قوتنا يخضع لهما الالكترون

أستنتج

- يخضعُ الإلكترون لتأثيرِ قوَّتَين بإهمالِ قوّة التجاذب الكتلي بينَ البروتون والإلكترون لصغرِها، هما:

— القـوَّة الكهربائيّـة الناجمـة عن جذبِ النّواةِ (بروتـون) له، تُعطَى شـدّتُها بالعلاقة: $F_E = k\frac{e^2}{r^2}$ ..... (1)
حيثُ: $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ ، ε_0 سماحية الخلاء الكهربائيّة،
r نصفُ قطر المدار الذي يتحرّكُ عليه الإلكترون.

— قوّة العطالة النابِذة ناجِمة عن الدَّوران، تُعطَى شدّتُها بالعلاقة: $F_C = m_e\frac{v^2}{r}$ ..... (2)

- حركـةُ إلكتـرون ذرّة الهدروجيـن حـولَ النّـواة هـي حركـة دائريّـة مُنتظَمـة، لأنّ القـوَّة الكهربائيّـة الناجمـة عـن جـذبِ النّـواة لـه مُسـاوِيةً لقـوّةِ العطالـة النّابـذة.

DrRaafat.Hallak

a. الطيوفُ المُستمِرّة: هي الطّيوفُ التي تظهُر فيها جميعُ ألوان الطّيف على هيئةِ مناطقَ مُتجاورةٍ من دونِ وجودِ فواصلَ بينَها، وهذا ما نلاحظُه عندَ تحلّلِ ضوءِ الشّمس بالهواء المُشبَع بالرّطوبة، وتكوُّن قوسِ قُزح، حيثُ نجدُ عندَ تحليل الضّوء أنّ الطّيف مُستمِرّ، من الأمثلة على ذلكَ طيفُ مصباحِ الكهرباء ذو مقاومة التّنغستين، فإذا حلّلنا طيفَ هذا المصباح نجدُ أنَّ طيفَ الإصدار متّصلٌ، ويأخذُ شكلَ مُنحنٍ، له قمّةٌ بجوارِ طولِ الموجة 0.6 ميكرون.

الطيف المحتمل

b. الطّيوفُ المُتقطِّعة: مثل طيف إصدار ذرّات الهدروجين، يتكوَّنُ طيفُ الإصدار لهذه المنابع من خطوطٍ طيفيّة أو عصاباتٍ طيفيّةٍ مُنفصِلة، فبينَما نجدُ جميعَ ألوانِ قوسِ قزح في طيفِ مصباحِ التنغستين، فإنّنا نجدُ خطوطاً طيفيّة في طيفِ مصباحِ بخار الزّئبق، ولكن هذه الخطوط مُنفصِلة عن بعضِها بعضاً. وبشكلٍ عام تكونُ طيوفُ المصابيح الغازيّة مُتقطِّعةً وطيوفُ إصدارات الأجسام الصّلبة السّاخِنة متّصلة.

الطيوف المستمرة والمتقطعة

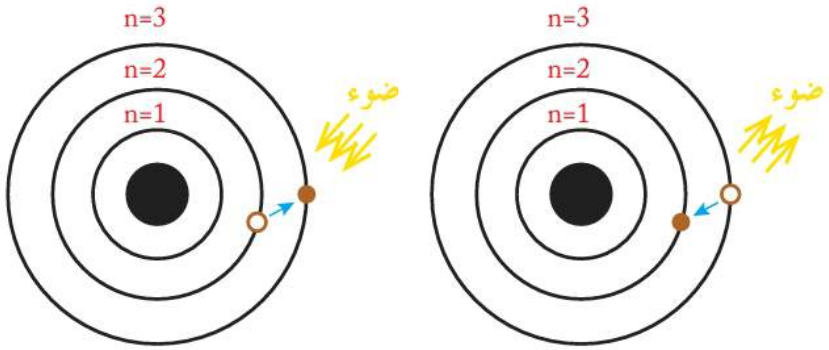
الفرض الثالث لبور

الفرض الثالث:

لا يُصدِرُ الإلكترون طاقةً طالما بقيَ مُتحرِّكاً في أحدِ مداراتِه حولَ النّواة، لكنَّه يمتصُّ طاقةً بكمّياتٍ مُحدَّدة عندَما ينتقلُ من مدارِه إلى مدارٍ أبعدَ عن النّواة، ويُصدِرُ طاقةً بكمِّياتٍ مُحدَّدة عندَما ينتقلُ من مدارِه إلى مدارٍ أقربَ إلى النّواة تُحسَب بالعلاقة:

$$\Delta E = h \, . \, f$$

حيثُ: f تواتُر الإشعاع، h ثابت بلانك.



يحتوي الطّيفُ الخطّي للهيدروجين على عدد من السّلاسل هي:

أولاً: سلسلة ليمان (أكبر سلاسل الطّيف طاقةً)

نحصلُ عليها عندَ عودة إلكترون ذرّة الهدروجين من السّويّات العليا أي $(n = 2,3,4,5,6....)$ إلى السّويّة الأولى.

ثانياً: سلسلة بالمر

نحصلُ عليها عندَ عودةِ إلكترون ذرَّة الهدروجين من السّويّات العليا أي $(n = 3,4,5,6....)$ إلى السَّويّة المُثارة الثانية.

ثالثاً: سلسلة باشن

نحصلُ عليها عندَ عودةِ إلكترون ذرَّة الهدروجين من السَّويّات العليا أي $(n = 4,5,6....)$ إلى السّويّة المُثارة الثالثة.

طرقُ انتزاعِ إلكترون من سطحِ معدنٍ :

1. الفعلُ الكهرضوئيّ:

تُقدَّمُ الطّاقةُ اللّازمة لانتزاع الإلكترونِ من سطحِ المعدنِ على شكلِ طاقةٍ ضوئيّة تواتُرُها كافٍ وتُعطَى بالعلاقة: $E = h\,f$

2. الفعلُ الكهرحراريّ:

تُقدِّمُ الطّاقةُ اللّازمة لانتزاع الإلكترون على شكلِ طاقةٍ حراريّةٍ حيثُ يسخنُ المعدن، فتكتسِبُ بعضَ إلكتروناتِه السَّطحيّة قدراً كافياً من الطّاقةِ تزيدُ من سرعتِها وحركتِها وتنبعثُ خارجَ المعدن.

3. مفعولُ الحتّ:

يقذَفُ سطحُ المعدنِ بحزمةٍ من الجُسيماتِ ذات الطّاقة الكافية فيؤدّي ذلك إلى تصادُمِ بعضِ جُسيمات هذهِ الحزمة معَ الإلكتروناتِ الحرّة في السَّطح المعدنيّ، وتؤدّي هذهِ العمليّة إلى انتقالِ جزءٍ من طاقةِ الجُسيم الصّادم إلى الإلكترونِ، وعندَما يكونُ هذا الجزءُ المُنتقِلُ أكبرَ أو يساوي طاقة الأنتزاع يُمكِنُ للإلكترون الحرِّ الواقعِ عندَ سطحِ المعدن أن يقتلعَ من هذا المعدن.

Dr.RaafatHallak

شرطا توليد الأشعّة المهبطيّة:

1. فراغٌ كبيرٌ في الأنبوبِ يتراوحُ الضَّغطُ فيه بينَ (0.01 – 0.001 mmHg).
2. توتُّرٌ كبيرٌ نسبيّاً بينَ قطبَي الأنبوبِ حيثُ يولِّدُ حقلاً كهربائيّاً شديداً بجوارِ المهبط.

مم يتالف راسم الاهتزاز المهبطي مع شرح واحدة

شاشة قابلة للتألق

1. المدفعُ الإلكترونيّ:

يتألّفُ المِدفعُ الإلكترونيّ من الأجزاءِ الآتية:

1. **المهبط:** صفيحة معدنيّة يُطبَّقُ عليها توتُّرٍ سالبٍ، يُصدِرُ إلكتروناتٍ بالفعل الكهرحراريّ عن طريقِ تسخينه تسخيناً غيرَ مُباشر بوساطة سلكِ تسخينٍ من التّنغستين حيثُ يُمرَّرُ فيه تيّارٌ متواصِلٌ.
2. **شبكة وهنلت:** وهي أسطوانة تحيط بالمهبط في قاعدتِها ثقب ضيّق، وتوصل بتوتر سالب قابل للتغيير، ولها دورٌ مُزدوَجٌ لضبطِ الحزمة الإلكترونيّة:

الدور المزدوج لشبكة وهلنت

- تجميع الإلكترونات الصّادرة عن المهبط في نقطةٍ تقعُ على محورِ الأنبوب.
- التّحكُّم بعددِ الإلكترونات النّافذة من ثقبها من خلال تغيير التّوتُّر السّالب المُطبَّق على الشّبكة ممّا يغيّرُ من شدّة إضاءةِ الشّاشة.

مم يتالف المدفع الالكتروني

3. **مصعدان:** لتسريعِ الحزمة الإلكترونيّة على مرحلتَين:
   - **الأولى:** بينَ الشّبكة والمصعد الأوّل بتطبيقِ توتُّرٍ عالٍ موجبٍ قابلٍ للتّغيير.
   - **الثانية:** بينَ المِصعدَين بتطبيقِ توتُّرٍ عالٍ موجبٍ ثابت.

2. الجملة الحارفة:

تتألّفُ من:

1. مُكثّفة، لبوساها أفقيّان "حقلُها الكهربائيّ شاقوليّ" تحرّف الحزمة الإلكترونيّة شاقوليّاً.
2. مُكثّفة مُستوية، لبوساها شاقوليّان "حقلُها الكهربائيُّ أفقيّ" تحرّفُ الحزمة الإلكترونيّة أفقيّاً.

يُمكِنُ استخدامُ زوجَين من الوشائع بدلاً من الصّفائح إحداهما أفقيّة والأخرى شاقوليّة.

3. الشّاشة المُتألّقة:

تتألّفُ من:

1. طبقةٍ سميكة من الزّجاج.
2. طبقةٍ رقيقةٍ ناقِلةٍ من الغرافيت.
3. طبقةٍ رقيقةٍ من مادّة مُتألّقة "كبريت الزّنك".

Dr.RaafatHallak

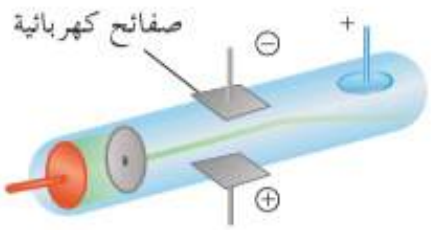
- تغطى الشّاشة من الداخل بوريقة من الألمنيوم لا يتجاوز ثخنها بضعة ميكرونات.
- تسمحُ وريقة الألمنيوم للإلكترونات المُسرعة بالعبور فتصطدمُ بالمادة القابلة للتألق وينعكسُ التألق على وريقة الألمنيوم الذي تعكسه بدورها خارج الأنبوب.
- يُطلَى الأنبوبُ الزّجاجيُّ من الدّاخل بطبقةٍ من الغرافيت تعملُ دورَ الواقي للحزمة الإلكترونيّة من الحقول الخارجيّة كما أنّها تعيدُ الإلكترونات التي سبّبت التألق إلى المِصعَد وتُغلِق الدّارة.

حفظ ثلاث خواص مع شرح واحدة

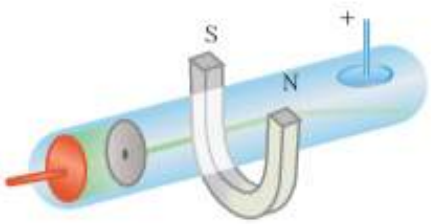
خواصّ الأشعّة المهبطيّة:

1. تنتشرُ وفقَ خطوطٍ مُستقيمة ناظِميّة على سطحِ المهبط، لذا يختلفُ شكلُ حزمةِ الأشعّة بحسبِ شكلِ المهبط.
   - إذا كانَ المهبطُ مستوياً فالحزمةُ مُتوازية.
   - إذا كانَ المهبطُ مُقعَّراً فالحزمةُ مُتقاربة.
   - إذا كانَ المهبطُ مُحدَّباً فالحزمةُ مُتباعِدة.

2. تُسبّبُ تألّقَ بعض الاجسام: تهيّجُ الأشعّة المهبطيّة ذراتِ بعضِ الموادّ التي تسقطُ عليها فتتألّقُ بألوانٍ مُعيَّنة. عندَما تسقطُ الأشعّة المهبطيّة على الزّجاج العادي يتألّقُ بالأخضر، وعلى كبريتات الكالسيوم بالأصفرِ البرتقالي. يُستفَادُ من هذه الخاصّيّة في الكشفِ عن الأشعّة المهبطيّة.
3. ضعيفةُ النّفوذ: لا تنفذُ من خلالِ صفيحةٍ من المعدنِ وتكوّنُ ظلّاً على الزّجاج المُتألّق خلفها.
4. تحملُ طاقةً حركيّةً: سرعةُ الأشعّةِ المهبطيّة تقتربُ من سرعةِ انتشارِ الضّوء في الخلاء إذ تتراوحُ سرعتُها بينَ $2\times10^7\ m/s$ و $6\times10^7\ m/s$، لذلك يُمكنُها أن تديرَ دولاباً خفيفاً، وهذه الطّاقة الحركيّة يُمكِنُ أن تتحوّلَ إلى أشكالٍ أُخرى مثل طاقة كيميائيّة، حراريّة، إشعاعيّة.



5. تتأثّرُ بالحقلِ الكهربائيّ: تنحرفُ نحوَ اللّبوس الموجبِ لمُكثّفةٍ مشحونةٍ ممّا يدلُّ على أنّها مشحونةٌ بشحنةٍ سالبة.
6. تتأثّرُ بالحقلِ المغناطيسيّ: تنحرفُ بتأثّرِ القوّة المغناطيسيّة عموديّاً على خطوط الحقل المغناطيسي الّذي يؤثّرُ عليها.



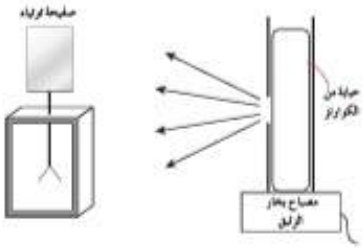
مغناطيس

7. تنتجُ أشعةً سينيّة: إذا صدمَت صفيحةً مصنوعةً من معدنٍ ثقيل.
8. تؤيّن الغازات: عندَما تنتشرُ الأشعّة المهبطيّة في غازٍ ما فإنّها تقومُ بتأيينه: أي تنزعُ إلكتروناً من الذّرّة الغازية وتتحوّل إلى أيون ممّا يؤدّي إلى توهُّج الغاز.
9. تعملُ عملَ الأشعّة الضّوئيّة في تأثيرها بألواح التّصوير الضّوئيّ الحسّاسة للضّوء.

تجربةُ هرتز:

أدواتُ التّجربة: صفيحةُ توتياء – كاشفٌ كهربائيّ – مصباحُ بخار زئبقيّ – لوحُ زجاج.

وصفُ التّجربة:



- نثبّتُ صفيحةً من التّوتياء فوق كاشفٍ كهربائيّ.
- نعرّضُ الصفيحة للأشعة الصّادرة عن مصباحِ بخار الزّئبق. كما في الشّكل.

خطواتُ تنفيذ النّشاط:

1. نقومُ بشحنِ الصّفيحة بشحنةٍ سالبة، ماذا نلاحظُ؟
2. نسلّطُ ضوءَ المصباح على صفيحة التّوتياء، ماذا نتوقّعُ أن يحدثَ لوريقتَي الكاشف؟
3. نعيدُ التّجربة السّابقة بعد أن نضعَ بينَ المصباحِ وصفيحةِ التّوتياء لوحاً زجاجيّاً، ماذا نلاحظُ؟
4. نقرّبُ المِصباحَ من الصّفيحة معَ بقاء اللّوح بينَهما، هل يتغيّرُ انفراج الوريقتَين؟
5. نسحبُ اللّوح الزّجاجيّ، هل تفقدُ الصّفيحةُ شحنتَها؟
6. نشحنُ الصّفيحة بشحنةٍ موجبةٍ، ثُمّ نعرّضُها لضوء مصباح الزّئبق، ماذا يحدثُ لشحنةِ الصّفيحة؟

ماذا يحدث عند شحنة سالبة دون حاجز

نتائجُ التّجربة:

- تنفرجُ وريقتا الكاشفِ دالّةً على شحنةِ الصّفيحة.
- تُنتزَعُ بعضُ الإلكتروناتِ الحرة من صفيحةِ التّوتياء بالفعل الكهرضوئيّ، وتدفعُهم شحنةُ الصّفيحة السّالبة فتبتعدُ الإلكتروناتُ عن الصّفيحة ممّا يؤدّي إلى فقدانِها تدريجيّاً لشحنتِها السّالبة حتّى تتعادلُ، فتتقاربُ وريقتا الكاشف حتّى تنطبقا.

ماذا يحدث عند شحنة سالبة مع وجود لوح زجاجي

- لا يتغير انفراج وريقتي الكاشف الكهربائي لأن اللّوحُ الزّجاجيّ يمتص الأشعّة فوق البنفسجيّة المسؤولة عن انتزاع الإلكترونات، ويمنعُها من الوصول إلى الصّفيحة بينَما يسمحُ بمرور الأشعّة المرئيّة والأشعّة تحت الحمراء التي لا تمتلكُ الطّاقة الكافية لانتزاع الإلكترونات.
- إنّ الإلكتروناتِ التي يجري نزعها يُعاد جذبُها إلى الصّفيحة بسبب شحنتِها الموجبة،فنجدُ أنّ وريقتي الكاشفِ لا تتأثرُ فلا يتغيّرُ افراجها.

ماذا يحدث عند شحنة موجبة

ويتمتّعُ الفوتون بالخواصّ الآتية:

1. الفوتون أو (حبيبة الطّاقة) هو جسيمٌ يواكبُ موجة كهرطيسيّة ذات التواتر f.
2. شحنتُه الكهربائيّة معدومةٌ.
3. يتحرَّكُ بسرعةِ انتشار الضّوء.
4. طاقتُه تُساوي $E = h\,.\,f$ حيثُ $h = 6.63 \times 10^{-34}\ \text{J.s}$ ثابت بلانك.
5. يمتلكُ كمّية حركة $P = m\,c$:

$$E = m\,c^2$$

$$m = \frac{E}{c^2}$$

$$P = \frac{E}{c^2}\,c$$

$$P = \frac{E}{c}$$

$$P = \frac{h\,f}{\lambda\,f}$$

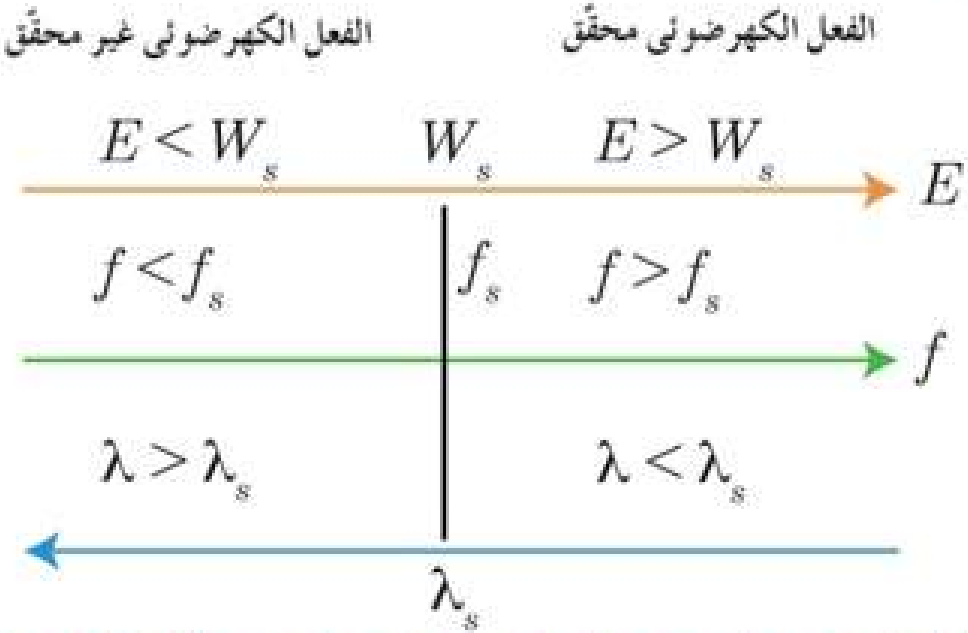
$$P = \frac{h}{\lambda}$$

Dr.RaafatHallak

شرحُ الفعلِ الكهرضوئيّ بالاستنادِ إلى فرضيّة أينشتاين :

اقترحَ أينشتاين أنّه عندَما يسقطُ فوتون على معدنٍ فإنّ هذا الفوتون يُمكِنُ أن يصادفَ إلكتروناً ويُقدّمُ له كاملَ طاقتِه، والفوتون يكونُ بذلكَ قد جرى امتصاصُه، وهنا لدينا ثلاثُ إمكانيّات:

1. إذا كانَت طاقةُ الفوتون مُساويةً لعملِ الانتزاع $E_s = h.f$ ، فإنّ ذلك يؤدّي إلى انتزاعِ الإلكترون، وخروجِه من المعدن، ولكن بطاقةٍ حركيّةٍ معدومة، وتواتُر الموجة عندَئذٍ يمثّلُ تواتُر العتبة اللازمة لنزع الإلكترون.



أطوال الموجات والتواترات وطاقات الانتزاع التي يتحقق عندها الفعل الكهرضوئي

2. إذا كانَت طاقةُ الفوتون أكبرَ من طاقة الانتزاع، فإنّه يجري انتزاعُ الإلكترون من المعدن باستهلاك جزءٍ من طاقةِ الفوتون يُساوي E_s ، والجزءُ الآخرُ يبقى معَ الإلكترون على شكلِ طاقةٍ حركيّة، أي يخرجُ الإلكترونُ من المعدن بطاقةٍ حركيّة تُساوي $E_k = h.f - E_s$.

3. إذا كانَت طاقةُ الفوتون أصغرَ من طاقةِ الانتزاع يكتسبُ الإلكترونُ طاقةً حركيّةً، ويبقى مُرتَبِطاً بالمعدن.

النتيجة:

يجري انتزاعُ الإلكترونات من المعدن إذا كانَ طولُ مَوجةِ الحزمة الضّوئيّة الواردة على المعدن أصغرَ أو مساوياً لطول مَوجة العتبة اللازمة للانتزاع.

خواصّ الأشعّة السّينيّة :

حفظ ثلاثة مع شرح واحدة

1. ذاتُ طبيعةٍ مَوجيّة، فهي أمواجٌ كهرطيسيّة، أطوالُ موجاتِها قصيرةٌ جدّاً، تتراوح بين 13.6 nm و 0.001 nm لذلكَ تكونُ طاقتُها عاليةً جداً وهي أقصر بكثير من أطوال الأمواج الضوئية.
2. ذاتُ قدرةٍ عاليةٍ على النّفاذ بسببِ قصرِ طولِ موجَتِها.
3. لا يُمكِنُ أن تصدرَ أشعّة X – إلّا من ذرّاتِ العناصر الثّقيلة نسبيّاً بعدَ تهييجِها بطريقةٍ مُناسِبة، أو مِن الإلكتروناتِ المُسرّعة بعَد كبحِها ضمنَ وسطٍ مادّيّ.
4. تشبهُ الضّوءَ المَرئيّ من حيثُ الانتشار المُستقيم والانعكاس والتّداخُل والانعراج، وسرعةُ انتشارِها تساوي سرعةَ انتشارِ الضّوءِ في الخَلاء.
5. لا تملكُ شحنةً كهربائيّة، فلا تتأثّرُ بالحقلَين الكهربائيّ والمغناطيسيّ.
6. تسبّبُ تألّقَ المواد التي تسقطُ عليها، بسببِ قدرتِها على إثارةِ ذرّات هذه الموادّ، وتؤثّرُ في أفلام التّصوير.
7. تؤثّرُ في الأنسجة الحيّة، تتخرّبُ الخلايا الحيّة إذا استمرّ تعرُّضُها لهذه الأشعّة، (تستطيعُ جرحَ أو قتلَ الخلايا الحيّة وأحياناً إحداثَ تغيّراتٍ عضويّة فيها). لذا تُستعمَلُ الألبسةُ التي يدخلُ في تركيبها الرّصاصُ للوِقاية من الحروقِ الّتي تسبّبُها هذه الأشعّة.
8. تؤيّنُ الغازات، فوتوناتُ الأشعّة السّينيّة ذاتُ طاقةٍ كبيرةٍ تكفي لتأيين الغازِ الذي تخترقُه.

قابليّةُ امتصاصِ ونفاذُ الأشعّة السّينيّة :

تتوقّفُ قابليّةُ امتصاصِها ونفاذِها على:

1. **ثخن المادّة:** تزدادُ نسبةُ الأشعّة المُمتصّة وتقلُّ نسبةُ النّافذة منها كلّما ازدادَ ثخنُ المادّة.
2. **كثافة المادّة:** تزدادُ نسبةُ الأشعّة المُمتصّة بازديادِ كثافة المادّة، كالرّصاص و الذّهب والعظام، وتزداد نسبة النافذة منها بنقصان كثافة المادّة، كالخشب والبلاستيك وجلد الإنسان، لذلك يستخدَمُ نوعٌ منها في تشخيصِ الكسورِ عندَ تعرُّضِ الإنسانِ لحادث.
3. **طاقة الأشعّة:** تتعلّقُ نفوذيّةُ أشعّة $X-$ بطاقتِها المُرتبطة بقيمةِ فرقِ الكمونِ المُطبّق على أنبوبِ توليدِها.

نميز نوعين من الأشعة المستخدمة من حيث الطاقة:

1. **الأشعة اللينة:** أطوال موجاتها $1\,\text{nm} < \lambda < 13.6\,\text{nm}$ طاقتها منخفضة نسبياً وامتصاصها كبير ونفوذها قليل.
2. **الأشعة القاسية:** أطوال موجاتها $0.001\,\text{nm} \leq \lambda \leq 1\,\text{nm}$ طاقتها عالية وامتصاصها قليل ونفوذها كبير.

Dr.RaafatHallak

الفرقُ بينَ الإصدارِ المحثوثِ و الإصدارِ التّلقائيّ :

الإصدارُ التّلقائيّ	الإصدارُ المحثوث
1. يحدثُ بوجودِ حزمةٍ ضوئيّة واردِة أو بعدمِ وجودِها.	1. يحدثُ بوجودِ حزمةٍ ضوئيّة يحقّقُ تواتُرها العلاقة: $\Delta E = E_2 - E_1 = h\,f$ حيثُ (ΔE) هي فرقُ الطّاقة بينَ السّويّة المُثارة والسّويّة الأساسيّة.
2. يحدثُ في جميعِ الاتّجاهات.	2. جهةُ الفوتون الصّادر هي نفسُ جهة الفوتون الوارِد.
3. طورُ الفوتون الصّادرُ يُمكِنُ أن يأخذَ أيَّ قيمة	3. طورُ الفوتون الصّادر يطابقُ طورَ الفوتون الوارِد.

خواصّ حزمة اللّيزر:

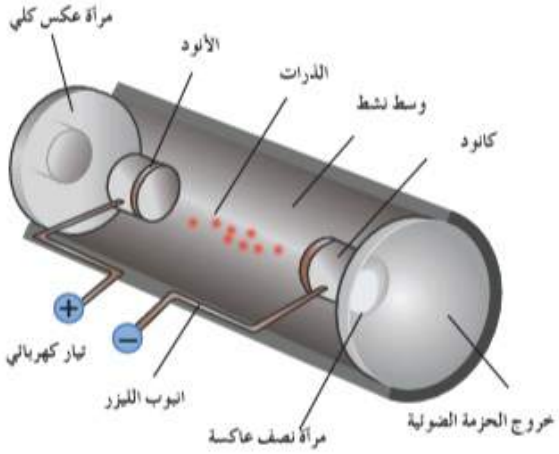
1. وحيدةُ اللّوَن، أي لها ذاتُ التّواتُر.
2. مُترابِطةٌ بالطّور، فوتوناتُ الإصدار المحثوث لها طورُ الفوتون الّذي حثَّها نفسُه.
3. انفراجُ حزمةِ اللّيزر صغيرٌ؛ أي لا يتوسَّعُ مَقطعُ الحزمة كثيراً عندَ الابتعاد عن منبعِ اللّيزر. لذلك تُستخدَم في دقّةِ القياس، وتخطيط الشّوارع، وخطوط نقلِ النّفط و الغاز والماء لمسافاتٍ بعيدة.

تحوُّلُ الهدروجين إلى هليوم في النُّجوم (الشَّمس مثلاً):

يفسِّرُ العلماءُ توليدَ النُّجوم للطَّاقة من خلالِ العودة إلى كيفيّةِ نشأتِها وفقَ نظريّةِ السَّديم (Nebula Theory) التي تنصُّ على أنّه يبدأُ التّفاعُل النَّوويّ داخلَ النَّجم عندَما تنهارُ سحابةٌ مُكوَّنةٌ من الغازِ والجُسيماتِ (وهي السّديم) تحتَ تأثيرِ الضَّغطِ النّاتجِ عن جاذبيَّتها فيولّدُ هذا الانهيار كرَّةً كبيرةً من الضَّوء ويبدأُ الاندماجُ بينَ الذّرّاتِ تحتَ تأثيرِ الضَّغطِ والحرارةِ المُرتفِعَين، فيندمجُ الهدروجين الذي يشكِّلُ النّسبةَ الأكبر من النَّجم ليتحوَّلَ إلى هيليوم، وتصدرُ الطّاقة نتيجةَ النَّقصَ في الكتلةَ وفقَ علاقةِ آينشتاين.

Dr.RaafatHallak

مكونات جهاز الليزر:



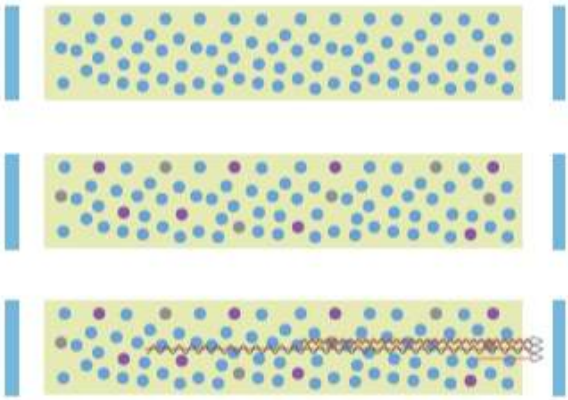
1. **الوسط الفعّال:** يحوي عدداً كبيراً من الذّرّات، سوفَ نركز على حالةٍ تكونُ للذرّة فيها سويّةٌ أساسيّةٌ وسويّةٌ مُثارة، فرقُ الطّاقة بينَهما (ΔE)، تكونُ بعضُ هذه الذّرّات في السّويّة الأساسيّة، وبعضُها الآخرُ في السّويّة المُثارة، بفرضِ أنّ عددَ الذّرّات في السّويّة المثارة N^*، وعددَ الذّرّات في السّويّة غير المثارة N.

إذا عبرَت حزمةٌ ضوئيّة تواتُرها f بحيثُ $\Delta E = h f$، فإنّ امتصاصَ الفوتونات يتناسبُ طرداً مع N، وإنّ إصدارَ الفوتونات بالإصدار المحثوث يتناسبُ مع N^*.

إذا كانَ $N < N^*$، فإنّ عددَ الفوتونات النّاتجة عن طريقِ الإصدارِ المحثوثِ سيكونُ أكبرَ من عددِ الفوتونات الّتي تمّ امتصاصُها، وهذا يؤدّي إلى زيادةِ شِدّةِ الحزمة الضّوئيّة بعدَ عبورِها الوسطَ، ونقولُ عن الوسطِ أنّه وسطٌ مُضخَّمٌ يصلحُ لتوليد الليزر.

إذا كانَ $N > N^*$، فإنّ عددَ الفوتونات الناتِجة عن طريقِ الإصدار المحثوث سيكونُ أصغرَ من عددِ الفوتونات التي جرى امتصاصُها، ومن ثمّ سوفَ تنقصُ شِدّةُ الحزمة بعدَ عبورِها الوسطَ، ولا يُمكِنُ للوَسط أن يولّد اللّيزر.

2. **حجرةُ التّضخيم (المِرنان):** تتكوّنُ من مِرآتَين توضَعُ المادّة الفعّالة (الوسط المُضخَّم) بينَهما، وتكونُ المِرآتان مُستويتَين أو أحدُهما مُستوية. يتمُّ وضعُ الوسط المُضخَّم بينَ المرآتين التي تسمحُ كلٌّ منهما للحزمة الضّوئيّة بالانعكاس من جديد باتّجاه الوسط المُضخّم، نجعلُ عاكسيّة إحدى المِرآتَين كاملةً بينَما تكونُ عاكسيةُ الثانية غيرَ كاملةٍ ممّا يسمحُ بخروج جزءٍ من الحزمة الضّوئيّة إلى الوسط الخارجيّ، الذي يُشكّلُ اللّيزرُ جزءاً منه. توليدُ أشعّة الليزر يعتمدُ على إعادةِ تمرير الحزمة الضّوئيّة في الوسط المُضخّم مرّاتٍ عديدة ووفق المَنحى نفسه، وكلّما ازدادَ عددُ الحزم الضّوئيّة المارّة في الوسط ازدادَ عددُ الإصدارات المحثوثة التي تتّفقُ مع الحزمة بالاتّجاه ومعَ الفوتونات بالتواتُر والطّور، ممّا يزيدُ من طاقةِ الحزمة أي يُضخّمها.



3. **جملةُ الضّخّ:** الإصدارُ المحثوث يعيدُ الذّرّات إلى السّويّة الأساسيّة، فلا بدَّ من مؤثّرٍ خارجيّ (مصدر ضوئيّ مُناسِب)على الوسط المُضخَّم يقومُ بتقديم طاقةٍ للوسَط المُضخّم، الذي يعمل على إثارة الذّرّات للتّعويض عن انتقال الذّرّات إلى الحالة الأساسيّة نتيجة الإصدار المحثوث. وهناك ثلاثةُ أنواعٍ من طُرق الضّخّ:

a. الضّخّ الضّوئيّ: تُستعمَلُ مصابيحُ (ومَاضة) للحصول على ليزراتٍ تعملُ ضمنَ الطّيفِ المَرئيّ أو طيف تحت الحمراء القريب منه مثل اللّيزر الياقوتيّ.

b. الضّخّ الكهربائيّ: عن طريق التّفريغِ الكهربائيّ للغازِ داخلَ الأنبوب، وتُستعمَلُ هذه الطّريقةُ في اللّيزرات الغازيّة واللّيزر شبه الناقل.

c. الضّخّ الكيميائيّ: يكونُ التّفاعُلُ الكيميائيّ بينَ مُكوّناتِ الوسطِ الفعّالِ أساسَ توليدِ الطّاقة لتوليدِ اللّيزر ولا تحتاجُ لمصدرِ طاقةٍ خارجيّة.

تأثيرُ دوبلر

ألاحظُ اختلافَ صوتِ بوقِ السَّيّارة عندَما تمرُّ بجانبي وتتابعُ مُبتعِدةً عنّي، ما السَّببُ؟
أعلمُ أنّ الصَّوتَ مَوجةٌ، فماذا يحدثُ عندَما يبتعدُ المنبعُ المولِّدُ المَوجةَ (منبع الاهتزاز)عن المُراقِب؟

عندَما يكونُ المنبعُ ساكِناً بالنّسبة للمُراقِب تُشغلُ المَوجةُ مَسافة λ،

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

باعتبار f تواتُر الاهتزاز، v سرعة الموجة، λ طول الموجة.
عندَما يتحرّكُ المنبعُ مُبتعِداً عن المُراقِب بسرعةِ v' ،تشغلُ المَوجةُ مسافةَ λ'،

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

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

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

هذا يعني أنّ λ' أكبرُ من λ
ما الّذي يحدثُ عندَما يزدادُ طولُ موجةِ الضّوء؟

أستنتج

عندَما يبتعدُ منبعٌ مَوجيٌّ عن مُراقِبٍ فإنّ الطولَ المَوجيّ يزدادُ، وبما أنّ الضّوءَ ذا الطّولِ المَوجيّ الأكبر هو الأحمرُ، فعندَما يبتعدُ المنبعُ الضّوئيُّ عن المُراقِبِ ينزاحُ الطّيفُ نحوَ الأحمر.

Dr.RaafatHallak

الأُسسُ الفيزيائيّةُ لنظريّةِ الانفجارِ الأعظم:

- الانزياحُ نحوَ الأحمرِ لِطَيفِ المجرَّات.
- وجودُ تشويشٍ ضعيفٍ لموجاتٍ راديويَّة قادمة بشكلٍ مُنتظَمٍ تماماً من جميعِ اتّجاهاتِ الكون، وبالشِدَّةِ نفسِها المُتوقَّعةِ في وقتِنا الحاضرِ لإشعاعِ الانفجارِ الأعظم.
- وجودُ كمّيّاتٍ هائِلةٍ من الهيدروجين والهليوم في النُّجوم، فمثلاً تبيَّنَ أنَّ كمِّيَّةَ الهليومِ التي تحويها شمسُنا أكبرُ بثلاثةِ أضعافٍ من الكمِّيَّة التي يُمكِنُ أن تتولَّدُ نتيجةَ اندماجِ الهيدروجين في قلبِ الشَّمس، وهذا يستدعي وجودَ مصدرٍ هائلٍ آخرَ درجةُ حرارتِه أعلى بكثيرٍ من درجةِ حرارةِ الشَّمسِ، إنَّها الدَّقائقُ الأولى من بَدْءِ الانفجارِ الأعظم.

رابعاً : حلّ المسألة الآتية:

يعملُ أنبوبُ الأشعّة السّينيّة بتوتُّر $8\times10^{4}\,\mathrm{V}$ حيثُ يصدرُ عن المهبط إلكترون، سرعتُه معدومةٌ عملياً.

المطلوب:

1. احسبِ الطّاقةَ الحركيّة للإلكترون عندَ اصطدامِه بمُقابِل المهبط (الهدف).
2. احسبْ سرعةَ الإلكترون لحظةَ الصّدمة بالهدف.
3. احسبْ أقصرَ طولِ موجةٍ للأشعة السّينيّة الصّادرة.

سرعةُ الضّوء في الخلاء	كتلةُ الإلكترون	شحنةُ الإلكترون	ثابتُ بلانك
$c=3\times10^{8}\,\mathrm{m.s^{-1}}$	$m_e=9.1\times10^{-31}\,\mathrm{kg}$	$e=1.6\times10^{-19}\,\mathrm{C}$	$h=6.64\times10^{-34}\,\mathrm{J.s}$

المسالة الثّانية:

يُضيء منبعٌ ضوئيٌّ وحيدُ اللّون طولُ موجتِه $0.5\,\mu m$ حجيرة كهرضوئيّة، طاقةُ انتزاع الإلكترون فيها $Es = 33 \times 10^{-20}\,J$

المطلوب:

1. احسب تواتُر العتبة.
2. احسب طول موجةِ عتبةِ الإصدار.
3. احسب الطّاقة الحركيّة العُظمَى للإلكترونِ لحظةَ خروجِه من مَهبطِ الحجيرةِ وسرعتِه.

المسالة الثّالثة:

إذا كانَ أكبرُ طولِ موجَةٍ يلزمُ لانتزاعِ الإلكترونِ من سطحِ مهبطِ حُجَيرة كهرضوئيّة يُساوِي $66 \times 10^{-8}\,m$

المطلوب:

1. طاقة انتزاع الإلكترون من مادّة المهبط.
2. كميّة حركة الفوتون الوارِد عندَما يُضاءُ سطحُ صفيحة المهبط بضوءٍ وحيدِ اللّون، طولُ موجتِه $44 \times 10^{-8}\,m$
3. الطّاقة الحركيّة للإلكترون لحظةَ خروجِه من مهبطِ الحجيرة الكهرضوئيّة.
4. قيمة كمونِ الإيقاف.

- لانتزاع إلكترون حرّ من سطح معدنٍ ونقلِه مسافةً صغيرة dl خارجَ المعدن يجبُ تقديمُ طاقةٍ أكبرَ من عملِ القوّة الكهربائيّة التي تجذبُ الإلكترون نحوَ داخلِ المعدن.

وبالتالي: $W_s = F\,dl$

لكنّ: $F = e\,E$

نعوّضُ فنجدُ: $W_s = e\,E\,dl$

لكن: $E\,dl = U_s$

وبالتالي يكونُ: $E_s = W_s = e\,U_s$

حيثُ إنّ: E_s : طاقة الانتزاع.

W_s : عمل الانتزاع.

U_s : فرق كمون الانتزاع بينَ سطح المعدنِ والسّطحِ الخارجيّ.

E : الحقل الكهربائيّ المُتولّد عن الأيوناتِ الموجبة عندَ سطحِ المعدن.

مُناقَشة:

بفرضِ E الطّاقة التي يمتصُّها الإلكترون (الطّاقة المُقدّمة للإلكترون) ونميّزُ الحالاتِ الآتية:

1. إذا كانَت $E < E_s$: لا ينتزعُ الإلكترون ويبقى مُنجذِباً نحوَ داخلِ الكتلة المعدنيّة.
2. إذا كانَت $E = E_s$: يتحرّرُ الإلكترون من سطح المعدن بسرعةٍ ابتدائيّةٍ معدومةٍ.
3. إذا كانَت $E > E_s$: يتحرّرُ الإلكترون من سطح المعدن ومعَه سرعةٌ ابتدائيّة تُحسَب من العلاقة:

$$E_k = E - E_s$$

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

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

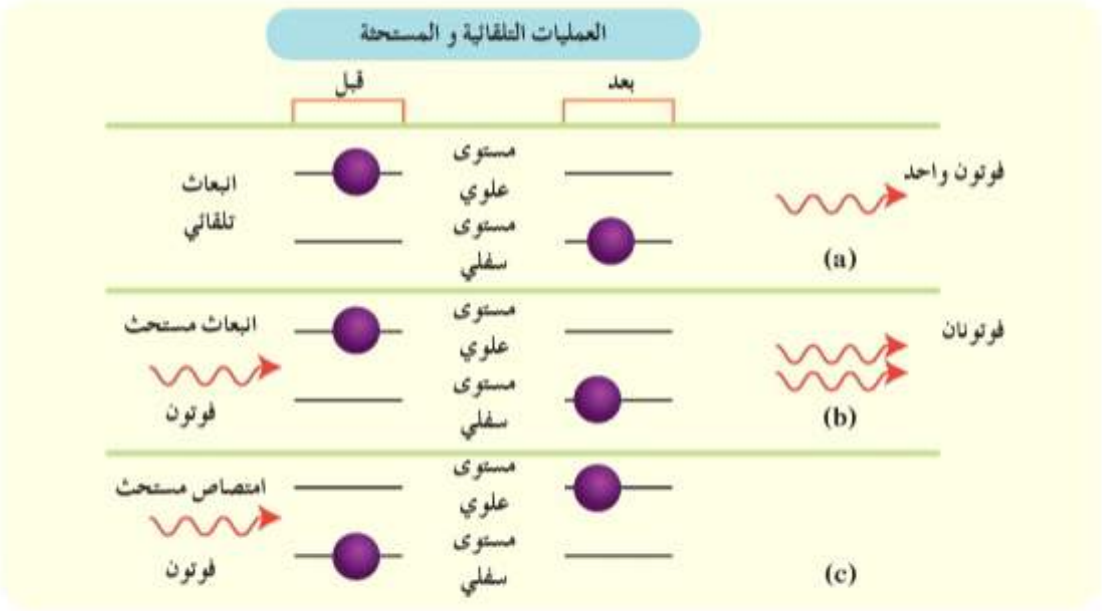
إنّ هذا العجزَ في تفسير ذلك وغيره من الظّواهر مهّدَ لوضع نظريّة الكمّ التي تقومُ على الأسس الآتية:

1. **فرضيّة بلانك:** افترضَ بلانك أنّ الضّوءَ والمادّةَ يُمكِنُهما تبادُل الطّاقة من خلالِ كمّيات مُنفصِلة من الطّاقة سُمّيَت (كمّات الطّاقة)، تُعطَى طاقةُ كلّ كمّة بالعلاقة: $E = h \cdot f = \frac{h\,c}{\lambda}$

2. **فرضيّة أينشتاين:**

افترضَ أينشتاين أنّ الحزمةَ الضّوئيّة مُكوّنةٌ من فوتوناتٍ (كمّات الطّاقة) يحملُ كلٌّ منها طاقةً تُساوي $E = h \cdot f$ ، ويحصلُ تبادل للطّاقة مع المادّة من خلال امتصاص أو إصدار فوتونات.

1. **امتصاصُ الضَّوء:** يحدثُ انتقالُ الذَّرّة من مُستوى طاقةٍ أدنى(دنيا) E_1 إلى مُستوى طاقةٍ مُثارٍ E_2 وذلكَ بامتصاصِ فوتون طاقتُه تُساوي فرقَ الطّاقةِ بينَ هَذَين المُستوَيين أي $\Delta E = E_2 - E_1 = h\,f$



Dr.RaafatHallak

2. **الإصدارُ التّلقائيّ:** إذا كانَت الذَّرّةُ مُثارةً فهي تميلُ دائماً إلى حالةِ الاستقرارِ، فتعودُ تلقائيّاً بعدَ مُدّةٍ زمنيّةٍ قصيرةٍ إلى المُستوى الأدنى، وهذا يصاحبُه إصدارُ فوتون طاقتُه تُساوي فرقَ الطّاقةِ بينَ المُستوَيين $\Delta E = E_2 - E_1 = h\,f$

يكونُ اتّجاهُ الإصدارِ التّلقائيّ عشوائيّاً، وتكونُ الفوتوناتُ الصّادرةُ غيرَ مُترابطةٍ، أي فرق الطّور بينَ الأمواج الكهرطيسيّة النّاتجة غير ثابت.

3. **الإصدارُ المحثوثُ:** يحدثُ عندَ تعرُّضِ الذَّرّة المُثارَة لحزمةٍ ضوئيّة يحقّقُ تواتُرُها العلاقة: $\Delta E = h\,f$ فرقَ الطّاقة بينَ السّوية المُثارَة والسّوية الأساسيّة، في هذه الحالة يؤدّي مرورُ فوتون بجوارِ الذَّرّة المُثارة تحفيزَ إلكترون الذَّرّة المثار للعودة إلى السّوية الأساسيّة، فيصدرُ فوتونٌ آخرُ يتمتّعُ بالخواصّ الآتية:

- طاقتُه تُساوي طاقةَ الفوتون الوارد أي لهما التّواتُر ذاتُه.
- جهةُ حركتِه تنطبق على جهة حركة الفوتون الوارد.
- طورُه يُطابِق طورَ الفوتون الوارد.

رصدُ الثّقوب السّوداء:

- كيفَ يُمكِنُ رصدُ الثّقوب السّوداء على الرّغمِ من أنّه لا يُمكِنُ رؤيتُها فهي تبتلعُ الضّوء؟

1. سلوكُ الأجسامِ المُجاورة للثّقوب السّوداء: إذا توقّعْتَ وجودَ شخصٍ في غرفةٍ مُظلِمةٍ تماماً ولا تمتلكُ أيَّ أداةٍ للرُّؤيا اللّيليّة فكيفَ يُمكِنُ أن تتأكّدَ من وجودِه وتُحدّدَ مكانَه؟ إنّ سلوكَ الأشياءِ المُحيطة يُمكِنُ أن تدلّكَ كحركةِ البابِ وصوتِه أو حركةِ السّتائر أو أيّ حركةٍ غيرِ اعتياديّةٍ في الغرفة.

- هذا ما اعتمدَه العلماءُ في رصدِ الثّقوب السّوداء من خلالِ دراسةِ الحركاتِ غيرِ المُتوقّعة للنّجوم أو الغبار أو الغازاتِ المُحيطة بالأماكنِ غيرِ المرئيّة.

2. الانبعاثُ الإشعاعيّ: تدورُ النُّجومُ المُجاورة والأجسامُ الأخرى حولَ الثّقبِ الأسود، وترتفعُ درجةُ حرارةِ هذه الأجسام لملايين الدّرجات المئويّة، وتستمرُّ الزّيادة في درجةِ الحرارة، وتزدادُ سرعةُ دورانها، وتنبعثُ منها أشعّة سينية. ويُمكِنُ رصد هذه الأشعّة بوساطةِ مراصد الأشعّة السّينيّة.

3. تأثيرُ عدسةِ الجاذبيّة: وفقَ النّظريّة النّسبيّة العامّة تُحدِثُ الجاذبيّة انحناءً في الفضاء، فضوءُ النُّجوم أو المجرّات الذي يمرُّ بجوارِ ثقبٍ أسودَ ينحني فتبدو تلكَ النُّجومُ أو المجرّات في غيرِ أماكنِها بالنّسبة للتّلسكوبات الأرضيّة، تُعرَفُ هذه الظّاهرة باسمِ عدسةِ الجاذبيّة gravitational lensing.

مُعادَلةُ أينشتاين في الفعل الكهرضوئيّ :

وجدنا أنّ الإلكترونَ يُنتزَعُ بطاقةٍ حركيّةٍ عُظمَى من أجلِ:

Dr.RaafatHallak

$$E_k = h\,f - E_s$$
$$E_k = h\,f - h\,f_s$$
$$E_k = h\,c\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_s}\right)$$

فسَّرت مُعادَلةُ أينشتاين ما عجزَت النَّظريّة المَوجيّة الكلاسيكيّة عن تفسيرِه وهي:

1. لا يحدثُ الفعلُ الكهرضوئيّ إذا كانَ تواتُرُ الضّوءِ الوارد أقلّ من تواتُر العتبة f_s الذي تتعلّقُ قيمتُه بطبيعة المعدن، أمّا النّظريّة المَوجيّة، فتعتبرُ أنّ الفعلَ الكهرضوئيّ يحدثُ عندَ جميعِ التّواتُراتِ بحسبِ شدّةِ الضّوء الوارِد.
2. لا تزدادُ الطّاقةُ الحركيّة العُظمَى للإلكترون المُنتزَع E_k بزيادةِ شدّةِ الضّوء لأنّ الإلكترون لا يمتصُّ سوى فوتون واحدٍ من الفوتوناتِ الواردة، بينَما اعتبرَت النّظريّة المَوجيّة أنّ الضّوء ذا الشّدّة العالية يحملُ طاقةً أكثرَ للمعدنِ وبالتالي تزدادُ الطّاقةُ الحركيّة للإلكترون المُنتزَع بزيادةِ شدّة الضّوء الوارِد.
3. تزدادُ الطّاقةُ الحركيّة العُظمَى للإلكترون المُنتزَع بزيادة تواتُر الضّوء الوارِد، بينَما اعتبرَت النّظريّةُ المَوجيّة أنّه لا علاقةَ بينَ طاقةِ الإلكترونِ وتواتُر الضّوءِ الوارِد.
4. يحدثُ انتزاعٌ للإلكتروناتِ من سطحِ المعدنِ آنيّاً مهما كانَت قيمةُ شدّةِ الضّوء الوارِد، وبحسبِ النّظرية المَوجيّة يحتاجُ الإلكترونُ لزمنِ امتصاصِ الفوتون الوارِد حتّى يُنتزَع.