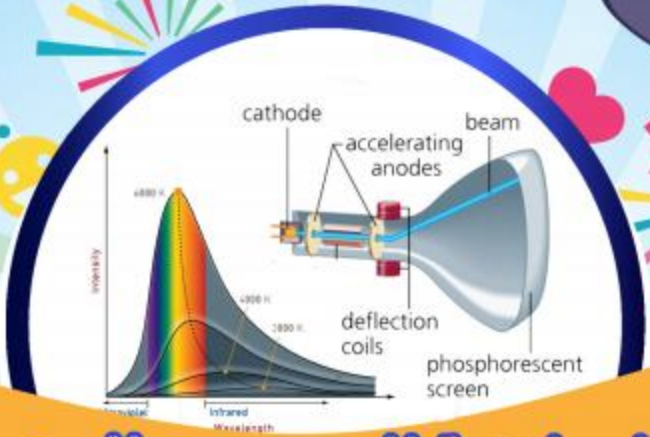


ازدواجية الموجه والجسيم

سلسلة الجيل الصالح

الفيزياء

طارق يحيى

01157096169

الفصل الخامس

إزدواجية الموجة و الجسيم

دراستنا لعلم الفيزياء ينقسم الي

الفيزياء الكلاسيكية | **الفيزياء الحديثة**

الفيزياء الكلاسيكية :

1- يفسر هذا الفرع كل ما سبق دراسته فى علم الفيزياء(العالم الماكروسكوبى....الكبيروالمشاهد)

2- يفسر هذا الفرع مشاهدتنا اليومية وتجاربنا المعتادة(كل مانراه بصورة مباشرة فى حياتنا اليومية)

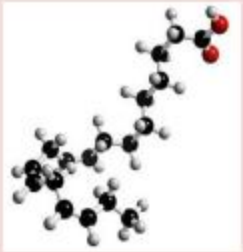
3- لا تستطيع تفسير الظواهر التي يتعامل فيها الضوء أو الإشعاع الكهرومغناطيسي مع الإلكترون أو الذرة ويسمي هذا بالعالم الماكروسكوبي

علل لماذا تسمي الفيزياء الكلاسيكية بهذا الاسم

ج : ليس سبب التسمية بهذا الاسم أنها غير مستعملة بل لأنها تفسر مشاهدتنا اليومية وتجاربنا المعتادة.

الفيزياء الحديثــة :

يفسر هذا الفرع

مجموعة كبيرة من الظواهر العلمية التي لا نراها بصورة مبا شرة في حياتنا اليومية .	الكثير من آثار هذا الكون التي لا تستطيع الفيزياء الكلاسيكية تفسيرها ، وخاصة عند التعامل علي المستوي الذري أو دون الذري .	التفاعلات الكيميائية علي مستوي الجزيئات	كل الظواهر الإلكترونية الحديثة ، وهو أساس نظم الإلكترونيات والاتصالات الحديثة .
			

احمد زويل

طبقا لهذه التفسيرات تعتبر الفيزياء الحديثة مدخلاً مهماً لفيزياء الكم

* لقدتمكن العالم المصرى د/ أحمد زويل من تصوير بعض التفاعلات الكيميائية كاميرا الليزر فائقة السرعة ، وحصل على جائزة نوبل عام1999م.

إشعاع الجسم الأسود

Black Body Radiation

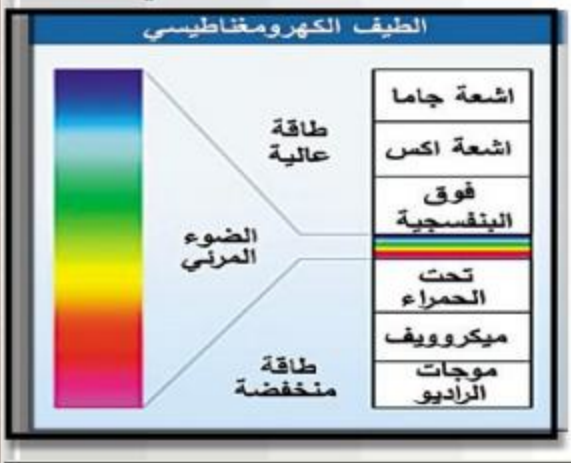
المفهوم الكلاسيكي عن الضوء

قام الفيزيائيين القدامي بوضع تفسيرات للضوء وموجاته وكانت كالتالي :

1- موجات الضوء تنعكس وتنكسر وتعاني التداخل والحيود .	2- الموجات الكهرومغناطيسية تختلف عن بعضها في الترددات والأطوال الموجية.	3- الموجات الكهرومغناطيسية تنتشر بسرعة ثابتة في الفراغ ($C = 3 \times 10^8$ m/s) .
4- لا تحتاج إلي وسط مادي كى تنتشر فيه .	5- الضوء المرئي جزء محدود من الطيف الكهرومغناطيسي .	

إشعاع الأجسام الساخنة :

1. الاجسام الساخنة (كالشمس وسائر النجوم ، قطعة فحم متقدة ، مصباح كهربي متوهج) تشع ضوء وحرارة .
2. الضوء جزء محدود من الطيف الكهرومغناطيسي.
3. الموجات الكهرومغناطيسية تختلف عن بعضها في الطول الموجي والتردد ولكنها تنتشر بسرعة ثابتة في الفراغ .



مخطط يوضح الطيف الكهرومغناطيسي
وكيف أن الضوء المرئي جزء صغير منه

الاجسام المتوهجة	هي الاجسام التي يصدر عنها اشعاع ضوئي او اشعاع حراري مثل الشمس
الاجسام غير المتوهجة	هي الاجسام التي يكون غالب الاشعاع الصادر عنها اشعاع حراري مثل الارض

ال طيف الكهرومغناطيسى

هو توزيع الموجات الكهرومغناطيسية على الترددات والأطوال الموجية المختلفة.

تعريف آخر : هو ترتيب الموجات الكهرومغناطيسية تصاعديا أوتنازليا حسب التردد والطول الموجي .

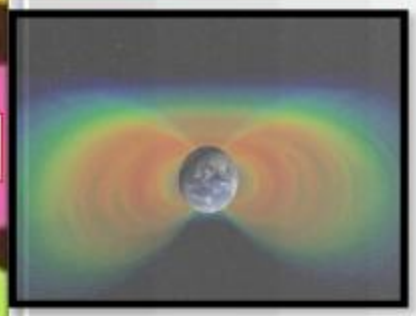
Radio Waves	Micro Waves	Infra red	Visible-L	UltraViolet	X-rays	Gamma-rays
موجات الراديو	الموجات الدقيقة	تحت الحمراء	ضوءمرئى	فوق البنفسجية	أشعة أكس	أشعة جاما

امثلة علي الاجسام المشعة

الإشعاع الصادر من الشمس

الإشعاع الصادر من المصباح

الإشعاع الصادر من الأرض



المصدر المشع	درجة الحرارة	الطول الموجي المصاحب لأكبر اشعاع	منطقة الطيف	الإشعاع
سطح الشمس	6000 ˚k	5000° A	الطيف المرئي	50% ضوء 40% حرارة
مصباح كهربي متوهج	3000 ˚k	1000° A	حافة الضوء المنظور	20% ضوء 80%حرارة
سطح الأرض	منخفضة	10000 A°	الأشعة تحت الحمراء	معظم الإشعاع حراري

علل اللون الغالب على الضوء الصادر من كل هذه المصادر (وغيرها) متغير

جـ : لأن المصدر المشع (الجسم الساخن) لا يشع كل الأطوال الموجية (الألوان) بنفس المقدار ، بل تختلف شدة الإشعاع باختلاف الطول الموجي .

العلاقة بين شدة الإشعاع والطول الموجي ودرجة الحرارة

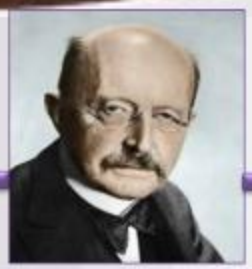
كلاسيكياً : الإشعاع موجات كهرومغناطيسية ولذا فإن شدة الإشعاع تزداد بزيادة

1. التردد (نقص الطول الموجي)
2. درجة حرارة المصدر دون حد معين .

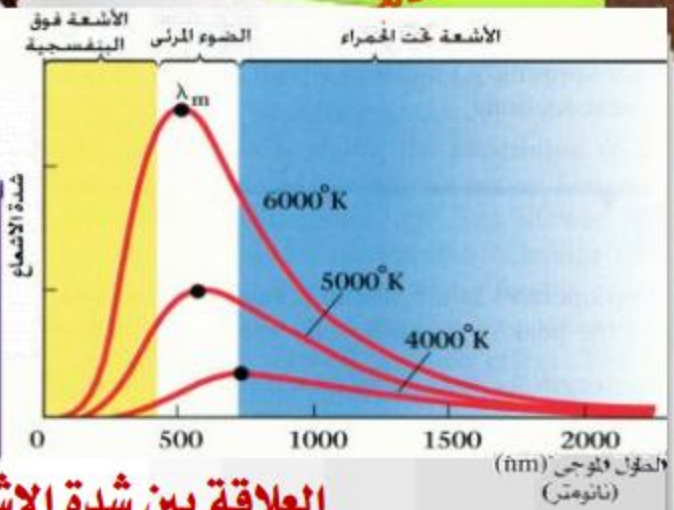
كمياً : قام بلانك بدراسة العلاقة شدة الإشعاع والطول الموجي عند درجات حرارة مختلفة فحصل على منحنى يسمي منحني بلانك

منحني بلانك :

هو منحنى يصف العلاقة بين شدة الإشعاع والطول الموجي عند درجات حرارة



هذا هو العالم ماكس بلانك عالم فيزياء ألماني، يعتبر مؤسس نظرية الكم، وأحد أهم فيزيائيّ القرن العشرين، حاصل على جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩١٨م.



العلاقة بين شدة الإشعاع والطول الموجي:

أولاً : بالنسبة للجزء الأيمن : شدة الإشعاع تقل بزيادة الطول الموجي (نقص التردد)
وهذا يتفق مع النظرية الكلاسيكية

ثانياً : بالنسبة للجزء الأيسر شدة الإشعاع تزيد بزيادة الطول الموجي (نقص التردد)

أي تقل بنقص الطول الموجي (بزيادة التردد) وهذا لا يتفق مع النظرية الكلاسيكية

والسؤال.. لماذا تقل شدة الإشعاع عند الترددات العالية جدا [الأطوال الموجية المنخفضة جدا]؟

علل لم تستطيع الفيزياء الكلاسيكية تفسير منحني بلانك

جـ : لأنها تعتبر الإشعاع موجات كهرومغناطيسية ولذا فإن شدة الإشعاع تزداد بنقص الطول الموجي (زيادة التردد) ، ولذلك لم تستطيع تفسير لماذا تقل شدة الإشعاع عند الترددات العالية (في منطقة الأشعة الفوق بنفسجية)

قانون فـــين :

الطول الموجي الذي تصاحبه أقصي شدة إشعاع (λ_m) يتناسب عكسياً مع درجة الحرارة .

هذا هو العالم جون فين عالم فيزياء ألماني ، حاصل علي جائزة نوبل .
قام بدراسة القمة التي ظهرت في منحني بلانك ووضع قانون باسمه .

لا حظ: كلما زادت درجة الحرارة كان الطول الموجي الذي عنده قيمة عظمي للإشعاع (λ_m) أقصر كما بالشكل .

$$\lambda_m \ \alpha \ \frac{1}{T} \Rightarrow \frac{T2}{T1} = \frac{\lambda 1}{\lambda 2}$$

أبـحاث بلانك

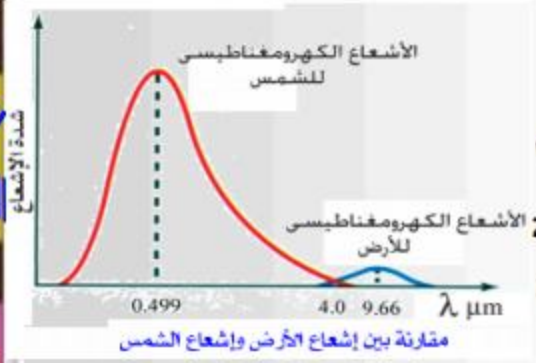
وجد العالم بلانك ان المنحني السابق يتكرر مع كل الاجسام الساخنة التي تشع طيفا متصلا من الاشعاع ولا

يقتصر ذلك علي الشمس بل يحدث للأرض والكائنات الحية

← اشعاع الارض

❶ نظرا لان الارض جسم غير متوهج فإنها تمتص اشعاع الشمس ثم تشعه مرة اخري.

❷ درجة حرارة الارض منخفضة كثيرا بالنسبة للشمس لذا فان قمة منحني اشعاع الارض يكون حوالي (10micron) وهو نطاق الاشعة تحت الحمراء.



مقارنة بين إشعاع الأرض وإشعاع الشمس

فكر ... من المنحني السابق يمكن معرفة درجة حرارة الشمس والارض .(وضح ذلك)

← تصوير الاشعاع الصادر من الارض:

تستخدم اقمار صناعية واجهزة قياس محمولة جوا واجهزة ارضية لتصوير سطح الارض وتسجيل الطيف الصادر منها ومن بينها
- الاشعة تحت الحمراء
- الضوء المرئي
- الموجات الميكرو مترية التي تستخدم في الرادار

← اهمية تصوير الاشعاع الصادر من الارض (الاشعاع الحراري)

❶ **تحديد مصادر الثروة الطبيعية** : اماكن البترول والفحم والمياه الجوفية.

❷ **التطبيقات العسكرية** : مثل أجهزة الرؤية الليلية لرؤية الأجسام المتحركة في الظلام واضحة بفعل ما تشعه من إشعاع حراري

❸ **في الطب** : يستخدم التصوير الحراري في مجال الأورام والأجنة .

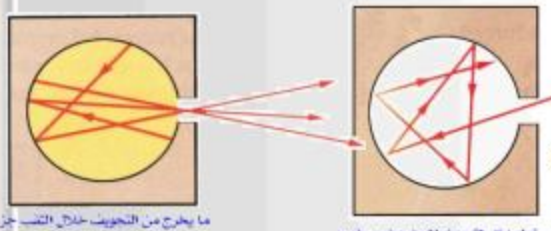
❹ **اكتشاف الأدلة الجنائية**: مثل تقنية الاستشعار عن بُعد حيث يبقى الإشعاع الحراري فترة بعد انصراف الشخص

إشعاع الجسم الأسود Black Body Radiation

← استطاع العالم بلانك في عام ١٩٠٠ أن يضع تفسيراً لهذه الظاهرة والتي سماها باسم إشعاع الجسم الأسود .

➢ سبب التسمية :

أن الجسم الأسود : هو الذي يمتص كل ما يسقط عليه من أشعة ذات أطوال موجية مختلفة (فهو ممتص مثالي) ، ثم يعيد إشعاعه بصورة مثالية (فهو أيضا باعث مثالي)، وذلك لأنه في حالة الاتزان الحراري ، أي أن معامل امتصاص الجسم الأسود % 100



➢ توضيح ظاهرة اشعاع الجسم الاسود :

الجسم الأسود غير موجود حقيقة ، والجسم الشبيه به هو فجوة بها ثقب صغير ،تدخل منه الطاقة الاشعاعية يمتص جزء وينعكس الباقي عدة مرات كل مرة يمتص جزء من الطاقة ولا يخرج إلا جزء يسير منه , ويبدو أسود لأن الإشعاع يظل في معظمه محصوراً بداخله من كثرة الانعكاسات، وهو ما يسمى إشعاع الجسم الأسود .

عند تسخين الجسم الاسود يشع علي حسب درجة حرارته واذا زادت درجة حرارته يتوهج ويصبح ابيض

ظاهرة اشعاع الجسم الأسود :

هي ظاهرة امتصاص الأجسام للإشعاع الساقط عليها ثم إعادة إشعاعه مرة أخري .

الجسم الأسود :

هو الجسم الذي يمتص كل الطاقة الإشعاعية الساقطة عليه ، ثم يعيد إشعاعها مرة أخري ، أي أنه ممتص مثالي و في نفس الوقت باعث مثالي .

فروض بلانك لتفسير ظاهرة إشعاع الجسم الأسود :

مبدأ تكميم الطاقة

من الآخر

العالم ماكس بلانك درس الشعاع الصادر من الجسم الأسود واكتشف انه بيتكون من فوتونات
ودرس الفوتونات دي وطاقتها وكيف تصدر ومتي تزداد ومتي تنقص
ودرس الذرة ومتي تصدر الذرة طاقة ومتي تصدر فوتون

1- يتكون الإشعاع من وحدات صغيرة (دفقات) من الطاقة يسمي كل منها الكوانتم أو الكم (Quantum) أو الفوتون (photon)

، أي أن الإشعاع الصادر من الجسم المتوهج هو فيض هائل من هذه الفوتونات.

2- تزداد طاقة الفوتونات كلما زادها ترددها ، حيث :

طاقة الفوتون = ثابت بلانك × التردد. ($E = h\upsilon$)

3- يتناقص عدد الفوتونات كلما زادت طاقتها .

4- تصدر الفوتونات نتيجة تذبذب ذرات الجسم المشع .

5- الطاقة التي تصدرها هذه الذرات المتذبذبة ليست متصلة بل إنها منفصلة عن بعضها وتخرج علي شكل كمات منفصلة أي أنها (مُكَمَّاة) .(Quantized)

- تأخذ مستويات الطاقة في الذرة قيماً هي ($E_n = h\upsilon$) $h = 6.625 \times 10^{-34}$

- لا تشع الذرة أي طاقة طالما بقيت في نفس مستواها .

- عندما تنتقل الذرة المتذبذبة من مستوي طاقة عال إلي مستوي طاقة أقل فإنها تصدر فوتوناً طاقته ($E = h\upsilon$) ، ولذلك توجد فوتونات ذات طاقة عالية إذا كانت (υ) كبيرة ، وفوتونات ذات طاقة منخفضة إذا كانت (υ) صغيرة .

9- الإشعاع الصادر من الجسم يتكون من بلايين الفوتونات ذات الطاقات المختلفة .

10- لا يمكن أن نلاحظ هذه الفوتونات منفردة ولكن نلاحظ خواص الإشعاع الصادر ككل ، وهذه الخواص التي تعبر عن فيض الفوتونات هي الخواص الكلاسيكية للموجات . (رغم أن العين البشرية السليمة قادرة علي الإحساس بأقل عدد من الفوتونات وحتي فوتون واحد) .

علل ... ظاهرة إشعاع الجسم الأسود إثبات للخاصية الجسيمية للضوء

ثابت بلانك | هو النسبة بين طاقة الفوتون الي ترددة ويساوي 6.625×10^{-34} JS

الانبعاث الالكتروني من سطح المعدن

مقدمة يحتوى المعدن على أيونات موجبة والكترونات حرة تستطيع أن تتحرك داخل المعدن، ولكنها لا تستطيع أن تغادره بسبب قوى التجاذب التي تجذبها دائماً للداخل . وهو ما يسمى حاجز جهد السطح

حاجز جهد السطح :

هو قوي التجاذب المتبادلة بين الأيونات الموجبة و الإلكترونات الحرة في المعدن التي تمنع مغادرة الإلكترونات سطح الفلز .

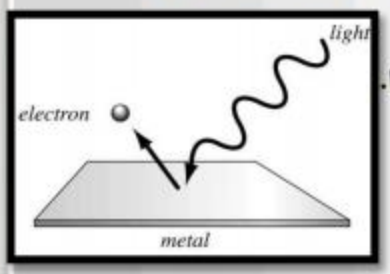
وهناك طريقتان لتحرير الالكترونات من سطح المعدن

❶ الانبعاث الأيوني الحراري (التأثير الكهرو حراري)

هو تحرير الالكترونات من سطح المعدن نتيجة اكسابها طاقة حرارية وهي فكرة أنبوبة أشعة الكاثود

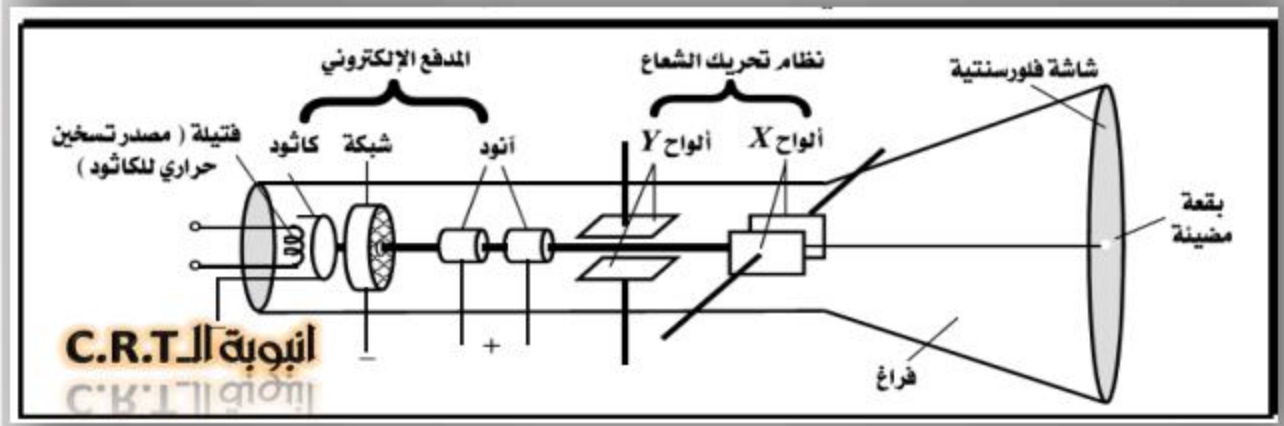
❷ الانبعاث الكهروضوئي

هي ظاهرة انطلاق الإلكترونات من الأسطح المعدنية عند سقوط ضوء مناسب عليها.



أنبوبة شعاع الكاثود (Cat hode Ray Tube (C.R.T

تعالوا نشوف تركيبها ايه



- **الوظيفة** : تستخدم في شاشة التليفزيون والكمبيوتر .
- **الاساس العلمي** : الانبعاث الكهرو حراري
- **التركيب** : أنبوبة مفرغة من الهواء تحتوي على

أولا : المدفع الإلكتروني ويتكون من :

❶ **الكاثود (المهبط)** : وهو سطح معدني يمكن تسخينه بواسطة فتيلة التسخين فتنطلق منه بعض الإلكترونات بتأثير الحرارة متغلبة على قوى الجذب عند السطح

❷ **شبكة** : تعترض طريق الإلكترونات لذا فإنها تتحكم في شدة تيار الإلكترونات .

❸ **الآنود** : وهو القطب الموجب ويعمل على التقاط الإلكترونات التي تتحرر من الفتيلة ،وينشأ عن ذلك مرور تيار كهربي في الدائرة الخارجية ، كما أن الآنود متصل بالشاشة لذا فإنه يوجه تيار الإلكترونات إليها .

ثانيا : الشاشة : عبارة عن شاشة مغطاة بمادة فلورسيه عندما تصطدم الإلكترونات بها فإنها تصدر ضوء تختلف شدته من نقطة لأخرى حسب شدة الإشارة الكهربية

ثالثا : نظام تحريك الشعاع : يمكن توجيه حزمة الإلكترونات بواسطة مجالات كهربية مغناطيسية تصدر عن الألواح فتعمل على تحريك شعاع الإلكترونات بحيث يمسح الشاشة نقطة بنقطة 25 مرة في الثانية وبذلك تكتمل الصورة على الشاشة

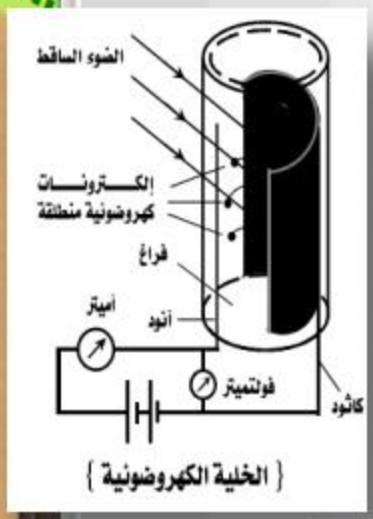
س ارسم أنبوبة التليفزيون أو الكمبيوتر مع شرح دور كل جزء فيها

الخلية الكهروضوئية

● **الاساس العلمي** : تحرير الالكترونات من سطح المعدن عند سقوط ضوء عليها

● **استخدامات الخلية الكهروضوئية**

❶ اضاءة مصابيح الشوارع ليلا اليا عند اختفاء ضوء الشمس
❷ حراسة البنوك والمتاحف من السرقة بعمل جرس انذار الي
❸ عداد النقود في البنوك ❹ ايقاف المصعد عند فتح الباب الي



{ الخلية الكهروضوئية }

● **تركيبها وطريقة عملها** عبارة عن انتفاخ زجاجي مفرغ من الهواء بداخلة كاثود أو مهبط عبارة عن لوح معدني مقعر الشكل سطحه الداخلي مغطي بطبقة من السيزيوم رقيقة وامام الكاثود انود وهو عبارة عن قضيب معدني رفيع حتي لا يحجب الضوء عن الكاثود ومثبت في القاعدة مسماري توصيل احدهما بالكاثود والاخر بالأنود

فكر ... ❶ عند سقوط حزمة من اشعة فوق بنفسجية علي لوح خارصين متعادل نجد انه يشحن بشحنة موجبة

❷ لم تستطيع الفيزياء الكلاسيكية تفسير الظاهرة الكهروضوئية ؟ وضح ذلك

ظاهرة التأثير الكهروضوئي :

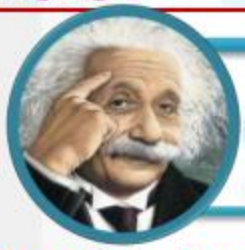
هي ظاهرة انطلاق الإلكترونات من أسطح المعادن عند سقوط الضوء عليها بتردد معين ، و تسمي الإلكترونات المنطلقة بالإلكترونات الكهروضوئية .

تفسير ظاهرة التأثير الكهروضوئي

أولا : تفسير النظريه الكلاسيكيه للضوء :

لا يمكن تفسير هذه الظاهرة بالنظرية الكلاسيكية للضوء ،لأن بعض فروضها يخالف المشاهدة العملية

كلاسيكياً	المشاهدة العملية
❶ يسخن الضوء المعدن وعندئذ تعطي موجات الضوء طاقة للإلكترونات كي تتحرر وشدة تيار الالكترونات المحررة يتوقف علي شدة الموجة بصرف النظر عن التردد.	انطلاق الالكترونات يعتمد اساسا علي تردد الموجة وليس شدتها الإلكترونات فلا تنطلق إلا إذا كان تردد الضوء الساقط أعلى من قيمة حرجة
❷ أن الطاقة الحركية للإلكترونات المنطلقة (وسرعتها) يجب أن تزداد مع زيادة شدة الإضاءة	الطاقة الحركية للإلكترونات المنطلقة (وسرعتها) تتوقف على تردد الموجة الساقطة وليس شدتها .
❸ حتى لو كانت شدة الإضاءة قليلة فإن تسليط الضوء لمدة طويلة كفيل بإعطاء الإلكترونات الطاقة اللازمة لتتحرر بصرف النظر عن التردد	انطلاق الإلكترونات يحدث لحظياً ، ولا تكون هناك فترة انتظار لتجميع الطاقة اللازمة لتحرر الإلكترونات ، بل تنطلق في التو واللحظة بشرط أن يكون تردد الضوء أكبر من الحد الحرج.



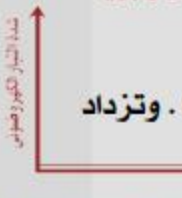
تفسير أينشتين

إذا كان تردد الضوء أكبر من التردد الحرج (υ_c) تزيد شدة التيار بزيادة شدة الضوء

اكتشف أينشتين قانون التأثير الكهروضوئي الذي فسر الظاهرة الكهروضوئية وفاز بجائزة نوبل ١٩٢١م عن هذا التفسير ويتلخص في: -

❶ **إذا سقط فوتون طاقته** $E=h\upsilon$ على سطح معدني وكانت هذه الطاقة أكبر من حد معين (يسمى دالة الشغل Ew ويساوي $h\upsilon_c$) فإن هذا الفوتون يستطيع بالكاد أن يحرر الكترونا

❷ **إذا زادت طاقة الفوتون الساقط** E عن دالة الشغل Ew فإن الإلكترون يتحرر، ويظهر فرق الطاقة على شكل طاقة حركية K.E (أي يتحرك بسرعة أكبر) . وتزداد هذه الطاقة بزيادة التردد



إذا كان تردد الضوء أقل من التردد الحرج (υ_c) لا يمر تيار مهما كانت شدة الإضاءة

$$\Delta E = E - Ew = \frac{1}{2}mV^2 = h\upsilon - h\upsilon_c$$

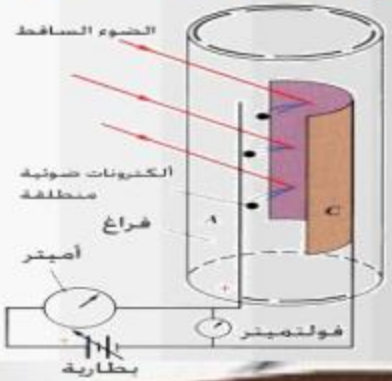
❸ **إذا كانت طاقة الفوتون الساقط أقل من دالة الشغل** ، لا يتحرر مهما كانت شدة الإضاءة

❹ **انطلاق الإلكترونات يحدث لحظياً ولا يكون هناك فترة لتجميع الطاقة** ، بشرط أن تكون طاقة الفوتون أكبر من دالة الشغل ، **وعلى ذلك فإن دالة الشغل تتوقف فقط على نوع المادة ولا تتوقف على** أ شدة الضوء ب زمن التعرض للضوء

من الآخر

العالم أينشتين فسر التأثير الكهروضوئي وتحدث عن عدة نقاط زي :

- الاشعاع واتفق مع ماكس بلانك انه عبارة عن فوتونات
- تحرير الإلكترونات من المعادن وانه يعتمد علي تردد الضوء الساقط.
- العلاقة بين طاقة الفوتون ودالة الشغل
- متي يحدث انطلاق الإلكترونات
- العلاقة بين التيار الكهروضوئي وشدة الإضاءة



دالة الشغل (E_w) :

هي الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون من سطح المعدن دون إكسابه أي طاقة حركة .

التردد الحـــرج (υ_c) :

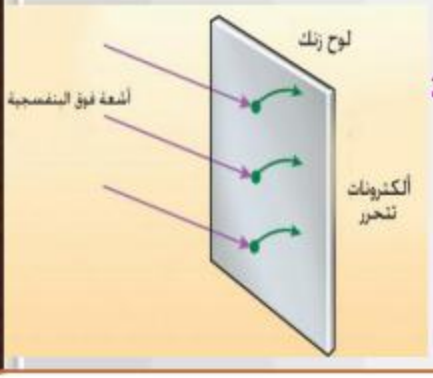
هو أقل تردد للضوء الساقط يعمل علي تحرير الإلكترون من سطح المعدن دون إكسابه أي طاقة حركة .

ما معني ان دالة الشغل Ew لمعدن الخارصين تساوى 6.89×10^{-19} جول

جـ : أي ان 6.89×10^{-19} هو الحد الأدنى من الطاقة التي تكفي لتحرير الالكترون من سطح المعدن دون اكسابه طاقة حركة

معني ان ... الطول الموجي الحرج للبوتاسيوم 6862.9° A

ملاحظات هامة



1. الخارصين يحتاج اشعة فوق بنفسجية لتحرير الالكترونات منه لان الطاقة للازمة لتحرير الالكترونات منه عالية بخلاف الصوديوم و البوتاسيوم والسيزيوم ينبعث منها الالكترون بالضوء العادي اي يحتاج لطاقة اقل.
2. قد تعطي طاقة الحركة الالكترون أو داله الشغل بالإلكترون فولت (eV) وللتحويل الي الجول نضرب في شحنه الالكترون 1.6×10^{-19}

جهد الإيقاف :

هو اصغر جهد سالب علي الآنود يكفي لإيقاف الالكترونات في الخلية الكهروضوئية و يتوقف علي التردد ولا يتوقف علي شدة الضوء ويحسب من $eV_s = KE_{max} = 1/2mv^2$

تدريبات

١. إذا كانت الطاقة اللازمة لتحرر إلكترون من سطح فلز $3.975 \quad 10^{-19}$ J وعند سقوط ثلاثة أضواء أحادية اللون أطوالها الموجية على الترتيب 6200A - 5000A - 3100A أي من هذه الأضواء أحادية اللون يؤدى سقوطه على هذا الفلز الى تحرر الإلكترون ؟ وفى حالة وجود تحرر للإلكترونات احسب كل من

❶ طاقة الإلكترون المتحرر . ❷ سرعة هذا الإلكترون .

علما بأن كتلة الإلكترون 9.1×10^{-31}kg وثابت بلانك 6.625×10^{-34} J.S

الحـــل

طاقة الفوتون تحسب من العلاقة $E = h\upsilon = \frac{hc}{\lambda}$

$$E = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{\lambda}$$

❶ عندما يكون الطول الموجي $6200\ ^{o}A$

$$E = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{6200 \times 10^{-10}} = 3.2 \times 10^{-19} J$$

∵ داله الشغل $(3.975 \times 10^{-19} J)$ اكبر من طاقة الفوتون الساقط $(3.2 \times 10^{-19} j)$

∴ لا تنبعث الكترونات لان طاقة الفوتون اقل من داله الشغل

❷ عنـــدما يكـــون الطـــول المـــوجي $5000\ ^{o}A$

$$E = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{5000 \times 10^{-10}} = 3.975 \times 10^{-19} J$$

⬅ طاقة الفوتون الساقط تساوي من دالة الشغل تتحرر الكترونات بطاقة حركة تساوي صفر

❸ عنـدما يكـــون الطـــول المـــوجي $3100\ ^{o}A$

$$E = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{3100 \times 10^{-10}} = 6.411 \times 10^{-19} J$$

طاقة الفوتون الساقط اكبر من دالة الشغل

⬅ تتحرر الكترونات بطاقة حركة تساوي $\frac{1}{2}mv^2 = E - Ew = 2.43 \times 10^{-19} J$

⬅ سرعة الالكترون المحرر تحسب من العلاقة $K.E = \frac{1}{2}mv^2$

$$\therefore V = 7.3 \quad {}^{7} m/s$$

٢. انبعثت فوتو إلكترونات من سطح فلز بطاقة قصوى قدرها 5×10^{-19} J وذلك عندما سقطت عليها اشعة طولها الموجي 200 nm احسب: ❶ دالة الشغل (الجهد) للفلز ❷ الطول الموجي للفلز

❸ فرق الجهد اللازم لا يقاف انبعاث الالكترونات من الفلز.

الحـــل

$$h\upsilon_c = h\upsilon - \frac{1}{2} mV^2$$

ظاهرة كومتون

Compton Effect

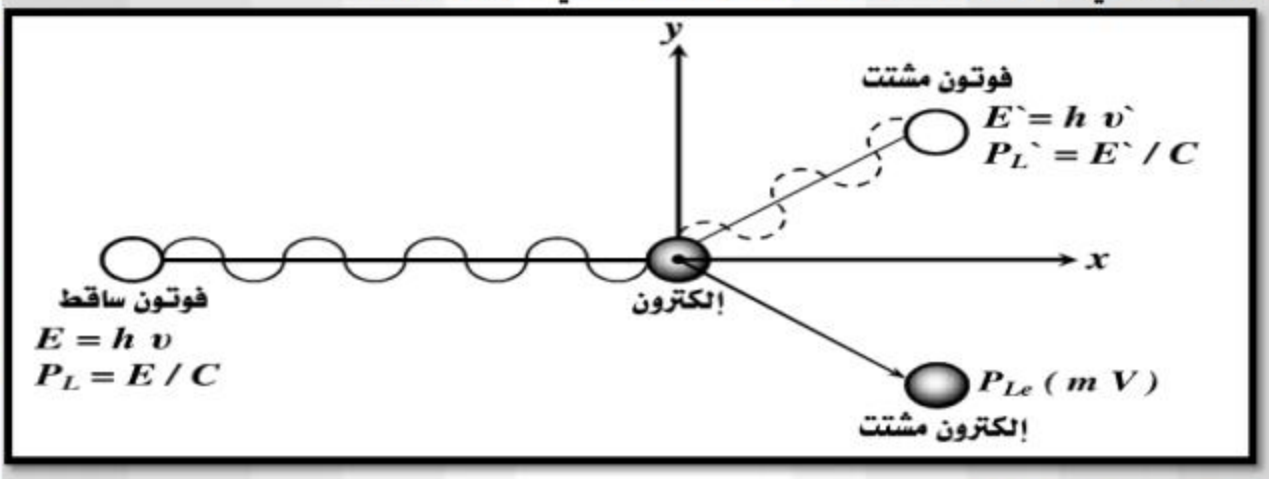
(إثبات الصفة الجسمية للفوتونات)

في عام 1923م لاحظ كومتون أنه عند سقوط فوتون من أشعة (X) أو أشعة جاما (γ) علي إلكترون حر فإن :

هذا هو العالم آرثر هولي كومبتون عالم فيزياء أمريكي حصل على جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٢٧ عن اكتشافه تأثير كومبتون..

- عند سقوط فوتون طاقته عالية(من اشعة إكس أومن أشعة جاما)على الكترون حر فإنه يحدث الاتي:

1. يقل تردد الفوتون (اي طاقته)
2. تزيد سرعة الإلكترون ويغير كلاً منهما اتجاهه .
3. الطول الموجي للفوتون المشتت يكون اطول من الطول الموجي للفوتون الساقط.



تفسير ظاهرة كومتون

- **كلاسيكياً** : لا يمكن تفسير ها بالنظرية الموجية (الكلاسيكية)
- **كمياً**: افترض بلانك أن الإشعاع الكهرومغناطيسي مكون من فوتونات ،وأن الفوتونات يمكن أن تصطدم بالإلكترونات(كما تصطدم كرات البلياردو)أي تصادماً مرناً، ولذا يمكن تطبيق قانون بقاء كمية التحرك وكذلك قانون بقاء الطاقة على حركة الفوتون، أي يكون للفوتون كتلة وسرعة

∴له كمية تحرك

∴ يكون له خواص جسيمية

وتبعا لذلك فان الفوتون المشتت اقل طاقة واقل تردد واطول طول موجي من الفوتون الساقط وهذا يتعارض مع النظرية الكلاسيكية وحيث انه يوجد فرق بين الفوتون الساقط والمشتت في التردد لذ لك لا يمكن القول ان الفوتون المشتت هو نفسة الفوتون الساقط ولكن الفوتون الساقط قد اختفي أو فني والفوتون المشتت قد خلق أو تولد

علل ظاهرة كومتون توضح الصفة الجسيمية للفوتونات؟

تأثير كومتون: هي ظاهرة انبعاث الكترونات واشعة (X) ذات طاقة اقل عند قذف معدن بأشعة (X) ذات

فكر

1- النسبة بين تردد الفوتون قبل وبعد التصادم < 1
2- النسبة بين طاقة الفوتون قبل وبعد التصادم < 1
3- النسبة بين الطول الموجى للفوتون قبل وبعد التصادم > 1
4- النسبة بين سرعة الفوتون قبل وبعد التصادم = 1
5- النسبة بين تردد الإلكترون قبل وبعد التصادم > 1
6- النسبة بين سرعة الإلكترون قبل وبعد التصادم < 1

خواص الفوتون

الفوتون :

هو كم من الطاقة مركز في حيز صغير جداً له كتلة وله كمية حركة .

1 - طاقة الفوتون = $h\upsilon$.

2 - يتحرك الفوتون باستمرار بسرعة الضوء (C) وهي ثابتة مهما اختلف تردد الضوء .

3 - كتلة الفوتون المتحرك = $\frac{h\upsilon}{C^2}$

4 - كتلة الفوتون الساكن= صفر (علل) ؟

ج : لأن الفوتون يفقد كتلته في صورة طاقة يكتسبها الجسم الذي أوقفه عن الحركة .

5 - كمية الحركة للفوتون = $(h\upsilon)/C$

كمية الحركة للفوتون = الكتلة × السرعة = $\frac{h\upsilon}{C^2} \times C = \frac{h\upsilon}{C}$

⬅ فيكون أي فقد في الكتلة يظهر على شكل طاقة وهذا هو أساس صنع القنبلة الذرية .. علل ؟

لأنه وجد أن انشطار النواه يصحبه فقد كتلة صغيرة جداً ، تتحول إلى طاقة كبيرة جداً لأنها تضرب في مربع سرعة الضوء ، وهي كمية كبيرة جداً $(3\times10^8)^2\ m^2/s^2$.

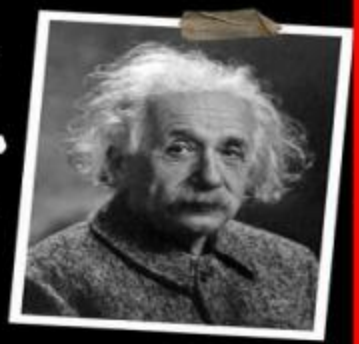
علل العلاقة $E=mc^2$ هي اساس صنع القنبلة الذرية

جـ : لأنه وجد أن انشطار النواه يصحبه فقد كتلة صغيرة جداً ، تتحول إلى طاقة كبيرة جداً لأنها تضرب في مربع سرعة الضوء ، وهي كمية كبيرة جداً $(3\times10^8)^2\ m^2/s^2$.

لاحظ

أثبت أينشتين أن الكتلة والطاقة ترتبطان معاً بعلاقته الشهيرة :

$E=mC^2 \qquad m=\frac{E}{C^2}\ \frac{h\upsilon}{C^2}$



لا تكافح من أجل النجاح بل كافح من أجل القيمة

البرت اينشتاين

استنتاج قانون القوة التي يؤثر بها شعاع ضوئي علي سطح

نفرض أن لدينا اشعاع من الفوتونات ساقط على سطح بمعدل $\emptyset_L$ فوتون / ثانية ،
وأن كتلة الفوتون m وسرعته C

1. تكون كمية تحرك الفوتون قبل التصادم $P_L = \frac{h\upsilon}{c} =$
2. كمية تحرك الفوتون بعد التصادم $P_L = - \frac{h\upsilon}{c} = - mc$
3. ويكون التغير في كمية حركته $\Delta P_L = 2mc$
4. من قانون نيوتن الثاني فإن القوة هي المعدل الزمني للتغير في كمية تحرك الفوتونات

$$\because F = 2mC.\emptyset_L$$

$$\therefore F = 2\frac{h\upsilon}{C^2} C.\emptyset_L = 2\frac{h\upsilon}{C}.\emptyset_L$$

$$F = \frac{2P_w}{c}$$

حيث هي القدرة للطاقة الضوئية الساقطة على السطح .

وهذه القوة ضعيفة لا تؤثر على الأجسام العادية ، ولكنها تؤثر على الإلكترون لصغر كتلته وحجمه .

علل القوة التي يؤثر بها الفوتون قوة صغيرة

جـ : لأنها تحسب من العلاقة $F = \frac{2P_W}{c}$ وحيث ان سرعة الضوء كبيرة فتكون القوة صغيرة جدا

مقارنة بين الالكترون والفوتون

الالكترون	الفوتون
1 جسيم يحمل شحنة سالبة له طبيعة موجية	1 كمة من الطاقة $h\upsilon$ وغير مشحون
2 طاقة الالكترون تتوقف على فرق الجهد بين المهبط والمصعد	2 طاقته $h\upsilon$
3 كتلة ثابتة $9.1 \times 10^{-31} kg$	3 لا تتضح كتلته الا اثناء حركته وتساوي $\frac{h\upsilon}{c^2}$
4 يمكن تعجيله بالمجال الكهربي	4 سرعته ثابتة ولا يمكن تعجيله وتساوي سرعة الضوء
5 اذا توقف عن الحركة يفقد طاقة حركته ويحتفظ بشحنته وكتلته	5 اذا توقف عن الحركة تتلاشي كتلته وتتحول الي طاقة يمتصها الجسم
6 كمية تحركه mv	6 كمية تحركه mc

العلاقة بين الطول الموجي للفوتون وكمية الحركة

$$\because \lambda = \frac{c}{\upsilon}$$

وبضرب البسط والمقام × h ينتج أن $\lambda = \frac{h}{h\upsilon}$ وبقسمة البسط والمقام على C فيكون $\lambda = \frac{h}{\frac{h\upsilon}{c}}$ ولكن

$$\therefore \lambda = \frac{h}{P_l} \quad \text{«««} \quad P_L = \frac{h\upsilon}{c}$$

ملاحظة هامة

عند سقوط فوتونات على سطح ما فإن مقارنة تحدث بين الطول الموجي والمسافات البينية لذرات السطح فاذا كان الطول الموجي

① اكبر بكثير من المسافات البينية فإن الفوتونات تعامل هذا السطح كسطح متصل وتنعكس منه كما في النظرية الموجية

② مقارب للمسافات البينية فإن الفوتونات تنفذ من خلال الذرات وهذا ما يحدث مثلاً في حالة أشعة x .

ثابت بلانك

هو النسبة بين طاقة الفوتون إلي تردده ،

أو هو مقدار الطاقة المصاحبة لوحدة التردد لفوتون أي موجة كهرومغناطيسية ، وحدة قياسه (J.S)

مقارنة في غاية الأهمية

س : قارن بين النموذج الميكروسكوبي والنموذج الماكروسكوبي ؟

النموذج الميكروسكوبي	النموذج الماكروسكوبي
الفوتون يمكن تصوره علي هيئة كرة نصف قطرها = λ .	نلاحظ خواصه في الموجة ككل
الموجة المصاحبة تتذبذب بمعدل υ	شدة الموجة تدل علي تركيز الفوتونات
حزمة الفوتونات تحمل طاقة الشعاع الضوئي	الموجة تصف السلوك الجماعي للفوتونات
يطبق علي مستوي الذرة أو الإلكترون	يطبق علي مستوي التجارب العملية المشاهدة
يطبق إذا كان حجم العائق قريباً من λ للفوتون	يطبق إذا كان حجم العائق أكبر كثيراً من λ

س : متي يستخدم كل من النموذجين الميكروسكوبي والماكروسكوبي للفوتون ؟

الخاصية الموجية والخاصية الجسيمية للفوتونات متلازمتين فمن المهم أن نطبق كلا منهما في مكانه ، فحجم العائق الذي يعترض طريق الضوء هو الذي يحدد استخدام أحد النموذجين

فإذا كانت أبعاد العائق :

أ- أكبر من الطول الموجي (λ) نطبق النموذج الماكروسكوبي .

1 - قريبة من الطول الموجي (λ) أي علي مستوي الذرة أو الإلكترون ، نطبق النموذج الميكروسكوبي أي الفوتون

علل يمكن التعامل مع الفوتون على أساس النموذجين الماكروسكوبى و الميكروسكوبى ؟

جـ : وذلك حسب حجم العائق الذي يعترض أشعة الضوء فإذا كانت أبعاد العائق أكبر بكثير من λ للفوتون فإننا نتعامل بالخاصية الموجية (النموذج الماكروسكوبي) واذا كان ابعاد العائق في حدود λ للفوتون فإننا نتعامل بالخاصية الجسيمية (النموذج الميكروسكوبي)

الطبيعة المزدوجة للجسيم

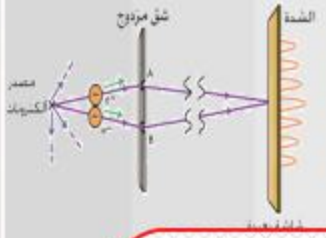
سبق وان تبين لنا ان للفوتون طبيعة جسيمية فلماذا لا يكون للجسيم طبيعة موجية ايضا ؟

هذا التناظر صاغه دي برولي عام ١٩٢٣ م بأن الجسيم له طبيعة موجية طولها الموجي $\lambda = \frac{h}{P_l} = \frac{h}{mv}$ وهي معادلة مماثلة لمعادلة الفوتون

الطبيعة المزدوجة	يقصد بها انه ليس هناك حدا فاصلا بين الامواج والجسيمات فالجسيمات لها طبيعة موجية والموجات لها طبيعة جسيمية.
معادلة دي برولي	هي المعادلة التي توضح العلاقة بين الطول الموجي للموجة المصاحبة للجسم المتحرك وكمية تحركه.

الشعاع الضوئى والشعاع الالكترونى

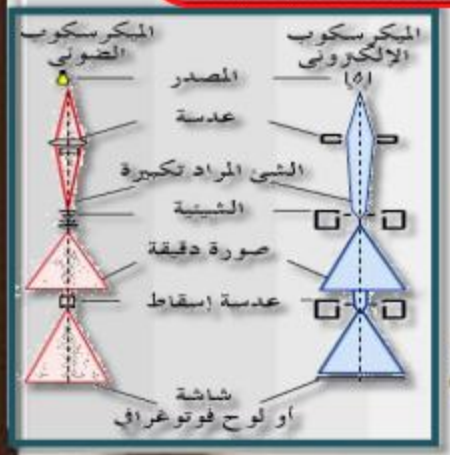
الشعاع الضوئي	الشعاع الإلكتروني
❶ مجموعة هائلة من الفوتونات ❷ فى مجموعها لها موجة مصاحبة تصف سلوكها الجماعى من .. انتشار وانعكاس وتداخل وحيود . ❸ تصف شدة الموجة المصاحبة تركيز الفوتونات ❹ الفوتون يحمل الصفات الوراثية للموجة من حيث التردد والطول الموجي والسرعة ..	❶ مجموعة هائلة من الإلكترونات. ❷ في مجموعها لها موجة مصاحبة تصف سلوكها الجماعي من .. انتشار وانعكاس وتداخل وحيود . ❸ تصف شدة الموجة المصاحبة تركيز الإلكترونات ❹ الإلكترون يحمل الصفات الوراثية للموجة من حيث الشحنة والكتلة والدوران حول نفسه (اللف المغزلى) وكمية الحركة



● **مما سبق** يتبين ان الالكترون اثناء حركته يصاحبه موجة هذه الموجة لها خصائص وهي الانعكاس والانكسار والتداخل والحيود كما يحدث مع الضوء تماما

ولكن هل معني ذلك انه يمكن استخدام شعاع الالكترونات كما يمكن استخدام شعاع الضوء **والاجابة نعم** وهذا ما يحدث في الميكروسكوب الالكتروني

الميكروسكوب الإلكتروني Electronic Microscope



- **استخدامه** : رؤية تفاصيل الكائنات الحية الدقيقة والفيروسات.
- **فكرة عملة** : الطبيعة الموجية للإلكترون
- **شرط رؤية تفاصيل اي جسم**

ان تكون ابعاد الجسم المراد تكبيرة اكبر من الطول الموجي للضوء المستخدم

- **شرح عملة :**

لتكبير الفيروسات أو الكائنات الحية الدقيقة فإنها تضاء بحزمة من الالكترونات التي يتم تعجيلها , وطبقا لمعادلة دي برولي فان الطول الموجي للموجات المصاحبة للإلكترونات يقل بزيادة سرعتها ويصبح الطول الموجي للموجات المصاحبة للإلكترونات اقل من ابعاد الكائنات الحية الدقيقة والفيروسات فيمكن تكبيرها ورؤية تفاصيلها.

علل **لا يصلح الميكروسكوب الضوئى في تكبير الفيروسات**

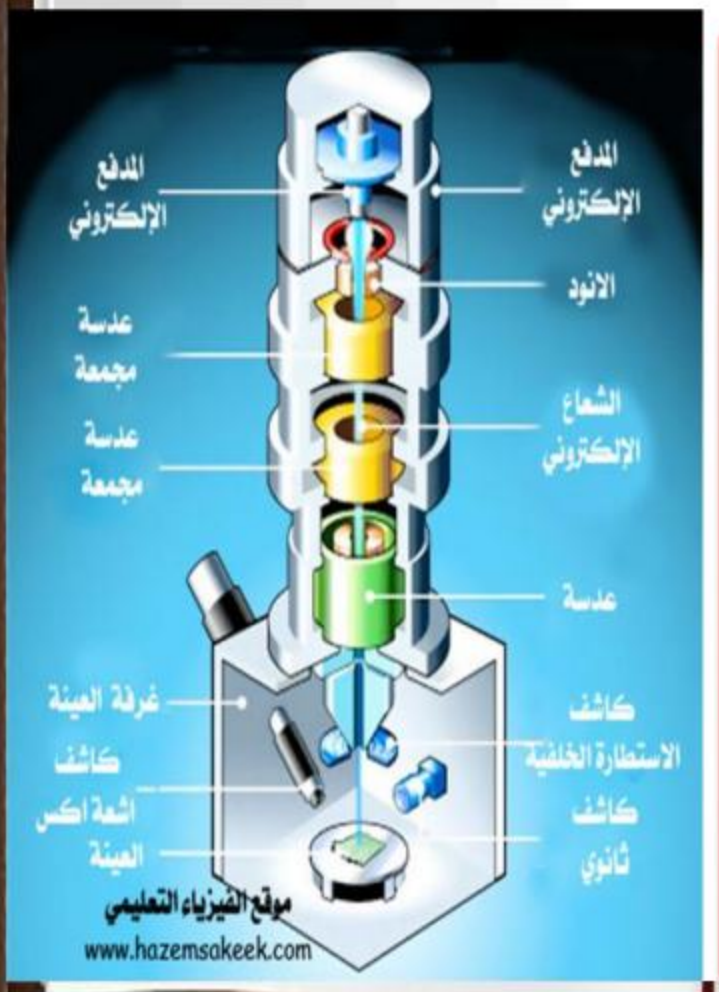
جـ : لان ابعاد الفيروسات اقل من الطول الموجي للضوء المرئي و يشترط في تكبير أي جسم ان تكون أبعاده اكبر من الطول الموجي للموجة المستخدمة لذا لا يصلح الميكروسكوب الضوئي في تكبير الفيروسات .

علل **تفضل العدسات المغناطيسية عن الكهربية في الميكروسكوب الالكتروني؟**

جـ : لأنها تعطي صورة اوضح وقوة تكبير اكبر من العدسات الكهربية

س قارن بين المكروسكوب الالكتروني والضوئي؟

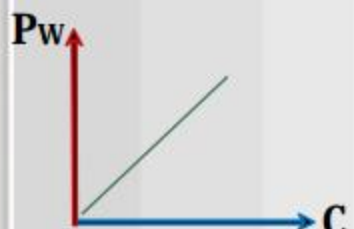
الميكروسكوب الإلكتروني	الميكروسكوب الضوئي
❶يستخدم لتكبير الاجسام الدقيقة جدا مثل الفيروسات التي تقل حجومها عن اقصر طول موجي لموجات الضوء	❶يستخدم لكبير الاجسام التي تكون اكبر من طول موجة الضوء المستخدم ..
❷يضاء بحزمة الكترونية ذات طاقة كبيرة	❷يضاء الجسم بالضوء
❸تنحرف الاشعة بعدسات الكترونية وتفضل المغناطيسية	❸تنحرف الاشعة بعدسات ضوئية
❹تتكون الصورة النهائية علي لوح فلوريسي أو لوح فوتوغرافي	❹ تتكون الصورة علي حائل أو تكون تقديرية يمكن رؤيتها بالعين المجردة
❺قوة التكبير كبيرة جدا 100الف مرة	❺صغيرة نسبيا 2000مرة



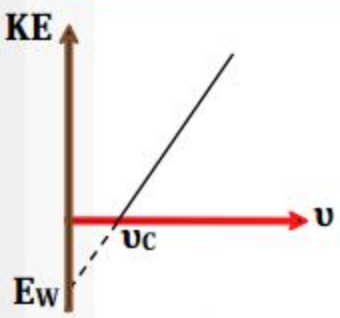
مقارنة بين الإلكترون و الفوتون

وجه المقارنة	الإلكـــترون	الفوتـــون
التعريف	جسيم مشحون بشحنة سالبة .	كمة من الطاقة غير مشحون .
الطاقة	تتوقف طاقته علي فرق الجهد بين المصعد و المهبط . $KE = \frac{1}{2} m v^2 = e V$	تتوقف طاقته علي تردده . $E = h \upsilon$
الكتلة	كتلته ثابتة . $m = \frac{P_L}{v}$	له كتلة أثناء حركته فقط . $m = \frac{h \upsilon}{C^2}$
كمية الحركة	$P_L = m v$	$P_L = m C = \frac{h \upsilon}{C} = \frac{h}{\lambda}$
التعجيل	يمكن تعجيله بالتأثير عليه بمجال كهربي أو مغناطيسي لأنه مشحون .	لا يمكن تعجيله لأنه غير مشحون ، و لذلك سرعته ثابتة = سرعة الضوء .
إذا توقف عن الحركة	يفقد طاقة حركته و يحتفظ بكتلته و شحنته .	تتلاشى كتلته ، و يتحول إلي طاقة يمتصها الجسم الذي أوقف حركته .

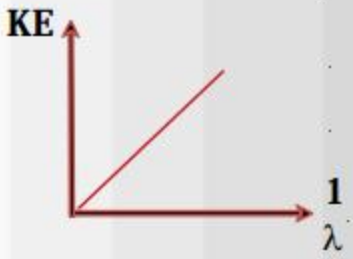
علاقات بيانية هامة



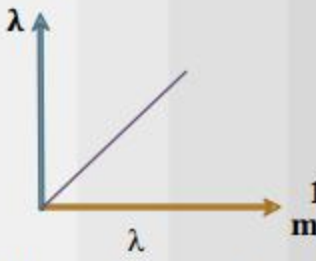
$Slope = \frac{P_w}{C} = \frac{1}{2} C$



$Slope = KE \frac{E_w}{\upsilon} = h$



$Slope = \frac{KE}{\frac{1}{\lambda}} = KE . \lambda = h \upsilon$



$Slope = \frac{\lambda}{\frac{1}{m v}} = \lambda m v = h$

قوانين و أفكار مسائل و أمثلة محلولة

ملخص قوانين الفصل الخامس

١. **العلاقة بين الطول الموجي الذي تصاحبة أقصي شدة اشعاع و درجة حرارة الجسم :**

$$\frac{\lambda_{m_1}}{\lambda_{m_2}} = \frac{T_2}{T_1}$$

- حيث : (m) الطول الموجي الذي تصاحبه أقصي شدة إشعاع ، (T) درجة الحرارة المطلقة للجسم المشع .

٢. **لحساب طاقة الفوتون :**

$$E = h\upsilon$$

- حيث : (h) ثابت بلانك ، (λ) تردد الفوتون .

٣. **لحساب دالة الشغل لمعدن :**

$$E_W = h\upsilon_C$$

- حيث : (h) ثابت بلانك ، (λ_C) التردد الحرج للمعدن .

٤. **لحساب طاقة حركة الإلكترونات المنطلقة من سطح معدن :**

$$KE = E - E_W$$
$$\frac{1}{2} m v^2 = h\upsilon - h\upsilon_C$$
$$eV = h\frac{c}{\lambda} - h\frac{c}{\lambda_c}$$

- حيث : (m) كتلة الإلكترون ، (v) سرعة حركة الإلكترون المنطلق ، (KE) طاقة حركة الإلكترون .

(λ) الطول الموجي للضوء الساقط ، (λ_C) الطول الموجي الحرج للمعدن ، (e) شحنة الإلكترون ، (V) فرق الجهد بين الآنود و الكاثود

٥. **لحساب كتلة الفوتون :**

$$m = \frac{E}{C^2} = \frac{h\upsilon}{C^2} = \frac{h}{\lambda C}$$

٦. **لحساب كمية تحرك الفوتون :**

$$P_L = \frac{h\upsilon}{C} = \frac{h}{\lambda}$$

- حيث : (P_L) كمية تحرك الفوتون .

٧. لحساب الطاقة الضوئية علي السطح في وحدة الزمن (قدرة الشعاع الضوئي) :

$$P_W = h \upsilon \phi_L$$

❑ حيث : (ϕ_L) معدل سقوط الفوتونات علي السطح .

٨. لحساب القوة التي يؤثر بها شعاع من الفوتونات علي سطح :

$$F = \frac{2 P_W}{C}$$

❑ حيث : (P_W) قدرة الشعاع الضوئي الساقط علي السطح .

٩. لحساب الطول الموجي للموجة المصاحبة لحركة جسيم :

$$\lambda = \frac{h}{P_L} = \frac{h}{m v}$$

❑ حيث : (v) سرعة حركة الجسيم ، (m) كتلته ، (P_L) كمية حركته الخطية .

❑ استخدم الثوابت الآتية عند الحاجة إليها :

شحنة الإلكترون (e) = 1.6×10^{-19} C – كتلة الإلكترون (m) = 9.1×10^{-31} Kg

ثابت بلانك (h) = 6.625×10^{-34} J.s – سرعة الضوء (C) = 3×10^{8} m/s

ملخص قوانين الفصل السادس

لحساب الطول الموجي للطيف المميز للأشعة السينية :

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h \upsilon = h$$

انظر

مذكرة الأسئلة والمسائل

في الفيزياء

شرح أسئلة مراجعة امتحانات

8 ملخص قوانين الفصل

١. لحساب تركيز الإلكترونات أو الفجوات في شبه الموصل النقي :

$$n\,p = n_i^2$$

- حيث : (n_i) تركيز الإلكترونات أو الفجوات في شبة الموصل النقي .
(n) تركيز الإلكترونات الحرة ، (p) تركيز الفجوات .

٢. لحساب تركيز الإلكترونات أو الفجوات في البلورة من النوع السالب :

$$n = N_D \quad , \quad p = \frac{n_i^2}{N_D}$$

- حيث : (N_D) تركيز أيونات الشوائب الموجبة المعطية للإلكترونات .

٣. لحساب تركيز الإلكترونات أو الفجوات في البلورة من النوع السالب :

$$P = N_A \quad , \quad n = \frac{n_i^2}{N_A}$$

- حيث : (N_A) تركيز أيونات الشوائب السالبة المستقبلة للإلكترونات .

٤. لحساب ثابت التوزيع أو التجزئة في الترانزيستور :

$$\alpha_e = \frac{I_C}{I_E}$$

- حيث : (I_C) تيار المجمع ، (I_E) تيار الباعث .

٥. لحساب نسبة تكبير التيار في الترانزيستور :

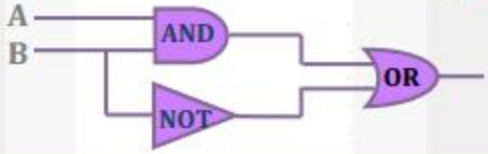
$$\beta_e = \frac{I_C}{I_B} = \frac{\alpha_e}{1-\alpha_e}$$

9 مسائل إمتحانات الأعوام السابقة

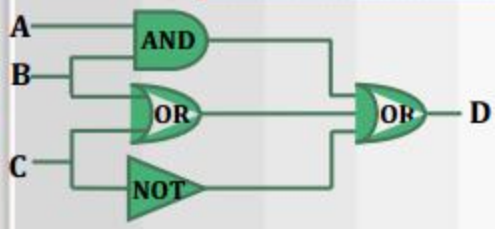
١. **مصر ٢٠٠٦ :** ارسم دائرة كهربية لترانزيستور كمفتاح في حالة التوصيل (ON) ، ثم احسب قيمة تيار المجمع I_C عندما يكون $V_{CC} = 1.5\ V$ و فرق الجهد بين المجمع و الباعث $V_{CE} = 0.5\ V$ و قيمة $R_C = 500\ \Omega$. (2 mA)

٢. **مصر ٢٠٠٧ و ٢٠٠٨ :** في الشكل المقابل دائرة إلكترونية تمثل مجموعة من البوابات المنطقية لأداء وظيفة ما ، أكمل جدول التحقق الذي أمامك لهذه الدائرة .

A	B	output
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	



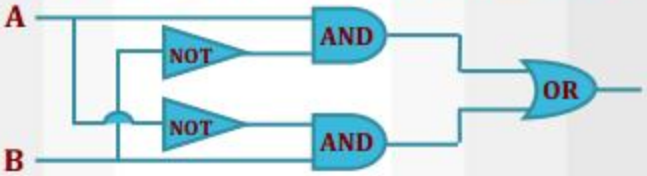
٣. **مصر ٢٠٠٧ :** في الشكل المقابل : دائرة إلكترونية تمثل مجموعة من البوابات المنطقية لأداء وظيفة ما ، أكمل جدول التحقق الذي أمامك لهذه الدائرة .



A	B	C	output
0	0	0	
1	1	0	
1	0	1	
0	1	1	
0	0	1	
1	1	1	

٤. **مصر ٢٠٠٩ :** في الشكل المقابل : دائرة إلكترونية تمثل مجموعة من البوابات المنطقية لأداء وظيفة ما ، أكمل جدول التحقق الذي أمامك لهذه الدائرة .

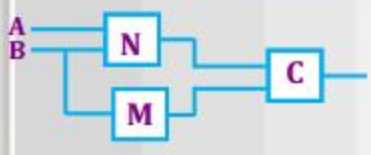
A	B	output
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	



٥. **مصر ٢٠١٢ :** من جدول التحقق استنتج :

١- نوع البوابات X ، Y ، Z .

٢- أكمل الجدول :



الدخل				الخرج
A	B	N	M	C
0	1	1	0	0
1	1	.....	0	.....
1	0	1	.....	1

لا تقبل بوجود مناطق مظلمة في حياتك فالنور موجود وليس عليك الا ان تضغط علي الزر