزم كمية الحركة للإلكترون في مداره يعطى بالعلاقة $m_e v r = n\frac{h}{2\pi}$ حيث : $n = 1,2,3...$ رقم المدار .
3) لا يصدر الإلكترون طاقة طالما بقي متحركاً في أحد مداراته حول النواة، ولكنه يمتص طاقة بكميات محددة عندما ينتقل من مداره إلى مدار أبعد عن النواة، ويصدر طاقة بكميات محددة عندما ينتقل من مداره إلى مدار أقرب إلى النواة وتعطى بالعلاقة $\Delta E = hf$

انطلاقاً : من فرضيات بور لذرة الهيدروجين استنتج علاقة الطاقة الكلية للإلكترون في مداره بدلالة نصف القطر :

الطاقة الكلية مجموع الطاقة الحركية و الكامنة الكهربائية

$$E = E_p + E_k$$

$$E_p = -k\frac{e^2}{r}$$

$$\left.\begin{array}{l} E_k = \frac{1}{2}m_e v^2 \\ F_E = F_C \\ k\frac{e^2}{r^2} = m_e\frac{v^2}{r} \\ m_e v^2 = \frac{ke^2}{r} \end{array}\right| \left(E_k = \frac{1}{2}k\frac{e^2}{r}\right)$$

$$\Rightarrow \boxed{E = -k\frac{e^2}{2r}}$$

استنتاج علاقة نصف قطر إلكترون و طاقته برقم المدار n

انطلاقاً من شرط عزم كمية الحركة للإلكترون في مداره أوجد نصف قطر المدار و حدد نصف قطر بور و الطاقة الكلية بدلالة رقم المدار

$$m_e v r = n\frac{h}{2\pi} \quad : v^2 = \left(\frac{nh}{2\pi m_e r}\right)^2$$

$$E_k = \frac{1}{2}m_e v^2 = \frac{1}{2}m_e\left(\frac{nh}{2\pi m_e r}\right)^2 = \frac{1}{2}k\frac{e^2}{r}$$

فيكون نصف القطر

$$r = \frac{n^2h^2}{4\pi^2 m_e k} = n^2.r_0$$

حيث نصف قطر بور

$$(n=1): \quad r_0 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k}$$

بتعويض قيمة r تكون الطاقة الكلية

$$E = -k\frac{e^2}{2r} = -\frac{2\pi^2 m_e k^2 e^4}{n^2h^2} = \frac{E_0}{n^2}$$

حيث الطاقة في الحالة الأساسية

$$(n=1) \quad : E_0 = -\frac{2\pi^2 m_e k^2 e^4}{h^2} = -13.6eV$$

طاقة التأين :

- هي الطاقة اللازم إعطاؤها لإلكترون من حالة ارتباط في السوية الأساسية إلى حالة عدم ارتباط أي طاقة معدومة
- طاقة تأين ذرة الهيدروجين $13.6eV$
- $eV = 1.6\times10^{-19}J$ وحدة طاقة **الالكترون.فولت**

طاقة الإلكترون في مداره

تتكون الطاقة الكلية للإلكترون في مداره من قسمين سمهما مع الشرح و اكتب علاقة هذه الطاقة ، وماذا تلاحظ منها ؟

- **قسم سالب :** طاقة كامنة كهربائية بسبب تأثر الإلكترون بالحقل الكهربائي الناتج عن النواة
- **قسم موجب :** طاقة حركية بسبب الدوران حول النواة

$$E_n = E_p + E_k = -\frac{13.6}{n^2} \quad (eV)$$

ماذا تلاحظ من علاقة الطاقة الكلية للإلكترون ؟

- **الطاقة الكلية سالبة** لأن طاقة التجاذب الكهربائي هي القسم الأكبر منها .
- قيمتها المطلقة تتناسب عكساً مع مربع رتبة (رقم) المدار n .
- تزداد قيمتها بازدياد رقم المدار أي بابتعاد الإلكترون عن النواة .
- تنعدم في اللانهاية (خارج الذرة).

منشأ الطيوف الذرية

- توجد سويات طاقة مثارة كثيرة في الذرة ، يمكن للإلكترون أن يشغل أي سوية منها
- انتقال الإلكترون من سوية طاقية إلى سوية طاقية أدنى يؤدي إلى إصدار طاقة (إشعاع) تساوي فرق الطاقة بين السويتين،وعند حصول انتقالات مختلفة بين سويات الطاقة سوف نحصل على إصدارات بتواترات مختلفة تعطى بالعلاقة $\Delta E = E_2 - E_1 = hf$
- وعند تحليل حزمة ضوئية صادرة عن غاز مثار بالانفراغ الكهربائي سوف نجد أن الطيف مكون من عدد من الخطوط الطيفية، كل من هذه الخطوط يمثل انتقال الإلكترون بين سويتين طاقيتين في الذرة الهدروجين.

أنواع الطيوف الذرية : يمكن اصدار الطيف بإثارة الذرات بعدة طرق مثل الانفراغ الكهربائي أو التسخين حسب المادة و حالتها الفيزيائية لنحصل على أشكال طيفية مختلفة .

1. **الطيوف المستمرة: طيوف** تظهر فيها جميع ألوان الطيف على هيئة مناطق متجاورة دون فواصل بينها .

✓ مثل : تحلل ضوء الشمس بالهواء المشبع بالرطوبة وتكون قوس قزح ، و طيف مصباح الكهرباء ذو مقاومة التنغستين، وطيف اصدار الحديد المسخن لدرجة حرارة مرتفعة . **نلاحظ بتحليل الطيف السابقة طيف متصل مشابه لقوس قزح .**

✓ طيف الأجسام الصلبة الساخنة طيف متصل .

2. **الطيوف المتقطعة:** يتكون طيف الإصدار لهذه المنابع من خطوط طيفية أو عصابات طيفية منفصلة .

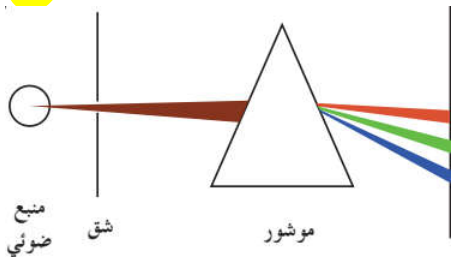
✓ مثل طيف إصدار ذرات الهدروجين و طيف مصباح بخار الزئبق و طيف ذرات الصوديوم المنثور فوق اللهب ، خطوطها الطيفية منفصلة عن بعضها بعضا.

✓ طيوف المصابيح الغازية طيوف متقطعة .

محمد المستريحي

تجربة تسجيل الطيف :

- ✓ نضع مصدر الطيف (منبع ضوئي) أمام شق في حاجز للحصول على حزمة متوازية تلاقي موشور زجاجي و تسقط الحزمة البارزة من الموشور على شاشة بيضاء لنرى طيف الاصدار . ..يمكن استخدام منابع ضوئية مختلفة **مثل :**
- ✓ ضوء الشمس ، سلك أو صفيحة من أي معدن كالقصدير و الحديد مسخنة بواسطة اللهب ، أو في مصباح كالتنغستين في هذه الحالة يكون **طيف الاصدار مستمر** ، حيث عند بدء تسخين المعدن يكون اللون أحمر ، ثم بازدياد درجة الحرارة أصفر ثم أبيض فتظهر كل الخطوط الطيفية
- ✓ كمنبع آخر يمكن استخدام رذاذ ملح كلوريد الصوديوم على اللهب ذي اللون الأصفر ، مصابيح كبخار الزئبق أو الهيدروجين فيكون **طيف الاصدار متقطع** و تبدو بألوان مميزة .**لأنه في هذه الحالة الذرات تصدر عدد محدد من الخطوط الطيفية**



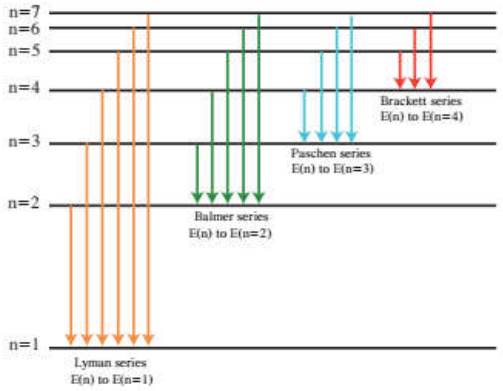
الطيوف الذرية

- ✓ الطيف الذي لعنصر هو سلسلة التواترات الضوئية الصادرة عن ذرات هذا العنصر،
- ✓ التواتر الأكثر كثافة يحدد لون الطيف .
- ✓ مثل طيف الصوديوم الذي يعود لونه لوجود خطين طيفيين لهما كثافة عالية في منطقة اللون البرتقالي

طيف الهيدروجين

ابسط الطيوف طيف ذرة الهيدروجين . ويحتوي عدة سلاسل

1. **سلسلة ليمان** (أكبر سلاسل الطيف طاقة) نحصل عليها عند عودة إلكترون ذرة الهدروجين من المستويات العليا أي ..$n = 2,3,4,5,6$ إلى السوية الأولى.
2. **سلسلة بالمر** نحصل عليها عند عودة إلكترون ذرة الهدروجين من السويات العليا أي ..$n = 3,4,5,6$ لى السوية الطاقية الثانية
3. **سلسلة باشن** تحصل عليها عند عودة إلكترون ذرة الهدروجين من السويات العليا أي ..$n = 4,5,6$ إلى السوية الطاقية الثالثة .



. سلسلة باشن بالمر ليمان .

التحليل الطيفي

- يلجأ علماء الكيمياء والفلك إلى استخدام تقانات التحليل الطيفي لكشف ما يحللونه، ومعرفة تركيبه الكيميائي.
- تعتمد تقانات التحليل الطيفي للمواد على امتصاص أو إصدار ذراتها للطاقة : فالمعادن مثلا تتوهج عند تسخينها إلى درجات حرارة عالية، ويتحلل الضوء الصادر عند إمراره عبر موشور زجاجي، إلى إشعاعات ملونة ذات أطوال موجية مختلفة ، تشكل في مجموعها طيف خطي مميز للمعدن فيتم كشفه .

فسر نشوء الطيف الذري لمعدن و ما فائدته ؟

- يعزى شكل هذا الطيف إلى حركة الإلكترونات الخارجية في الذرات المعتبرة التي تمت طاقة تثار بها ، فترتقي إلى سويات طاقية أعلى ، ثم تعود إلى السويات الطاقية الأساسية التي كانت تشغلها ، فتصدر طاقة على شكل إشعاع وحيد أو مجموعة من الإشعاعات المتتالية ، وتعد تواترات هذه الإشعاعات ، أو أطوالها الموجية **مميزة للعنصر المعني** ويمكن استخدامها للتعرف عليه.

أحمد المستريحي

الدرس الثاني : انتزاع الإلكترونات وتسريعها

طاقة انتزاع إلكترون من سطح معدن :

يتحرك الإلكترون الحر داخل المعدن بسرعة وسطية تتعلق بدرجة حرارة المعدن

فسر : تكون الإلكترونات الحرة في داخل المعدن خاضعة لقوى محصلتها قريبة من الصفر .

لأنها تنتج عن الجذب الكهربائي من قبل الأيونات الموجبة المبعثرة حوله بعشوائية .

فسر: تكون الإلكترونات الحرة عند سطح المعدن تكون محصلة القوى الجاذبة لها مختلفة عن الصفر وجهتها دوما نحو داخل المعدن

لأن الأيونات الموجبة التي تجذبها تتوزع بالنسبة لهذه الإلكترونات في الجهة الداخلية من المعدن فقط.

فسر : لانتزاع إلكترون من سطح معدن يحتاج إلى صرف طاقة (بذل عمل)

بسبب وجود محصلة غير معدومة لقوى الجذب الكهربائي للأيونات الموجبة الموجودة في الجهة الداخلية من المعدن

عرف طاقة الانتزاع و بم تتعلق ؟

طاقة الانتزاع : الطاقة الدنيا اللازمة لانتزاع إلكترون من سطح معدن لهذا المعدن. يرمز لطاقة الانتزاع بالرمز W_S

تتعلق قيمة طاقة الانتزاع **بمتحولات المعدن:** العدد الذري ، كثافة المعدن، طبيعة الروابط و بسبب اختلاف متحولات المعادن ، تختلف قيم طاقة الانتزاع من معدن لآخر .

استنتج مع الشرح طاقة انتزاع إلكترون حر من سطح معدن

لانتزاع إلكترون حر من سطح معدن ونقله مسافة صغيرة $d\ell$ خارج المعدن يجب تقديم طاقة أكبر من عمل القوة الكهربائية التي تجذب الإلكترون نحو داخل المعدن

$$W_S = Fd\ell \qquad :F = eE$$
$$W_S = eEd\ell \qquad :Ed\ell = U_S$$
$$E_S = W_S = eU_S$$

- W_S عمل الانتزاع
- E_S طاقة الانتزاع
- U_S كمون الانتزاع بين سطح المعدن والوسط الخارجي
- E الحقل الكهربائي المتولد عن الأيونات الموجبة عند سطح المعدن .

✓ **ملاحظة :** لانتزاع الإلكترون من ذرة يجب تقديم طاقة تساوي طاقة التأين لنقل الإلكترون من مدار داخلي في حالة ارتباط إلى خارج الذرة ، أما في حالة سطح معدن تكون الذرات متأينة و الإلكترونات حرة و يجب تقديم طاقة الانتزاع للتغلب على قوى الجذب الكهربائي من قبل الأيونات الموجبة لخروج الإلكترون من المعدن .

✓ **ملاحظة :** حتى يتم اقتلاع إلكترون بشكل مؤكد من سطح معدن يجب أن يحقق : اكتساب طاقة أكبر تماماً من طاقة الانتزاع مع توجهه نحو الوسط الخارجي مع عدم الاصطدام بأي جسيمات تعيق الحركة .

مناقشة : معدن طاقة انتزاعه E_S يمتص إلكترون حر من سطحه طاقة مقدارها E (الطاقة المقدمة الكلية) ناقش ماذا يحدث للإلكترون بحسب قيمة الطاقة المقدمة مقارنة بطاقة الانتزاع .

- $E < E_S$: لا يتم انتزاع الإلكترون .
- $E = E_S$: يتحرر الإلكترون من سطح المعدن بسرعة ابتدائية معدومة
- $E > E_S$: يتحرر الإلكترون من سطح المعدن بسرعة ابتدائية تعطى بالعلاقة

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

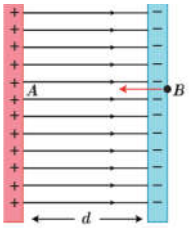
$$v = \sqrt{\frac{2(E - E_S)}{m_e}}$$

طرق انتزاع إلكترون من سطح معدن :

1. **الفعل الكهرضوئي:** تقدم الطاقة اللازمة لانتزاع الإلكترون على شكل طاقة ضوئية تواترها كاف $E = hf$
2. **الفعل الكهرحراري:** تقدم الطاقة اللازمة لانتزاع الإلكترون على شكل طاقة حرارية حيث يسخن المعدن، فتكتسب بعض إلكتروناته السطحية قدرة كافية من الطاقة تزيد من سرعتها وحركتها وتنبعث خارج المعدن.
3. **مفعول الحت:** يقذف سطح المعدن بحزمة جسيمات ذات طاقة كافية فيؤدي ذلك إلى تصادم للجسيمات مع الإلكترونات الحرة فيحصل انتقال جزء من طاقة الجسيم إلى الإلكترون، وعندما يكون هذا الجزء أكبر أو يساوي طاقة الانتزاع يمكن للإلكترون أن يقتلع من هذا المعدن. كما في الأشعة المهبطية

تسريع الإلكترونات :

يدخل إلكترون ساكن من ثقب في اللبوس السالب لمكثفة مستوية أدرس تحريكياً الإلكترون مبيناً طبيعة الحركة و استنتج سرعة خروجه من ثقب مقابل في اللبوس الموجب (سرعة وصوله)



يخضع الإلكترون لقوة كهربائية $\vec{F}=e\vec{E}$ ثابتة تعاكس جهة الحقل الكهربائي المنتظم

$$\Sigma\vec{F}=m_e\vec{a}$$
$$\vec{F}=e\vec{E}=m_e\vec{a}$$

بالاسقاط على محور موجه بجهة الحركة

$$F=eE=m_e a$$
$$a=\frac{eE}{m_e}=\frac{eU}{m_e d}=const$$

فالحركة مستقيمة متغيرة بانتظام

$$v^2-v_0^2=2ad$$
$$v^2=2\frac{eU}{m_e d}d=\frac{2eU}{m_e}\Rightarrow \boxed{v=\sqrt{\frac{2eU}{m_e}}}$$

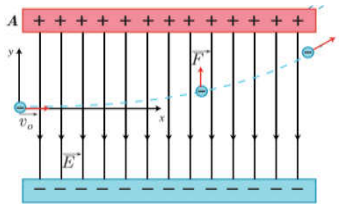
- يمكن زيادة سرعة الإلكترون بازدياد فرق الكمون بين اللبوسين .
- تصلح هذه العلاقة من أجل السرعات الصغيرة مقارنة بسرعة الضوء .
- في حالة **الحقل غير المنتظم** لا نطبق هذه الطريقة بل **نطبق نظرية الطاقة الحركية** بين وضعين الأول هو اللبوس السالب و النهائي اللبوس الموجب

$$\left.\begin{aligned}\Delta E_K&=\Sigma W_{\vec{F}}=W_{\vec{F}_E}\\ E_K-0&=\frac{1}{2}m_e v^2=eU\end{aligned}\right\}\Rightarrow \boxed{v=\sqrt{\frac{2eU}{m_e}}}$$

- بعد خروج الإلكترون من الحقل الكهربائي تنعدم القوة الكهربائية فيتحرك بتسارع معدوم بحركة مستقيمة منتظمة بحسب مبدأ العطالة .

انحراف الإلكترون بحقل كهربائي منتظم يعامد سرعته:

ندخل إلكترون بسرعة ابتدائية $\vec{v}$ بين لبوسي مكثفة مستوية حقلها الكهربائي يعامد هذه السرعة ادرس حركة الإلكترون مستنتجاً معادلة المسار .



- باعتبار لحظة و نقطة دخوله الحقل الكهربائي مبدأ للزمن والفواصل $(t=0, x_0=0, y_0=0)$ ندرس الإلكترون : $\vec{F}=e\vec{E}=m_e\vec{a}$: $\Sigma\vec{F}=m_e\vec{a}$
- بالاسقاط على $\overrightarrow{ox}$ منطبق على السرعة الإبتدائية وبجهتها : حيث تكون الحركة مستقيمة منتظمة :

$$\left.\begin{aligned}v_x&=v\\ F_x&=0\\ a_x&=0\end{aligned}\right\}\left|\begin{aligned}x&=v_x t+x_0\\ \boxed{x&=vt}\end{aligned}\right.$$

- بالاسقاط على $\overrightarrow{oy}$ مواز للحقل الكهربائي ويعاكسه جهةً : حيث تكون الحركة مستقيمة متغيرة بانتظام

$$\left.\begin{aligned}v_{0y}&=0\\ F_y&=F=m_e a_y\\ a_y&=\frac{F}{m_e}=\frac{eE}{m_e}\\ a_y&=\frac{eU}{m_e d}=const\end{aligned}\right\}\left|\begin{aligned}y&=\frac{1}{2}at^2+v_{0y}t+y_0\\ \boxed{y&=\frac{eU}{2m_e d}t^2}\end{aligned}\right.$$

- استنتاج معادلة المسار : لدينا $t=\frac{x}{v}$

$$y=\frac{eU}{2m_e d}\left(\frac{x}{v}\right)^2\Rightarrow \boxed{y=\frac{eU}{2m_e dv^2}x^2}$$

- حامل المسار ضمن الحقل الكهربائي قطع مكافئ
- بعد الخروج من الحقل تكون الحركة مستقيمة منتظمة لانعدام القوة الكهربائية . كما ذكرنا سابقاً . .

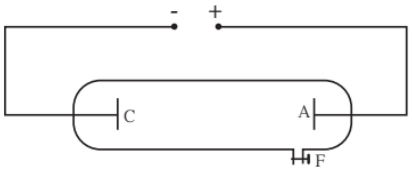
محمد المستريحي

الدرس الثالث:الانفراغ الكهربائي -الأشعة المهبطية

- **الانفراغ الكهربائي:** هو شرارة كهربائية تحدث عبر العازل (هواء، غازات) الفاصل بين جسمين مشحونين بفرق كمون كاف.
- يعد الانفراغ الكهربائي بمثابة تيار كهربائي مار في الغاز
- مثل : الصاعقة و البرق

تأثير فرق الكمون على ناقلية الغازات (التفسير):
لا تنقل الغازات التيار الكهربائي مالم يتم تأيينها، فعند تطبيق حقل كهربائي خارجي على الغاز المتأين تتحرك الجسيمات المشحونة ، إذ تتحرك الإلكترونات والأيونات السالبة باتجاه معاكس للحقل المطبق، وتتحرك الأيونات الموجبة باتجاه الحقل وتحدث الناقلية (أيون - إلكترون) والتيار المتولد في الغازات يدعى الانفراغ الكهربائي.

أنبوب الانفراغ الكهربائي : هو أنبوب زجاجي متين مغلق يحوي في طرفيه قطبين كهربائيين مصعد A و مهبط C يطبق بينهما توتر كهربائي متواصل و يوصل الأنبوب بمخلية هواء للتحكم بالضغط .



تأثير التوتر الكهربائي و نوع الغاز على ظاهرة الانفراغ الكهربائي :

نحضر مجموعة أنابيب انفراغ كهربائي من غازات مختلفة الضغط فيها حوالي $10mmHg$ و نطبق على كل منها توتر خارجي ونغير قيمته بين القيم $300V - 500V - 1300V$ ماذا تلاحظ ؟

- لا يظهر الضوء في أنابيب الانفراغ عند تطبيق توتر بقيمة أقل من $500V$
- تظهر في أنابيب الانفراغ أضواء بألوان مختلفة عند تطبيق توتر $500V$. مثلاً للنيون يكون اللون أحمر برتقالي ، و لبخار الزئبق يكون أزرق مخضر. .
- تزداد شدة الحزمة الضوئية في الأنابيب، ولا يتغير لونها بزيادة التوتر عن القيمة $500V$.

تأثير ضغط الغاز على مظهر الانفراغ الكهربائي :

نصل أنبوب انفراغ كهربائي بمخليه هواء ثم نطبق عليه توتر كهربائي متواصل عالي و ننقص ضغط الغاز تدريجيا لقيم $(110 - 100 - 10 - 0.01)mmHg$ ماذا تلاحظ ؟

- إن **مظهرّ الانفراغ الكهربائي** يتغيرٌ بتغيّر ضغط الغاز داخل الأنبوب.
- عند الضغط $110mmHg$ لا نلاحظٌ انفراغاً في الأنبوب مع سماع صوت طقطقة.
- عند الضغط $100mmHg$ نسمع طقطقات تدلُ على حدوث تفريغ كهربائي في الأنبوب.
- عند الضغط $10mmHg$ تختفي الطقطقات ونلاحظٌ عموداً ضوئياً مُتجانساً يمتد من المهبط إلى المصعد.
- عند الضغط $0.01mmHg$ يختفي الصُوءْ كلياً من الأنبوب و يتألق الزجاج بلون أخضر ناتج عن أشعةٍ غير مرئيةٍ صادرةٍ عن المهبط تسمى الأشعة المهبطية .

فسر تسمية الأشعة المهبطية بهذا الاسم وما اسم الفعل الذي تصدر فيه : لصدورها من المهبط ، تصدر بمفعول الحت

اكتب شرطي توليد الأشعة المهبطية .

1. فراغٌ كبير في الأنبوب ويتراوحٌ الضَّغطَ فيه الضغط $0.01 - 0.001mmHg$.
2. توترٌ كبيرٌ نسبيّاً بينَ قطبي الأنبوب حيث يولّدُ حقلاً كهربائياً شديداً بجوار المهبط.

آلية توليد الأشعة المهبطية و طبيعتها

- يحوي أنبوب الانفراغ الكهربائي كتلة غازية تتكون من ذرات و أيونات موجبة .
- عند تطبيق توتر عالي تتجه الأيونات الموجبة نحو المهبط بسرعة كبيرة و تؤين ما تصطدم به من ذرات لتصل المهبط وتصطدم بسطحه مسببة انتزاع الكترونات حرة من سطح المعدن لتبتعد عنه و تتسارع بتأثير الحقل الكهربائي و عند اصطدامها بذرات غازية تؤينها مجدداً و تعطي أيونات موجبة و هكذا .
- **تتألف الأشعة المهبطية** من إلكترونات منتزعة من مادة المهبط و من تأين ذرات الغاز بجوار المهبط و تتسارع هذه الإلكترونات بفعل الحقل الكهربائي الشديد الناتج عن التوتر المطبق .

خواص الأشعة المهبطية:

1. **تنتشر وفق خطوط مستقيمة ناظمية على سطح المهبط :** لذا يختلف شكل حزمة الأشعة بحسب شكل المهبط إذا كان المهبط مستويا فالحزمة متو ازية. و إن كان مقعر فالحزمة متقاربة. و إذا كان محدب فالحزمة متباعدة.
2. **تسبب تألق بعض الاجسام :** تهيج الأشعة المهبطية ذرات بعض المواد التي تسقط عليها فتتألق بألوان معينة عندما تسقط الأشعة المهبطية مثلاً : على الزجاج العادي يتألق بالأخضر، وعلى كبريتات الكالسيوم بالأصفر البرتقالي و يستفاد من هذه الخاصية في الكشف عن الأشعة .
3. **ضعيفة النفوذ :** لا تنفذ من خلال صفيحة من المعدن وتكون ظلا على الزجاج المتألق خلفها.
4. **تحمل طاقة حركية :** سرعة الأشعة المهبطية تقترث من سرعة انتشار الضوء في الخلاء لذلك يمكنها أن تدير دولاب خفيف وهذه الطاقة الحر كية يمكن أن تتحول إلى اشكال أخرى مثل طاقة كيميائية، حرارية، إشعاعية.
5. **تتأثر بالحقل الكهربائي :** تنحرف نحو اللبوس الموجب لمكثفة مشحونة مما يدل على أنها مشحونة بشحنة سالبة.
6. **تتأثر بالحقل المغناطيسي :** تنحرف بتأثير قوة لورنز المغناطيسية إذ تنحرف عمودياً على خطوط الحقل المغناطيسي الذي يؤثر عليها.
7. **تنتتج أشعة سينية :** إذا صدمت صفيحة مصنوعة من معدن ثقيل
8. **تؤين الغازات** : عندما تنشر الأشعة المهبطية في غاز ما فإنها تنزع إلكترون من الذرة الغازية وتتحول إلى أيون مما يؤدي إلى توهج الغاز.
9. **تعمل عمل الأشعة الضوئية في تأثيرها بألواح التصوير الضوئي الحساسة للضوء.**

- **إن كان شكل المهبط مقعر (أو مستوي ، أو محدب)ما شكل حزمة الأشعة المهبطية و لماذا ؟**
- **تتألق بعض الأجسام (مثلاً الزجاج العادي يتألق بالأخضر) عند سقوط الأشعة المهبطية عليه ؟**
- **كيف يمكن الكشف عن الأشعة المهبطية مع التعليل**
- **تستطيع الأشعة المهبطية تدوير دولاب خفيف ؟**
- **ما طبيعة الأشعة المهبطية و كيف نثبت ذلك تجريبياً ؟**
- **فسر : تتأثر الأشعة المهبطية بالحقل الكهربائي و المغناطيسي**
- **فسر توهج الغاز عند مرور الأشعة المهبطية فيه .**
- **عدد أو اشرح ثلاث خصائص**

الدرس الرابع : الفعل الكهرحراري

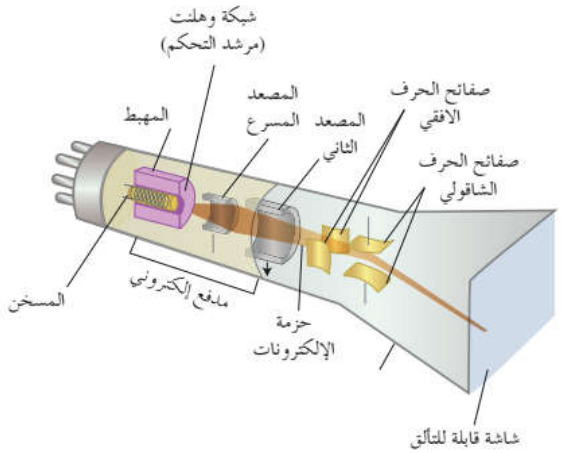
- **نسخن سلك معدني إلى درجة حرارة معينة، ماذا يحدث لبعض إلكتروناته الحرة عند بدء التسخين؟**
تكتسب بعض الإلكترونات الحرة للسطح المعدني طاقة تزيد من سرعتها وحركتها العشوائية.
- **ماذا يحدث عند استمرار التسخين؟**
تكتسب بعض الإلكترونات الحرة طاقة كافية لتنطلق من السطح المعدني .
- **ما الشحنة الكهربائية التي يكتسبها السلك المعدني؟**
يكتب سطح المعدن شحنة موجبة.
- **ما الأفعال المتبادلة بين المعدن والإلكترونات؟**
تجاذب كهربائي لأن المعدن موجب الشحنة و الإلكترونات سالبة الشحنة
- **ماذا نسمي هذه الظاهرة ؟**
ظاهرة الفعل الكهر حراري.
- **كيف تم كشف هذه الظاهرة ؟**
اكتشفها توماس أديسون حيث لاحظ تحول الهواء المحيط بسلك المعدن المتوهج إلى وسط ناقل
- **كيف تفسر تشكل سحابة إلكترونية كثافتها ثابتة حول السلك؟** باستمرار التسخين يزداد خروج الإلكترونات من ذرات سطح المعدن (إلى حد معين) وتزداد شحنة المعدن مما يزيد من قوة جذب المعدن للإلكترونات المنطلقة وفي لحظة ما يتساوى عدد الإلكترونات المنطلقة مع عدد الإلكترونات العائدة لسطح المعدن، فتتشكل سحابة إلكترونية، كثافتها ثابتة حول سطح المعدن.
- **ماذا يحصل إذا طبقنا على السحابة الإلكترونية حقلا كهربائيا(بوضع مصعد موجب)؟**
عند تطبيق حقل كهربائي، فإن الإلكترونات الخارجة من سطح المعدن لا تعود إليه. وإنما تتحرك في الحقل نحو المصعد ويساعد هذا على إصدار إلكترونات جديدة، وتستمر العملية و بسرعة كبيرة جدا، حيث تتسارع الإلكترونات مكونة حزمة إلكترونية.
- **تعريف الفعل الكهرحراري :** هو انتزاع إلكترونات حرة من سطح معدن بتسخينه إلى درجة حرارة مناسبة.
- **ما العوامل المؤثرة بعدد الإلكترونات المنتزعة بالفعل الكهرحراري ؟**
يزداد عدد الإلكترونات المنتزعة في الثانية الواحدة من سطح المعدن كلما:

1. قل الضغط المحيط بسطحه.
2. ارتفعت درجة حرارة المعدن.

راسم الاهتزاز الإلكتروني

- هو جهاز يستخدم لقياس التوتر الكهربائي المتغير ويفيد في مراقبة الحركات الدورية و كذلك في الأجهزة الطبية والرادار و المجهر الإلكتروني و تطبيقات كثيرة أخرى . ..
- و هو عبارة عن أنبوب مخروطي يتألف من **الأقسام الرئيسية التالية :**

1) **مدفع إلكتروني :** يصدر حزمة إلكترونية بافعل الكهرحراري منطبقة على محور الأنبوب .
2) **الجملة الحارفة :** مكثفتان مستويتان تحرف الحزمة أفقياً و شاقولياً بحسب التوتر المطبق عليهما .
3) **الشاشة المتألقة :** تقع عند قاعدة المخروط تتألق عند سقوط الحزمة لتظهر منحني تغير التوتر .



شرح الأقسام و أجزاؤها و وظيفة كل جزء		
القسم الرئيسي	الأجزاء في كل قسم	الوصف و الوظيفة
1. المدفع الإلكتروني	A. المهبط:	• صفيحة معدنية يطبق عليها توتر سالب • يصدر إلكترونات بالفعل الكهرحراري عن طريق تسخينه بوساطة سلك تسخين من التنغستين يمر فيه تيار متواصل.
	B. شبكة وهلنت:	• وهي أسطوانة تحيط بالمهبط في قاعدتها ثقب ضيق، وتوصل 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 النافذة من ثقبها: من خلال تغيير التوتر السالب المطبق على الشبكة مما يغير من شدة إضاءة الشاشة.
	C. مصعدان موجبان :	• تسريع الحزمة الإلكترونية على مرحلتين : • الأولى: بين الشبكة والمصعد الأول بتطبيق توتر عال موجب قابل للتغيير • الثانية: بين المصعدين بتطبيق توتر عال موجب ثابت
2. الجملة الحارفة	مكثفة مستوية لبوساها أفقيان	"حقلها الكهربائي شاقولي" تحرف الحزمة الإلكترونية شاقولياً.
	مكثفة مستوية لبوساها شاقوليان	"حقلها الكهربائي أفقي" تحرف الحزمة الإلكترونية أفقياً.
3. الشاشة المتألقة الطبقات مرتبة من الخارج للداخل	A. طبقة سميكة من الزجاج.	
	B. طبقة رقيقة ناقلة من الغرافيت	تعمل دور الواقي للحزمة الإلكترونية من الحقول الخارجية كما أنها تعيد الإلكترونات التي سببت التألق إلى المصعد وتغلق الدارة.
	C. طبقة رقيقة من مادة متألقة "كبريت الزنك".	تتألق بسبب صدمها بإلكترونات الحزمة الواردة
	D. وريقة من الألمنيوم رقيقة (ثخنها عدة ميكرونات)	تسمح بعبور الإلكترونات نحو المادة المتألقة و تعكس تألق المادة المتألقة نحو الخارج

الدرس الخامس : نظرية الكم و الفعل الكهرضوئي

وفق النظريات الكلاسيكية يدور الإلكترون حول النواة بحركة دائرية و يفقد طاقته عند اصدار اشعاع و تنقص سرعة الدوران ونصف القطر حتى يستقر الإلكترون في النواة و تفنى الذرة .. هذا مالا نصادفه في الواقع . إذا تمتص الذرة الاشعاع وتصدره لكن دون أن تفنى . ، هنا عجزت النظريات الكلاسيكية في تفسير سلوك الإلكترون في الذرة **وتم اعتماد نظرية الكم**

أسس نظرية الكم

1) فرضية بلانك: افترض بلانك أن الضوء والمادة يمكنهما تبادل الطاقة من خلال كميات منفصلة من الطاقة ميت (كمات الطاقة)، تعطى طاقة كل كمة بالعلاقة $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$
2) فرضية أينشتاين: افترض أينشتاين أن 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.

- $h = 6.63 \times 10^{-34} J.s$ ثابت بلانك في الاشعاع .
- و f تواتر الاشعاع ، λ طول موجته
- $c = 3 \times 10^{8} m.s^{-1}$ سرعة انتشار الضوء .

خصائص الفوتون

1) الفوتون أو (حبيبة الطاقة) هو جسيم يواكب موجة كهرطيسية ذات التواتر f
2) شحنه الكهربائية معدومة
3) يتحرك بسرعة انتشار الضوء c
4) طاقته تساوي $E = hf$
5) يمتلك كمية حركة $P = mc$

علاقة كمية الحركة للفوتون بطول الموجة

$$P = mc \quad : E = mc^2 \quad : \quad m = \frac{E}{c^2}$$

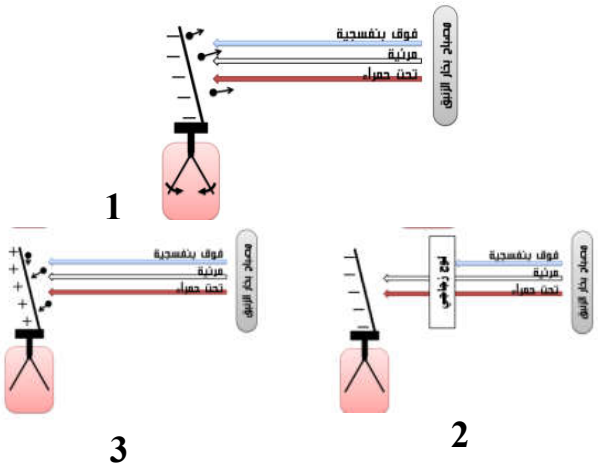
$$P = \frac{E}{c^2}c = \frac{E}{c} = \frac{hf}{\lambda f}$$

$$\Rightarrow \boxed{P = \frac{h}{\lambda}}$$

الفعل الكهرضوئي : انتزاع الإلكترونات الحرة من المادة عند تعرضها لإشعاعات كهرطيسية مناسبة .

تجربة هرتز :

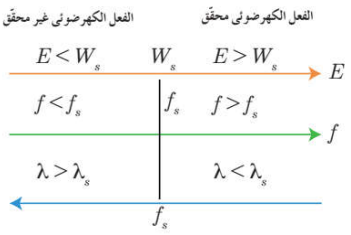
1. **نثبت صفيحة من التوتياء فوق كاشف كهربائي و نقوم بشحن الصفيحة بشحنة سالبة، ماذا نلاحظ؟**
تنفرج وريقتا الكاشف دالة على شحنة الصفيحة.
2. **نسلط ضوء المصباح على صفيحة التوتياء، ماذا تتوقع أن يحدث لوريقتي الكاشف؟**
تنتزع بعض الإلكترونات من صفيحة التوتياء بالفعل الكهر ضوئي، وتدفعهم شحنة الصفيحة السالبة فتبتعد الإلكترونات عن الصفيحة مما يؤدي إلى فقدانها تدريجيا لشحنتها السالبة حتى تتعادل، فتتقارب وريقتا الكاشف حتى تنطبقا. **شكل 1**
3. **نعيد التجربة السابقة بعد أن نضع بين المصباح وصفيحة التوتياء لوحة زجاجية ، ماذا نلاحظ؟ نقرب المصباح من الصفيحة مع بقاء اللوح بينهما، هل يتغير انفراج الوريقتين؟**
لا يتغير انفراج وريقتي الكاشف الكهربائي لأن اللوح الزجاجي يمتص الأشعة فوق البنفسجية المسؤولة عن انتزاع الإلكترونات، ويمنعها من الوصول إلى الصفيحة بينما يسمح بمرور الأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء التي لا تمتلك الطاقة الكافية لانتزاع الإلكترونات مهما زدنا شدتها عند التقريب. **شكل 2**
4. **نسحب اللوح الزجاجي، هل تفقد الصفيحة شحنتها؟**
نعم
5. **نشحن الصفيحة بشحنة موجبة، ثم نعرضها لضوء مصباح الزئبق، ماذا يحدث لشحنة الصفيحة؟**
إن الإلكترونات التي يجري نزعها عاد جذبها إلى الصفيحة بسبب شحنتها الموجبة، فنجد أن وريقتي الكاشف لا تتأثر فلا يتغير انفراجها. **شكل 3**



شرح الفعل الكهرضوئي وفق فرضية آينشتاين

يسقط فوتون تواتر f على سطح معدن له عمل (طاقة انتزاع $E_S = W_S$ حيث يلاقي إلكترون ناقش مصير الإلكترون عند امتصاصه كامل طاقة الفوتون الوارد

- طاقة الفوتون أقل من طاقة الانتزاع: $E = hf < E_S$: يكتسب الإلكترون طاقة حركية و لا يتم انتزاعه .
- طاقة الفوتون تساوي طاقة الانتزاع: $E = hf = E_S$ يتحرر الإلكترون من سطح المعدن بطاقة حركية معدومة نسمي تواتر الموجة عند ئذ تواتر العتبة f_S
- طاقة الفوتون أكبر من طاقة الانتزاع: $E = hf > E_S$: يتحرر الإلكترون من سطح المعدن حيث يمتص جزء من الطاقة للانتزاع و الباقي يحمله كطاقة حركية $E_K = E - E_S = hf - E_S$



نتيجة حتى يتم انتزاع إلكترون بالفعل الكهرضوئي يجب أن تكون طاقة الفوتون الوارد أكبر أو تساوي طاقة الانتزاع .

معادلة آينشتاين في الفعل الكهرضوئي

سؤال: يرد فوتون على سطح معدن ما الشرط الذي يجب أن يحققه لكي يتم تحرر إلكترون من سطح المعدن ؟ و استنتج علاقة الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المنتزع بدلالة طول الموجة ؟ كيف نزيد هذه الطاقة ؟

- **شرط الانتزاع** $\lambda \le \lambda_S : f \ge f_S : E \ge E_S$
- الطاقة الحركية للإلكترون (معادلة الفعل الكهرضوئي لآينشتاين): $E_K = hf - E_S = hf - hf_S$

$$\Rightarrow \boxed{E_K = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_S}\right)}$$

تزداد الطاقة الحركية بازدياد تواتر الفوتون الوارد أي نقصان طول موجته .

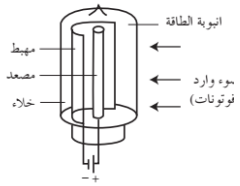
مقارنة النتائج التجريبية مع الفرضيات الكلاسيكية و فرضية آينشتاين :

1. لا يحدث الفعل الكهرضوئي إذا كان تواتر الضوء الوارد أقل من تواتر العتبة و الذي تتعلق قيمه بطبيعة المعدن، أما النظرية الموجية، فتعتبر أن الفعل الكهرضوئي يحدث عند جميع التواترات بحسب شدة الضوء الوارد.
2. لا تزداد الطاقة الحركية العظمى للالكترون المنتزع بزيادة شدة الضوء لأن الإلكترون لا يمتص سوى فوتون واحد من الفوتونات الواردة، بينما اعتبرت النظرية الموجية أن الضوء ذا الشدة العالية يحمل طاقة أكثر للمعدن و بالتالي تزداد الطاقة الحركية للالكترون المنتزع بزيادة شدة الضوء الوارد.
3. تزداد الطاقة الحركية العظمى للالكترون المنتزع بزيادة تواتر الضوء الوارد، بينما اعتبرت النظرية الموجية أنه لا علاقة بين طاقة الإلكترون و تواتر الضوء الوارد
4. يحدث انتزاع للالكترونات من سطح المعدني آنية مهما كانت قيمة شدة الضوء الوارد، وبحسب النظرية الموجية يحتاج الإلكترون لزمن امتصاص الفوتون الوارد حتى ينتزع

مقارنة	النظرية الموجية	فرضية آينشتاين
شرط الفعل الكهرضوئي	يجب ان تكون شدة الاشعاع كافية	يجب أن يكون التواتر أكبر من تواتر العتبة
الطاقة الحركية للإلكترون المنتزع	تزداد بازدياد شدة الاشعاع	تزداد بازدياد التواتر
زمن حدوث الفعل الكهرضوئي	يحتاج لزمن للامتصاص	آني
تأثير زيادة شدة الاشعاع	تزيد الطاقة الحركية للإلكترونات المنتزعة	يزداد عدد الإلكترونات المنتزعة
تأثير زيادة تواتر الاشعاع	لا تأثير له	تزداد الطاقة الحركية

- **أكتب علاقة الاستطاعة الضوئية "شدة الضوء"مع شرح رموزها و ما تأثيرها على الفعل الكهرضوئي ؟**
- $P = N.hf$: حيث : N عدد الفوتونات الواردة في الثانية ، h ثابت بلانك ، f تواتر الاشعاع ، بازديادها يزداد عدد الإلكترونات المنتزعة بالفعل الكهرضوئي

الخلية الكهرضوئية:

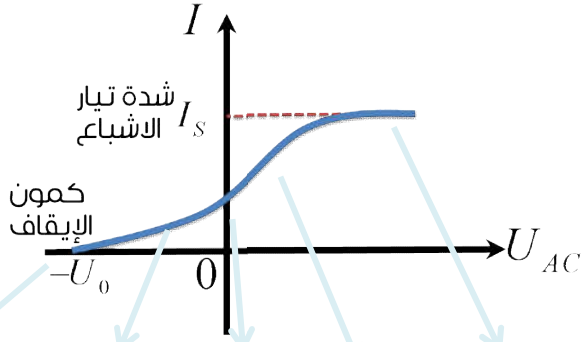


تتألف الخلية الكهرضوئية من حبابة من الكوارتز مخلاة من الهواء، تحتوي مسرى معدني يغطي سطحه طبقة رقيقة من معدن قلوي يتلقى الضوء، يسمى المهبط C،

كما تحتوي على مسرى آخر يسمى المصعد A.

تجربة : في أحد تجارب الفعل الكهرضوئي تم قياس شدة التيار المار في الخلية الكهرضوئية مضاءة بضوء مناسب وحيد اللون و فرق الكمون بين طرفيها حيث زدناه بدءاً من قيم سالبة كبيرة مع الازدياد التدريجي للتوتر و المطلوب

ارسم الشكل البياني لتغيرات الشدة بدلالة فرق الكمون بين المصعد والمهبط و ماذا تلاحظ منها .



وصول لشدة تيار الاشباع لأن جميع الإلكترونات المنتزعة وصلت المصعد	تزداد الشدة بسبب تسريع الإلكترونات لتصل بعدد أكثر للمصعد بسبب التوتر المباشر	يمر تيار لوصول بعض الإلكترونات للمصعد بسبب السرعة الابتدائية رغم انعدام التوتر	تزداد الشدة بانقاص التوتر العكسي بسبب نقصان تأثير الابطاء	لا يمر التيار لأن التوتر العكسي يمنع أي إلكترون من الوصول للمصعد

يبدأ مرور التيار في الخلية بدءا من قيمة توتر سالبة هي توتر الإيقاف $-U_0$ .. بازدياد التوتر يزداد التيار ليبلغ القيمة العظمى I_S "شدة تيار الإشباع " حيث لا تزداد مهما زدنا التوتر المطبق .

ما أصغر توتر لا يمر عنده التيار في الخلية مع التفسير ؟

لا يمر التيار عندما $U_{AC} < -U_0$ حيث U_0 توتر الإيقاف للخلية . حيث تنشأ قوة كهربائية لإعادة كل إلكترون منطلق من المهبط إليه فلا يمر تيار

عند تطبيق توتر عكسي – توتر سالب – كمون المهبط أعلى من كمون المصعد هل يمر تيار في الخلية الكهرضوئية ولماذا ؟

نعم يمر تيار لأن الإلكترونات تنطلق بالفعل الكهرضوئي بسرعة غير معدومة و رغم التوتر السالب الذي يؤثر بقوة كهربائية تبطئ الإلكترونات بعض الإلكترونات يصل المصعد مسبباً مرور تيار

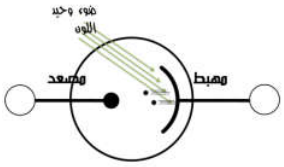
ماذا يحصل لشدة التيار بانقاص التوتر العكسي بالقيمة المطلقة دون القيمة U_0 ؟

تزداد شدة التيار لنقصان شدة القوة الكهربائية المسببة لإبطاء الإلكترونات فيزداد عدد الإلكترونات الواصلة للمصعد .

عند تطبيق توتر مباشر – توتر موجب – كمون المهبط أصغر من كمون المصعد - ماذا يحصل لشدة التيار مع التفسير ؟

تزداد شدة التيار بازدياد التوتر المباشر لأن القوة الكهربائية تسرع الإلكترونات فيزداد عدد الإلكترونات الواصلة للمصعد حتى الوصول لشدة ثابتة هي شدة تيار الاشباع I_S حيث تسبب القوة الكهربائية وصول جميع الإلكترونات المنتزعة من المهبط إلى المصعد .

إن كان التوتر بين المصعد والمهبط معدوم هل يمر تيار في الخلية الكهرضوئية مع التفسير ؟



نعم يمر تيار لأن بعض الإلكترونات المنتزعة من المهبط لها سرعة إبتدائية تكفي للوصول للمصعد

ماذا يحصل لو زدنا الاستطاعة الضوئية(شدة الضوء) ؟

تزداد شدة تيار الاشباع بازدياد الاستطاعة الضوئية لازدياد عدد الإلكترونات المنتزعة حيث **الاستطاعة الضوئية** :

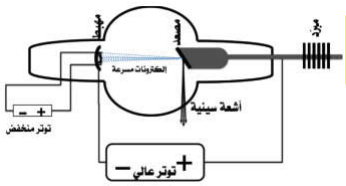
$P = N.hf$: حيث : N عدد الفوتونات الواردة في الثانية ، h ثابت بلانك ، f تواتر الاشعاع

الدرس السادس : الأشعة السينية

هي الأشعة المتولدة عن سقوط حزمة عالية الطاقة من الإلكترونات على هدف من معدن ثقيل .

اكتشفها العالم وليم روتجن عند مراقبة تأثير الأشعة المهبطية في أنبوب كروكس على الأجسام المعدنية

جهاز توليد توليد الأشعة السينية و آلية التوليد



يستخدم لتوليدها انبوب كوليدج، وهو انبوب زجاجي مخلى من الهواء تخلية شديدة، ويحوي الأنبوب سلك مصنوع من التنغستين، يسخن لدرجة التوهج بوساطة تيار كهربائي مستمر ، و يحيط بالسلك مهبط معدني مقعر الشكل يعمل على عكس حزمة الالكترونات المنبعثة من السلك وتجميعها على الهدف الموصول بالمصعد (مقابل المهبط)، ويصنع الهدف من معدن ثقيل، درجة حرارة انصهاره مرتفعة جدا مثل الموليبدن ، و يوضع بحيث بزاوية 45° و يثبت بأسطوانة نحاسية موصولة للمبرد

آلية توليد الأشعة السينية

- **عند تسخين سلك التنغستن** تنتزّعُ منه إلكترونات بالفعل الكهرحراري .
- تُسرّع الإلكترونات المُنتزّعة **بالحقل الكهربائي الشديد المُطبّق بينَ المصعد والمهبط**.
- تصطدمُ الإلكترونات المُسرّعة **بذرّات الهدف** يؤدّي جزء منها إلى انتزاع إلكترون من إلكترونات الطبقة الداخليّة ويُخلّفَ وراءه ثقباً.
- ينتقل أحدُ إلكترونات من الطبقات العليا لذرّات الهدف بسرعةٍ ليحلّ في الثقب، ويترافق ذلك بإصدار فوتونات ذات طاقةٍ عاليةٍ جداً (أمواج كهرطيسيّة) هي الأشعّة السينية .
- يؤدي اصطدامُ الجزءِ الأكبر من الإلكترونات المُسرّعة بذرّات الهدف إلى تحوّل كامل طاقيها الحركيّة إلى طاقة حراريّة في مادّة الهدف فترتفع حرارتها **مما يستدعي تبريدها.**

استنتاج التواتر الأعظمي وطول الموجة الأقصر لفوتون الأشعة السينية و بم يتعلق ؟

الفوتون ذو الطاقة الأعلى تساوي الطاقة الحركية العظمى للإلكترون الوارد للهدف

$$\left.\begin{array}{l} E = E_K \\ h.f_{\max} = h.\dfrac{c}{\lambda_{\min}} = e.U \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} f_{\max} = \dfrac{eU}{h} \\ \lambda_{\min} = \dfrac{hc}{eU} \end{array}}$$

ينقص طول الموجة و يزداد التواتر بازدياد التوتر المطبق بين المصعد و المهبط

كيف نتحكم بطول الموجة الأقصر (أو الطاقة) للأشعة السينية ؟

بتغيير التوتر المطبق بين المصعد والمهبط لتتغير الطاقة الحركية للإلكترون الوارد وبالتالي تتغير الطبقة الداخلية التي ينتزع منها إلكترون ذرة الهدف فتتغير طاقة فوتون الأشعة السينية .

كيف نتحكم بشدة (كثافة)الأشعة السينية ؟

بتغيير التوتر المطبق على سلك التنغستين فتتغير درجة حرارته و بالتالي يتغير عدد الإلكترونات التي يصدرها .

مقارنة بين الفعل الكهرضوئي و الأشعة السينية :

- ✓ في الفعل الكهرضوئي تسقط فوتونات ذات طاقة كافية تواكب موجة كهرطيسية على سطح معدن لتنتزع منه إلكترونات
- ✓ في الأشعة السينية تسقط إلكترونات مسرعة على سطح معدن لتنبعث منه أشعة كهرطيسية تواكبها فوتونات

خواص الأشعة السينية

1. **ذات طبيعة موجية**: فهي أمواج كهرطيسية، أطوال موجاتها قصيرة جداً لذلك تكون طاقتها عالية جداً .
2. **ذات قدرة عالية على النفاذ** : بسبب قصر طول موجتها.
3. **تصدر من ذرات العناصر الثقيلة** : بعد تهيجه بطريقة مناسبة، أو من الالكترونات المسرعة بعد كبحها .
4. **تشبه الضوء** : من حيث الانتشار المستقيم و الانعكاس والانكسار و التداخل ولها نفس سرعة انتشار الضوء في الخلاء
5. **لا تملك شحنة كهربائية** : فلا تتأثر بالحقل الكهربائي أو المغناطيسي
6. **تسبب تألق المواد التي تسقط عليها**: بسبب قدرتها على إثارة ذرات هذه المواد ، وتؤثر بأفلام التصوير.
7. **تؤثر في الأنسجة الحية** : و تقتل الخلايا احية عند التعرض الطويل لذلك تستخدم ألبسة تحوي الرصاص للوقاية منها
8. **تؤين الغازات:** فوتونات الأشعة السينية ذات طاقة كبيرة تكفي لتأين الغاز الذي تخترقه

قابلية امتصاص ونفوذ الأشعة السينية :

تتوقف قابلية امتصاصها ونفاذها على:

1. **ثخن المادة:** تزداد نسبة الأشعة الممتصة وتقل نسبة النافذة منها كلما ازداد ثخن المادة.
2. **كثافة المادة:** تزداد نسبة الأشعة الممتصة بازدياد كثافة المادة، كالرصاص والذهب والعظام، وتزداد نسبة النافذة منها بنقصان كثافة المادة، كالخشب والبلاستيك وجلد الإنسان، **لذلك يستخدم** نوع منها في تشخيص الكسور عند تعرض الإنسان لحادث.
3. **طاقة الأشعة:** تتعلق نفوذية أشعة X- بطاقتها المرتبطة بقيمة فرق الكمون المطبق على أنبوب توليدها. نميز نوعين من الأشعة المستخدمة من حيث الطاقة:

A. **الأشعة اللينة:** أطوال موجاتها $1nm < \lambda < 13.6nm$ طاقتها منخفضة نسبية وامتصاصها كبير ونفوذها قليل.

B. **الأشعة القاسية:** أطوال موجاتها $0.001nm \le \lambda \le 1nm$ طاقتها عالية وامتصاصها قليل ونفوذها كبير.

فسر تستخدم الاشعة السينية في كشف الكسور

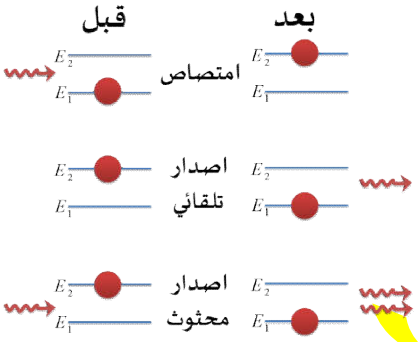
لأن نفوذيتها شديدة عبر النسج القليلة الكثافة كالعضلات والجلد و نفوذيتها ضعيفة عبر النسج الكثيفة كالعظام .

الدرس السابع : الليزر و الاصدار المحثوث

تعني كلمة ليزر اختصار تضخيم الضوء بالاصدار المحثوث للأشعة .

مم تتكون أشعة الليزر ؟

من أمواج كهرطيسية فوتوناتها لها نفس التواتر و الطور والاتجاه و الطاقة على شكل حزمة متماسكة عالية الطاقة .



- **امتصاص الاشعاع :** هو انتقال الذرة من مستوى طاقة دنيا E_1 إلى مستوى طاقة مثار E_2 بامتصاص اشعاع طاقته تساوي الفرق بين السويتين $\Delta E = E_2 - E_1 = hf$
- **الاصدار التلقائي :** هو عودة الذرة المثارة إلى سوية طاقية أدنى مع اصدار فوتون طاقته تساوي الفرق بين السويتين $\Delta E = E_2 - E_1 = hf$ ، تكون **الفوتونات الصادرة** في جميع الاتجاهات و موجاتها الكهرطيسية مختلفة بالطور (غير مترابطة)
- **الاصدار المحثوث :** يتم حين يرد فوتون على الذرة المثارة طاقته تساوي الفرق بين السويتين $\Delta E = E_2 - E_1 = hf$ فيحفز إلكترونها للعودة للسوية الأساسية لتصدر **فوتون يتميز بأن له :** نفس جهة ، و نفس طور (متماسكة بالطور) ، ونفس طاقة الفوتون الوارد أي نفس التواتر

الاصدار العفوي	الاصدار المحثوث
يحدث للذرة المثارة بوجود أو بعدم وجود اشعاع	يحدث للذرة المثارة بوجود اشعاع طاقته نفس الفرق بين السوة المثارة والأساسية
يحدث بجميع الاتجاهات	بجهة الفوتون الوارد
يأخذ الفوتون الصادر أي طور .	للفتون الصادر طور يطابق الفوتون الوارد

خواص حزمة الليزر

1. **وحيدة اللون :** لها نفس تواتر الفوتون الذي حثها
2. **مترابطة بالطور :** الفوتونات المحثوث لها نفس طور الفوتون الذي حثها .
3. **انفرجها ضيق :** لا يتوسع مقطع الحزمة كثيراً بالابتعاد عن المنبع .

- **فسر تستخدم أشعة الليزر في القياس و التخطيط :** بسبب انفرجها الضيق فلا تتشتت بالابتعاد عن المنبع
- **فسر لا تتحلل حزمة الليزر بالموشور :** لأنها وحيدة اللون فلها نفس تواتر الفوتون الذي حثها

جهاز الليزر

عدد أقسام جهاز الليزر ؟

الوسط الفعال ، حجرة التضخيم ، جملة الضخ

1- الوسط الفعال : يقوم باصدار الليزر بالاصدار المحثوث

يحوي ذرات تتميز بوجود سويتين مثارة و أساسية بحيث يكون عدد الذرات المثارة N^* و الذرات بالحالة الأساسية N

- عندما تمر في هذا الوسط حزمة ضوئية لفوتوناتها طاقة تساوي فرق الطاقة بين السويتين المثارة والأساسية $\Delta E = E_2 - E_1 = hf$
- يحتمل حدوث امتصاص أو اصدار
- نسبة حدوث الامتصاص تتناسب مع عدد الذرات غير المثارة (في الحالة الأساسية N)
- نسبة حدوث الاصدار تتناسب مع عدد الذرات المثارة N^*

ترد حزمة ضوئية طاقتها مناسبة في وسط يحوي ذرات في سويتين مثارة و أساسية ناقش مصير الحزمة بحسب عدد الذرات في السويتين ؟

- $N^* > N$: الذرات المثارة أكثر ، فالاصدار المحثوث أكثر من الامتصاص يعد الوسط مضخم للضوء فيصدر الليزر.
- $N^* < N$: الذرات المثارة أقل ، الاصدار المحثوث أقل من الامتصاص فتقل شدة الحزمة فلا يحدث اصدار ليزر .

2- حجرة التضخيم (المرنان) : تقوم بزيادة شدة حزمة الليزر بزيادة عدد عمليات الاصدار المحثوث

- تتكون من مرآتين تحيطان بالوسط المضخم أحدهما عاكسة كلياً والأخرى عاكسة جزئياً للسماح بخروج حزمة الليزر للوسط الخارجي .
- يحدث بين المرآتين انعكاس متكرر وفق نفس المنحى لحزمة الليزر مما يؤدي لزيادة عدد مرات الاصدار المحثوث **لتزداد شدة حزمة الليزر** و طاقتها و ينفذ جزء ذو شدة مناسبة من المرآة ذات العاكسية الجزئية

3- جملة الضخ : مصدر الطاقة لعمل الليزر

ما المقصود بجملة الضخ و فسر أهميتها ؟

مصدر طاقة (مؤثر) خارجي لاعادة الذرات التي تقوم بالاصدار المحثوث إلى الحالة المثارة للإبقاء على الوسط الفعال المضخم للضوء .

عدد أنواع الضخ مع الشرح

1. **ضخ ضوئي :** مصابيح وماضة .
2. **ضخ كهربائي :** عن طريق التفريغ الكهربائي.
3. **ضخ كيميائي :** طاقة التفاعل الكيميائي بين مكونات الوسط

أنواع الليزرات

نوع الليزر	الوسط المضخم	نوع الضخ
غازي	غازي مثل ليزر هليوم نيون	كهربائي
صلب	ليزر نصف ناقل	كهربائي
ياقوتي	ياقوت	ضوئي
سائل	كلوريد الألمنيوم في الإيثانول	كيميائي

استخدامات الليزر :

في شتى المجالات من طب و جراحة و مراقبة تلوث وو التحليل واللقص واللحام و توجيه الصواريخ و الاتصارات

إعداد محمد المستريحي 0948395176

محمد المستريحي

وحدة الفيـــزياء الفلكـــــــية

الرصد الفلكي

- يتم الرصد الفلكي التقليدي في جو صافي بعيداً عن انارة المدن و يستخدم له العين المجردة و التلسكوبات التي تتفاوت بدقتها .
- أما في الرصد الحديث نستخدم الأقمار الصناعية المزود بتلسكوبات فائقة الدقة كتلسكوب هابل .
- المعلومات التي نأخذها من الرصد الفلكي موضع الجرم السماوي وطبيعة حركته ، اشعاعه ، لونه ،شدته، طيفه
- تفيد المعلومات المأخوذة في تحديد طبيعة الجرم نجم ، كوكب ، قمر .. ما هي العناصر المكونة له (كما أخذنا في التحليل الطيفي) ، كتلته و بعده عنا كما درسنا في **قوانين كبلر** في العام الماضي

كيف نميز بين النجوم و الكواكب بواسط الرصد الفلكي ؟

	الكوكب	النجم
الاشعاع	ثابت	متغير
الموقع	متغير	ثابت
التوزع	محدود	على كامل القبة السماوية
المظهر بالتلسكوب	لها شكل واضح	تبدو كنقاط مضيئة

المجموعة الشمسية

- تتكون من نجم يشكل مركزها هو الشمس تدور حوله ثمانية كواكب **نصفها صخري** و هي الكواكب الداخلية الأقرب للشمس عطارد ، الزهرة ، الأرض و المريخ .
- **ونصفها الآخر غازي** و هي العمالقة الغازية الأبعد المشتري ، زحل أورانوس و نبتون
- **ما مصدر طاقة الشمس و ماذا ينتج عنه مع كتابة العلاقات؟** مصدر الطاقة تفاعلات الاندماج التي تبدأ بالهيدروجين وتنتهي بالهليوم و تترافق مع نقصان الكتلة التي تتحول إلى طاقة وفق علاقة آينشتاين $\Delta E = \Delta m\, c^2$
- **ما مصدر الطاقة المتولدة من النجوم مع التفسير وفق نظرية السديم** ؟ ينشأ النجم بدءاً من سديم حيث تنهار سحب الغاز وجسيمات السديم بسبب الضغط الناتج جاذبيتها حيث تنشأ كرة ضوء ذات ضغط و درجة حرارة كافية للاندماج النووي ليتحول الهيدروجين إلى هليوم و نقص الكتلة الحاصل ينتشر على شكل طاقة .

قياس نقصان كتلة الشمس في الثانية تجريبياً

- نقيس الطاقة التي تصل من الشمس إلى مساحة متر مربع في كل ثانية E_1' وهي تشكل نسبة η من الطاقة الواردة الكلية إلى الغلاف الجوي $E_1 = \dfrac{E_1'}{\eta}$
- فيكون نقص الكتلة بما أن بعد الأرض عن الشمس r فإن طاقة الشمس في ثانية تغطي مساحة كرة $s = 4\pi r^2$ لتكون الطاقة الكلية المنتشرة من الشمس في ثانية $\Delta E = sE_1 = 4\pi r^2 E_1$
- فيكون نقص الكتلة $\Delta E = \Delta m\, c^2 : \Delta m = \dfrac{\Delta E}{c^2}$

تطبيق : يصل سطح الأرض طاقة قدرها $6.3\times10^4 J$ لكل متر مربع في الثانية وهي تشكل 47% من الطاقة الواردة من الشمس حيث أن الغلاف الجوي يمتص الباقي و أن الشمس تبعد بمقدار وحدة فلكية و احدة عن الشمس $1AU$ عن الأرض احسب النقصان في كتلة الشمس كل ثانية

✓ الطاقة الواردة الكلية إلى الغلاف الجوي

$$E_1 = \frac{E_1'}{\eta} = \frac{6.3\times10^4}{\frac{47}{100}} = 13.4\times10^4 J$$

✓ بعد الشمس عن الأرض $1AU$ حيث أن الوحدة الفلكية تساوي 150 مليون كيلومتر

✓ الطاقة الكلية المنتشرة من الشمس في ثانية

$$\Delta E = sE_1 = 4\pi r^2 E_1$$

$$\Delta E = 4\pi\left(150\times10^3\times10^6\right)^2\left(13.4\times10^4\right)$$

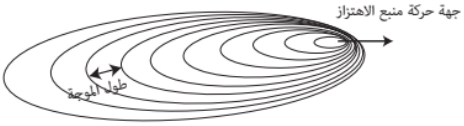
$$\Delta E = 38\times10^{27} J$$

✓ نقص الكتلة في الثانية

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{38\times10^{27}}{\left(3\times10^8\right)^2} = 4.22\times10^{11} kg$$

الاشعاع النجمي و الانزياح نحو الأحمر

- يعطي الرصد الفلكي للنجوم معلومات مهمة عن طيفها و شدته و حركتها مما يساعد في حساب عمرها وكتلتها و بعدها عن الأرض و تركيبه الكيميائي .
- هنالك نجوم منفردة تدور حول الشكس
- بمراقبة النجوم والمجرات لاحظ هابل أن طيوف أغلب المجرات منزاح نحو الأحمر ..
- أي أن الأطوال الموجية للأمواج المنبعثة من المجرات تقترب من الأحمر و عزا ذلك لحركة المجرات وفق **تأثير دوبلر** .



تأثير دوبلر : يفسر اختلاف طول موجة الاهتزاز عند حركة المنبع مثل اختلاف صوت بوق سيارة عند اقترابها أو ابتعادها و كذلك يطبق على طيوف المجرات والنجوم .

- بفرض منبع يصدر أمواجاً تواترها f سرعتها v فيكون الطول الموجي لهذه الأمواج : $\lambda = \frac{v}{f}$
- و إن تحرك المنبع بسرعة v' مبتعداً عن المراقب يكون الطول الموجي المقدر من قبل المراقب $\lambda' = \frac{v + v'}{f}$

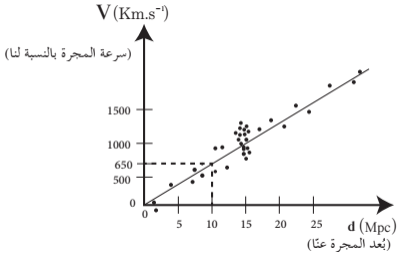
$$\lambda' = \frac{v + v'}{\frac{v}{\lambda}} \Rightarrow \boxed{\lambda' = \left(1 + \frac{v'}{v}\right)\lambda \quad ; \quad \lambda' > \lambda}$$

ملاحظة : من العلاقة السابقة نسبة الانزياح تساوي نسبة سرعة المنبع لسرعة الموجة : $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\lambda' - \lambda}{\lambda} = \frac{v'}{v}$

- **نتيجة:** يزداد طول الموجة بالنسبة للمراقب عند ابتعاد المنبع الموجي
- **بتطبيق مفعول دوبلر على النجوم** عند ابتعاد المنبع يزداد طول الموجة و بما أن الانزياح للأحمر يعني ازدياد طول الموجة فإن المجرات و النجوم تبتعد

قانون و ثابت هابل

يبين الشكل البياني علاقة سرعة المجرات عن الأرض ببعده عنها



ماذا تلاحظ من الشكل ؟ مع كتابة العلاقة وشرح الرموز ؟
تزداد سرعة ابتعاد المجرة عن الأرض بازدياد بعده عنها و تعطى بالعلاقة : $\boxed{v = H_0 d}$

- v سرعة ابتعاد المجرة عن الأرض
- d بعد المجرة عن الأرض
- H_0 ثابت هابل و هو ثابت التناسب

كيف اكتشف هابل و العلماء هذه الظاهرة ؟
من ملاحظة الطيوف حيث أن طيوف المجرات الأكثر بعداً أقل شدة و أكثر انزياحاً نحو الأحمر أي سرعة ابتعادها أكبر .

انطلاقاً من الشكل البياني أحسب ثابت هابل بالوحدات المعطاة ثم بالجملة الدولية .

$$H_0 = \frac{v}{d} = \frac{680 km.s^{-1}}{10 Mpc} = 68 km.s^{-1}/Mpc$$

- حيث الفرسخ الفلكي $1pc = 3.26\ell y$
- السنة الضوئية ℓy المسافة التي يقطعها الضوء خلال سنة

$$1\ell y = 365.25 \times 24 \times 3600 \times 3 \times 10^8$$
$$1\ell y = 9.47 \times 10^{15} m$$

- فالفرسخ الفلكي :

$$1pc = 3.26\ell y = 3.26 \times 9.47 \times 10^{15} = 3 \times 10^{16} m$$

- بالتالي ثابت هابل بالجملة الدولية :

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

تطبيـق : بدراسـة طيـف الهيـدروجين لأحـد النجـوم وجـد انزياح نسبته $\frac{1}{30}$ عن طيفه على الأرض فالمطلوب احسب بعد المجرة عنا و ما الزمن الذي يستغرقه الضوء لوصوله إلينا و ما عمر الطيف المدروس ؟

من تأثير دوبلر نحسب سرعة ابتعاد المجرة (منبع الموجة) و الموجة هي الضوء

$$\lambda' = \left(1+\frac{v}{c}\right)\lambda \quad : \quad \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\lambda'-\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$$

$$\frac{1}{30} = \frac{v}{3\times10^8} \quad v = 10^7\, m\,s^{-1}$$

بالتعويض بقانون هابل نحسب المسافة

$$v = H_0 d \quad : \quad 10^7 = \frac{68}{3}\times10^{-19} d$$

$$d = \frac{3}{68}\times10^{26}\, m$$

زمن وصول الضوء

$$d = ct \quad : t = \frac{d}{c} = \frac{\frac{3}{68}\times10^{26}}{3\times10^8} = \frac{1}{68}\times10^{18}\, s$$

$$t = \frac{\frac{1}{68}\times10^{18}}{365.25\times24\times3600} = 0.466\times10^9\, years$$

وهذه القيمة نفسها عمر الطيف و ما نشاهده الآن على هذا النجم حدث قبل تلك الفترة .

نظرية الانفجار الأعظم

تفترض بأن الانفجار الأعظم حدث قبل 13.8 مليار سنة حيث كان الكون عبارة عن نقطة منفردة صغيرة عالية الكثافة و الحرارة بشكل يفوق الخيال ثم حدث انفجارعظيم تشكل عنه الجسيمات الأولية ثم الذرات والجزيئات و الغبار الكوني ثم النجوم والمجرات واستمر الكون بالتوسع حتى الآن

الأسس الفيزيائية لنظرية الانفجار الأعظم

- الانزياح نحو الأحمر لطيوف المجرات مما يدل على ابتعادها عن مركز الكون (مركز الانفجار الأعظم)
- رصد تشويش على شكل أمواج راديوية يأتي من كل جهات الكون بانتظام لاشعاع الانفجار الأعظم (تسمى أصداء الانفجار الأعظم)
- ارتفاع نسبة الهيدروجين والهليوم في النجوم : **مثل نسبة الهليوم في الشمس أكبر من المتوقع بثلاث مرات من تحول الهيدروجين فيها** يدل ذلك على أن النسبة تكونت قبل نشوء النجم و يلزم ذلك طاقة هائلة هي طاقة الانفجار الأعظم .

حساب عمر الكون تقريبياً بحسب قانون هابل

عمر الكون يساوي زمن t تكون أبعد المجرات التي تقطع مسافة $d = vt$ منذ تشكلها حيث السرعة بحسب قانون هابل $v = H_0 d$

$$d = v\,t = H_0 d\,t$$

$$1 = H_0 t$$

$$t = \frac{1}{H_0} = \frac{1}{\frac{68}{3}\times10^{-19}} = \frac{3}{68}\times10^{19}\, s$$

$$t = \frac{\frac{3}{68}\times10^{19}}{365.25\times24\times3600} = 14\times10^9\, years$$

ملاحظات و معلومات عامة

- المجرات : نظام كوني متكامل يحوي عدد هائل النجوم و الكواكب والغبار و الغازات ترتبط بقوى تجاذبية وتدور حول مركز مشترك هو مركز المجرة . مثل مجرتنا درب التبان .
- مجرة أندروميدا أقرب مجرة لمجرتنا طيفها ينزاح للأزرق مما يدل على أنها في حالة اقتراب منا .
- ابعد مجرة تم رصدها تبعد 13 مليار سنة ضوئية
- النجوم الثنائية هي نجوم تبدو في حركة دوران متبادل حول بعضها
- الشمس نجم منفرد
- مدة دوران الكوكب حول النجم تسمى سنة و مدة دوران حول نفسه يوم وفق معايير الكوكب .

الثقوب السوداء

- بفرض جسم كتلته m موجود بالقرب من كوكب كتلته M على بعد r من مركز الكوكب فإن حقل الجاذبية للكوكب يؤثر عليه بقوة جذب تعطى بالعلاقة

$$F_G = G\frac{Mm}{r^2}$$

- و يكتسب الجسم طاقة كامنة جاذبية بالنسبة لمركز الكوكب $E_P = F_G r = G\frac{Mm}{r}$
- السرعات الكونية هي مقادير فيزيائية تعبر عن شدة حقل الجاذبية للكوكب
- السرعة الكونية الأولى هي سرعة الجسم ليأخذ مدار مستقر حول الكوكب و تشتق من تساوي قوة العطالة النابذة للدوران مع قوة الجذب الثقالي
- السرعة الكونية الثانية سرعة الافلات من جاذبية الكوكب . و تشتق من شرط تغلب الطاقة الحركية على الطاقة الكامنة

استنتج العلاقة المحددة للسرعة الكونية بدلالة كتلة الأرض ونصف قطرها ، ثم بدلالة تسارع الجاذبية

عند السرعة الكونية الثانية تكون الطاقة الحركية أكبر من من الطاقة الكامنة الثقالية

$$E_K = E_P$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = G\frac{Mm}{r^2}$$

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}}$$

بما أن قوة الجذب تعادل الثقل

$$F_G = W$$

$$mg = G\frac{Mm}{r^2} \;:\; \frac{GM}{r} = gr$$

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{r}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{v = \sqrt{2gr}}$$

سؤال : استنتج نصف قطر نجم أو كوكب أو جرم سماوي(شفارتزشيلد أو أفق الحدث) حتى لا يمكن لأي جسم الافلات من جاذبيته و ماذا نسميه في هذه الحالة ؟

- **الحل :** سرعة الافلات من جاذبية الكوكب

$$E_K = E_P$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = G\frac{Mm}{r^2} \quad .$$

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

- وحتى يستطيع جذب أي جسم يجب أن تصل سرعة الافلات للحد الأقصى للسرعة " **سرعة الضوء** "

$$v = c = \sqrt{\frac{2GM}{r}} \quad \text{أي}$$

$$\boxed{r = \frac{2GM}{c^2}} \quad \text{فيكون}$$

- **نصف قطر شفارتزشيلد** و هو الحد الأقصى لتحقيق شرط الثقب الأسود أي يجب ان يكون أكبر على الأقل من نصف قطر الكوكب
- و هو نصف قطر **أفق الحدث** للأفق للثقب الأسود حيث إن دخله أي شيء حتى الضوء سينجذب نحو مركز الثقب و لن يستطيع الابتعاد .
- يبدو الثقب الأسود غير مرئياً في الكون لأنه يجذب أي شيء ضمن مجال جاذبيته حتى الضوء .
- الثقب الأسود هو حيز ذو كثافة هائلة لا يمكن لأي شيء أن يهرب من جاذبيته عند أفق الحدث الخاص به الذي نصف قطره يسمى نصف قطر شفارتزشيلد

فسر يخضع الضوء لجاذبية الثقب الأسود .
ليس للضوء كتلة سكونية لكن الضوء متحرك و يملك طاقة تكافئ كتلة وفق النسبية $E = mc^2$

كيف يمكن رصد الثقب الأسود رغم عدم امكانية رؤيته ؟

- **من سلوك الأجسام المجاورة للثقب الأسود** حيث حركة النجوم و الغبار والغازات بجوار الأماكن الغيرمرئية بصورة غير متوقعة يدل على وجود ثقب أسود .
- **انبعاث اشعة سينية في جوار الثقب الأسود** بسبب الحركة الدورانية المتسارعة للنجوم والأجسام و التي ينجم عنها ارتفاع حرارتها بشكل هائل .
- **تأثير عدسة الجاذبية** الذي يؤدي لخلل في تحديد أماكن النجوم بسبب تأثير جاذبية الثقب الأسود على الضوء الوارد منها و هذا وفق **النسبية العامة** نسميه **انحناء الفضاء بتأثير الجاذبية**