



ازدواجية الموجة والجسيم

التقنية الأولى
2003

دراستنا للفيزياء تنقسم إلى :-

① **الفيزياء الكلاسيكية** : هي دراسة العالم المشاهد بالعين أى العالم الماكروسكوبى مثل : الصوت و الضوء و الكهرباء والحرارة و خواص المادة .

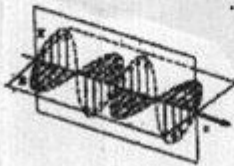
② **الفيزياء الحديثة (الكمية)** : هي دراسة الظواهر العلمية التى لا ترى بالعين مباشرة أى العالم الميكروسكوبى و الذى لا تستطيع الفيزياء الكلاسيكية تفسيره مثل : الظواهر الإلكترونية و الذرية و الظاهرة الكهروضوئية و سلوك الفوتون .

الموجات الكهرومغناطيسية

هي الموجات التى تنتج من اهتزاز مجالات كهربية ومغناطيسية متعامدة وعمودية على اتجاه انتشار الموجة ، ولا تحتاج لوسط مادي لانتشارها ، مثل موجات الضوء .

خواص الموجات الكهرومغناطيسية

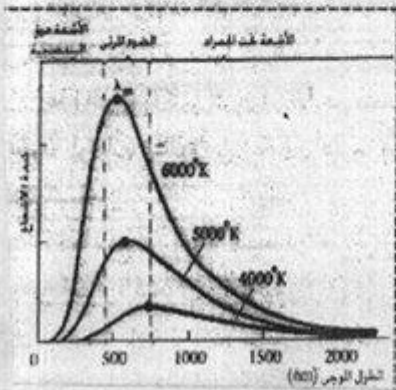
- ✓ جميعها تنتشر أو تنتقل في الفراغ بسرعة ثابتة = سرعة الضوء . $(3 \times 10^8 \text{ m/s})$
- ✓ جميعها موجات مستعرضة .
- ✓ تختلف في أطوالها الموجية وتردداتها ، لذلك تختلف في الخواص الفيزيائية .
- ✓ تنتشر في الفراغ و في الأوساط المادية .
- ✓ تشغل مدى كبير من الأطوال الموجية يسمى هذا المدى بالطيف الكهرومغناطيسى .



الطيف الكهرومغناطيسى : هو توزيع الموجات الكهرومغناطيسية و ترتيبها بحسب طولها الموجى أو ترددها .

إشعاع الجسم الأسود

- أ - الأجسام الساخنة تشع ضوء و حرارة .
مثل :- الشمس - النجوم - المصباح الكهربى - قطعة الفحم المتقدة
- ب - الضوء الصادر من هذه المصادر أو غيرها ألوانه متغيرة . أى أن المصدر المشع لا يشع كل الأطوال الموجية بنفس القدر بل تختلف شدة الإشعاع مع الطول الموجى .
مثل : لون ضوء الشمس يميل للون الأبيض - لون المصباح الكهربى يميل للون الأصفر - لون قطعة الفحم يميل للون الأحمر .
و قد يتغير اللون حسب درجة حرارة المصدر .

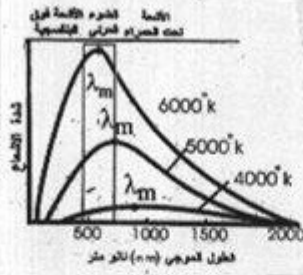


- ج - عند رسم علاقة بين الطول الموجى (λ) على المحور الأفقى و شدة الإشعاع عند درجات حرارة مختلفة على المحور الرأسى نحصل على منحنى بلانك

منحنى بلانك

هو منحنى يوضح العلاقة بين شدة الإشعاع والطول الموجى عند درجة حرارة معينة .

ملاحظات هامة على منحنى بلانك :



- ① - يزداد ارتفاع منحنى التوزيع بارتفاع درجة الحرارة .
- ② - الإشعاع الصادر من الجسم المتوهج لا يقتصر على نوع واحد من الأطوال الموجية .
- ③ - لا تتوزع شدة الإشعاع بالتساوي بين الأطوال الموجية المكونة لطيف الإشعاع فعند كل درجة حرارة معينة نجد أن شدة الإشعاع تصل إلى نهايتها العظمى عند مدى موجي معين .
- ④ - النهاية العظمى لشدة الإشعاع تزداد بارتفاع درجة حرارة الجسم .
- ⑤ - تقل قيمة الطول الموجي التي تبلغ عنده شدة الإشعاع نهايتها العظمى بارتفاع درجة حرارة الجسم أي أن :
النهاية العظمى لشدة الإشعاع تزاح نحو الطول الموجي الأقصر بارتفاع درجة الحرارة .

☆ قانون فين :-

الطول الموجي الذي تصاحبه أقصى شدة إشعاع λ_m يتناسب عكسياً مع درجة الحرارة الكلفينية .

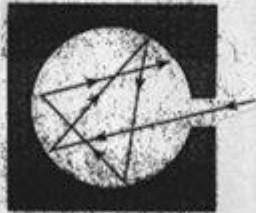
$$\lambda_m \propto \frac{1}{T} \longrightarrow \frac{\lambda_{m1}}{\lambda_{m2}} = \frac{T_2}{T_1}$$

فإذا كانت درجة حرارة فتيل منخفضة فإنها تشع ضوء بلون أحمر وإذا رفعت درجة حرارتها فإنها تتألق لأن النهاية العظمى لشدة الإشعاع تزاح إلى اليسار أي إلى منطقة الضوء المنظور .

- ⑥ - شدة الإشعاع تقترب من الصفر عند الأطوال الموجية الطويلة جداً وكذلك القصيرة جداً .
- ⑦ - عند دراسة الإشعاع الصادر من الشمس حيث درجة حرارة سطح الشمس 6000 °K ومن خلال منحنى بلانك المرسوم نجد أن: شدة الإشعاع العظمى تقع في منطقة الضوء المنظور عند طول موجي 5000 أنجستروم (0.5 ميكرو متر) وقد وجد أن الطاقة الإشعاعية للشمس تتكون من حوالي :
* 40 % من الطاقة ضوء مرئي . ** 50 % من الطاقة إشعاع حراري . *** 10 % من الطاقة يقع في مناطق الطيف الأخرى .
و هذا يفسر ظهور الشمس كقرص أبيض .
- ⑧ - عند دراسة الإشعاع الصادر من مصباح كهربى متوهج درجة حرارته 3000 °K نجد أن :
شدة الإشعاع العظمى تقع عند حافة الضوء المنظور عند طول موجي 10000 أنجستروم (1 ميكرو متر) وقد وجد أن الطاقة الإشعاعية للمصباح الكهربى تتكون من حوالى :
* 20 % من الطاقة ضوء مرئي . ** 80 % من الطاقة إشعاع حراري .

◆ **تعريف الجسم الأسود :** هو الجسم الذى يمتص كل ما يسقط عليه من الأشعة ذات الأطوال الموجية المختلفة أى أنه يمتص مثالى ثم يعيد إشعاعه بصورة مثالية أى أنه باعث مثالى أيضاً .

☆ تصور الجسم الأسود :



يمكن تشبيه الجسم الأسود بفجوة مغلقة بها ثقب صغير والتجويف من الداخل مغطى بطلاء أسود و سطحه الداخلى خشن فإذا دخل شعاع من هذه الفتحة فإنه ينعكس باستمرار على سطحها الداخلى وعند كل مرة ينعكس فيها الشعاع يمتص السطح جزء كبير من طاقة الشعاع وبهذا يفقد الشعاع الكثير من الطاقة حتى يزول فى النهاية إلى الصفر قبل أن يعود ويخرج من الفتحة أى أنه يمتص تماماً داخل الفجوة.

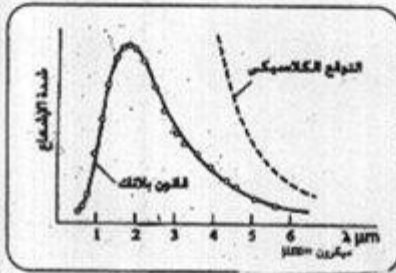
☆ ☆ تعليقات هامة

- س¹ **علل** : الضوء الصادر من المصادر المشعة يكون متغيراً ؟
 جـ لأن المصدر المشع لا يشع كل الأطوال الموجية بنفس المقدار ، لذا يتغير الضوء تبعاً للطول الموجي الصادر الذي يتوقف على درجة حرارة المصدر .
- س² **علل** : إذا تصورنا تجويفاً مغلقاً به ثقب صغير ، فإن ما بداخل التجويف يبدو أسوداً ؟
 جـ لأن الإشعاع يظل محصوراً بداخله لكثرة الانعكاسات ولا يخرج منه إلا جزء يسير يسمى إشعاع الجسم الأسود .
- س³ **علل** : تسمية بلانك ظاهرة إشعاع الجسم الأسود بهذا الاسم ؟
 جـ لأن الجسم الأسود هو الذي يمتص كل ما يسقط عليه من أشعة ثم يعيد إشعاعه بصورة مثالية .

تفسير منحنى بلانك

تفسير الفيزياء الكلاسيكية لمنحنى بلانك :
 الفيزياء الكلاسيكية تعتبر الإشعاع موجات كهرومغناطيسية و بالتالي فإن شدة الإشعاع تزداد بزيادة التردد . و بالتالي تمكنت الفيزياء الكلاسيكية من تفسير الزيادة في شدة الإشعاع ولكنها فشلت في تفسير لماذا تقل شدة الإشعاع عند الترددات العالية .

تفسير بلانك :

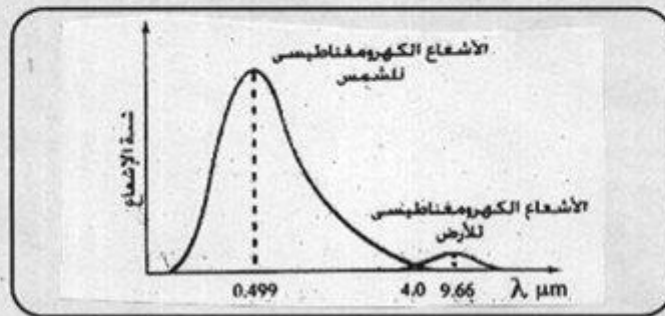


وجد بلانك أن المنحنى يتكرر مع كل الأجسام الساخنة التي تشع طيفاً متصلًا مثل الشمس و كذلك الأرض و الكائنات الحية . و قد أجرى بلانك تجارب عملية على جسم أسود و افترض الآتي :

- 1 - الإشعاع يتكون من وحدات صغيرة من الطاقة تسمى الكوانتم (الكم) أو فوتون .
- 2 - طاقة الفوتون $E = h \nu$ حيث h ثابت بلانك و ν التردد و تزداد طاقة الفوتونات كلما زاد ترددها .
- 3 - عدد الفوتونات يقل كلما زادت طاقتها .
- 4 - هذه الفوتونات تصدر عن تكذب الذرات و طاقة هذه الذرات ليست متصلة و إنما كمّاءة أو غير متصلة أي منفصلة و تأخذ مستويات الطاقة فيما $E = n h \nu$.
- 5 - إذا انتقلت الذرة من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أقل تنبعث فوتونات أما إذا بقيت الذرة في مستوى واحد لا يحدث انبعاث .
- 6 - الإشعاع يتألف من بلايين الفوتونات ذات طاقة عالية و ذات طاقة منخفضة و نحن لا نلاحظ أن الفوتونات منفصلة بواسطة العين و لكن نلاحظ خواص الشعاع ككل .

إشعاع الأرض

الأرض تمتص إشعاع الشمس ثم تشعه ثانية . و نظراً لصغر درجة حرارتها فإن المنحنى تكون قمته عند طول موجي حوالى 10 ميكرومتر في منطقة الأشعة تحت الحمراء . و هناك أقمار صناعية و أجهزة قياس محمولة جواً و أجهزة أرضية تصور سطح الأرض باستخدام مناطق الطيف المختلفة و من بينها الأشعة تحت الحمراء المنبعثة من سطح الأرض بالإضافة إلى المجال المرئي و كذلك باستخدام الموجات الميكرومترية و التي تستخدم في الرادار و يقوم العلماء بتحليل هذه الصور لتحديد مصادر الثروة الطبيعية .



الإستفادة من دراسة الطيف للجسم الساخن :

- 1 - معرفة مصادر الثروة الطبيعية .
- 2 - تستخدم في الحروب مثل جهاز الرؤية الليلية و معرفة الأجسام التي تتحرك في الظلام بفعل ما تشعه من إشعاع حرارى .
- 3 - فى مجال الطب حيث يمكن معرفة الأورام و الأجنة .
- 4 - فى مجال الأدلة الجنائية حيث يبقى الإشعاع الحرارى فترة بعد مغادرة الشخص للمكان و هذه التقلية هى الإستشعار عن بعد و تعتبر مصر من الدول الرائدة فى هذا المجال .

☆ ☆ تعليقات هامة

- س¹ علل : لم تستطيع الفيزياء الكلاسيكية تفسير منحنيات بلانك ؟
 جـ لأن الفيزياء الكلاسيكية تعتبر الإشعاع موجات كهرومغناطيسية وبالتالي فإن شدة الإشعاع تزداد بزيادة التردد ، ولكن منحنيات بلانك تنص على أن شدة الإشعاع تقل فى الترددات العالية .
- س² علل : ظاهرة إشعاع الجسم الأسود إثبات للخاصية الجسيمية للضوء ؟
 جـ لأن فروض بلانك والتي وضعها لتفسير هذه الظاهرة أوضحت أن الإشعاع يتكون من كمات أو فوتونات والفوتون له خواص جسيمية لأن له كتلة وله كمية تحرك .
- س³ علل : يستخدم التصوير الحرارى فى مجال إكتشاف الأدلة الجنائية ؟
 جـ لأن الإشعاع الحرارى للشخص يبقى لفترة زمنية بعد إنصرافه من المكان .

التأثير الكهروضوئى و الانبعاث الحرارى

أى معدن يوجد به إلكترونات حرة تتحرك داخله ولكنها لا تترك السطح بسبب قوى التجاذب بينها وبين الأيونات الموجبة فى المعدن و لكن يمكن لبعض هذه الإلكترونات أن تخرج إذا أعطيناها طاقة ضوئية أو حرارية مثلا .



تعريف حاجز جهد السطح : هو أقل جهد يكفى لمنع خروج أى إلكترون من سطح المعدن .



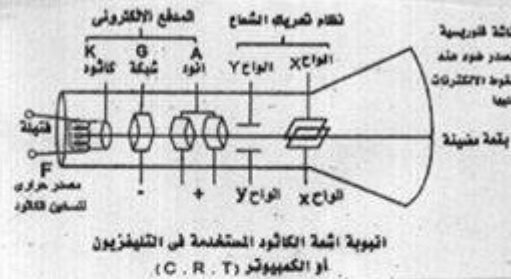
أنبوبة أشعة المهبط



☆ فكرتها : إعطاء إلكترونات سطح المادة طاقة ضوئية أو حرارية لكى تتحرر من السطح .

☆ إستخدامها : شاشة التليفزيون و الكمبيوتر .

تركيبها :



أنبوبة أشعة الكاثود المستخدمة فى التليفزيون أو الكمبيوتر (C.R.T)

- 1 - أنبوبة زجاجية مفرغة من الهواء تفرغاً عالياً .
- 2 - مدفع إلكترونى و توجد فى الطرف الضيق للأنبوبة و ترسل أشعة إلكترونية و تتكون من فتيل و شبكة و مصعد .
- 3 - شاشة فلوريسية و توجد فى نهاية الطرف المتسع للأنبوبة و تغطى بمادة فلوريسية .
- 4 - المجموعة الحارفة توجد قرب منتصف الأنبوبة و هى ملفات تولد مجالات مغناطيسية و ألواح معدنية تولد مجالات كهربية

☆ كيفية عملها :

- 1 - عند مرور التيار الكهربى فى الفتيلة تسخن فيسخن الكاثود وتتطلق بعض الإلكترونات من المدفع الإلكتروني بفعل الحرارة متغلبة على حاجز جهد السطح عند سطح الكاثود .
- 2 - يقوم الأنود (المصعد) بجذب هذه الإلكترونات .
- 3 - تلتقط الشاشة المتصلة بالمصعد هذه الإلكترونات مما يسبب مرور تيار فى الدائرة الخارجية .
- 4 - وعندما تصطدم هذه الإلكترونات بالشاشة فإنها تصدر ضوءاً تختلف شدته من نقطة لأخرى حسب شدة تيار الإلكترونات .
- 5 - تتحكم الشبكة فى شدة تيار الإلكترونات التى تسقط على الشاشة حسب شدة الإشارة الكهربائية المرسله .
- 6 - يمكن توجيه حزمة الإلكترونات بواسطة مجالات كهربية أو مغناطيسية لمصح الشاشة نقطة بنقطة حتى تكتمل الصورة .

ملحوظة هامة :

في أنبوبة أشعة المهبط تكتسب الإلكترونات المسافطة على الشاشة طاقة كهربية. نعين من العلاقة : $E = e V$ طاقة الإلكترونات

حيث e شحنة الإلكترون ، V فرق الجهد المؤثر . هذه الطاقة تتحول إلى طاقة حركة $\frac{1}{2} m v^2$

$$e V = \frac{1}{2} m v^2$$

أمثلة محلولة

مثال (1) إذا كانت درجة حرارة الشمس 6000 K و الطول الموجي عند أقصى شدة إشعاع منها 0.499 nm احسب درجة حرارة فتيلة مصباح يعطى فوتونات لها طول الموجي عند أقصى شدة إشعاع منها 1.2 nm .

الحل

$$\therefore \frac{\lambda_{m1}}{\lambda_{m2}} = \frac{T_2}{T_1} \quad \therefore \frac{0.499}{1.2} = \frac{T_2}{6000} \quad \therefore T_2 = 2495 \text{ K}$$

مثال (2) أنبوبة شعاع الكاثود تعمل على فرق جهد 10 K.V أوجد سرعة الإلكترونات المنبعثة من الكاثود .
(علماً بأن $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$ ، $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

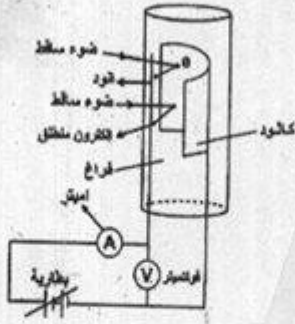
الحل

$$\therefore e V = \frac{1}{2} m v^2$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{2eV}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 10 \times 10^3}{9.1 \times 10^{-31}}} = 5.93 \times 10^7 \text{ m/s}$$



تعريف الظاهرة الكهروضوئية : هي ظاهرة انطلاق الإلكترونات من أسطح بعض الفلزات عند سقوط الضوء عليها .



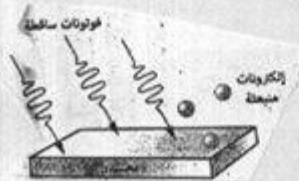
تركيب الخلية الكهروضوئية :

- 1 - انتفاخ زجاجي مفرغ من الهواء إلى درجة عالية .
- 2 - بداخل هذا الانتفاخ كاثود أو مهبط عبارة عن لوح معدني مقعر الشكل سطحه الداخلي مغطى بطبقة من السيزيوم رقيقة .
- 3 - أمام الكاثود يوجد أنود و هو عبارة عن قضيب معدني رفيع حتى لا يعوق ولا يحجب الضوء عن الكاثود .
- 4 - مثبت في قاعدة الخلية مسماري توصيل إحداهما بالكاثود والآخر بالأنود .

معلومات هامة :

1 - كل سطح يحتاج طاقة معينة لانبعث الإلكترونات و أقل طاقة تلزم لتحرير الإلكترونات من السطح تسمى دالة الإشغال للسطح E_w .

تعريف دالة الإشغال E_w : أقل طاقة تلزم لتحرير الإلكترونات من سطح المعدن دون إكسابه طاقة حركة .



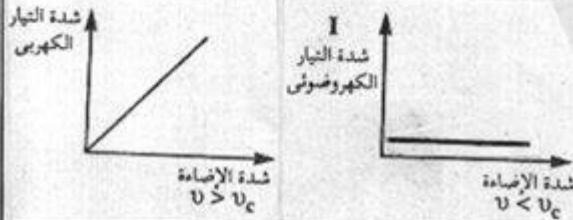
- 2 - الإلكترون المنبعث يسمى إلكترون ضوئي .
- 3 - في الخلية الكهروضوئية تتحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربية .
- 4 - الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون تختلف حتى في السطح الواحد حسب مكان الإلكترون .

٢٨) التصوير الكلاسيكي لنفس سير الظاهرة الكهروضوئية :

- ١ - شدة التيار أو انطلاق الإلكترونات الكهروضوئية يتوقف على شدة الموجة الساقطة بصرف النظر عن ترددها .
- ٢ - طاقة الحركة (أو السرعة) للإلكترونات المنطلقة يجب أن تزداد مع زيادة شدة الإضاءة بصرف النظر عن ترددها .
- ٣ - عندما تكون شدة الإضاءة قليلة فإن تسليط الضوء لمدة طويلة كفيلاً بإعطاء الإلكترونات الطاقة اللازمة لتتحرر بصرف النظر عن ترددها .

٢٩) تفسير أينشتاين للظاهرة الكهروضوئية :

- ١ - عندما يكون تردد الضوء الساقط (ν) أقل من التردد الحرج (ν_c) للمعدن فإن طاقة الفوتون ($h\nu$) تكون أقل من الطاقة اللازمة لنزع الإلكترون من سطح المعدن ($h\nu_c$) أو دالة الشغل (E_w) فلا تبعث الإلكترونات و لا تحدث الظاهرة الكهروضوئية مهما كانت شدة الإضاءة .
- ٢ - **التردد الحرج لمعدن (ν_c) :** هو أقل تردد للضوء الساقط يعمل على إثبات الإلكترونات من سطح الفلز دون إكسابه طاقة حركة .
- ٣ - عندما يكون تردد الضوء الساقط (ν) مساوياً للتردد الحرج (ν_c) للمعدن فإن طاقة الفوتون ($h\nu$) تكون كافية فقط لنزع الإلكترون من سطح المعدن دون أن تكسبه أى طاقة حركة .
- ٤ - عندما يكون تردد الضوء الساقط (ν) أكبر من التردد الحرج (ν_c) للمعدن فإن جزءاً من طاقة الفوتون يستخدم فى نزع الإلكترون من سطح المعدن و هذا المقدار من الطاقة = ($h\nu_c$) بينما يتحول الجزء الباقي إلى طاقة حركة للإلكترون أى يتحرك بسرعة أكبر و تزداد طاقة الحركة هذه بزيادة التردد .



- ٤ - انطلاق الإلكترونات يحدث لحظياً و لا يكون هناك فترة إنتظار لتجميع الطاقة بشرط أن تكون طاقة الفوتون ($h\nu$) أكبر من (E_w) و على ذلك فإن ($h\nu_c$) تتوقف فقط على نوع المادة و لا تتوقف على شدة الضوء و لا زمن التعرض للضوء و لا فرق الجهد بين المهبط و المصعد .

ملحوظة : عندما تكون طاقة الفوتون الساقط أكبر من دالة الشغل للسطح تتعين طاقة الحركة للإلكترون المحرر من العلاقة :

$$\frac{1}{2} m V^2 = h\nu - h\nu_c$$

- س^١ ما معنى أن ؟ : دال الشغل لمعدن الخارصين = $J = 6.89 \times 10^{-19}$ ؟
 جـ أى أن أقل طاقة تلزم لتحرير الإلكترونات من سطح معدن الخارصين دون إكسابه طاقة حركة = $J = 6.89 \times 10^{-19}$.
- س^٢ ما معنى أن ؟ : التردد الحرج لسطح فلز = $Hz = 4.8 \times 10^{14}$ ؟
 جـ أى أن أقل تردد للضوء الساقط يعمل على إثبات الإلكترونات من سطح الفلز دون إكسابه طاقة حركة = $Hz = 4.8 \times 10^{14}$.

كم مثال (١) إذا كان الطول الموجى الحرج للخارصين 3000 \AA فأوجد دالة الشغل لهذا الفلز .
 (حيث سرعة الضوء فى الهواء $C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ و ثابت بلانك $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.S}$)

الحل *

$$\therefore E_w = h\nu_c$$

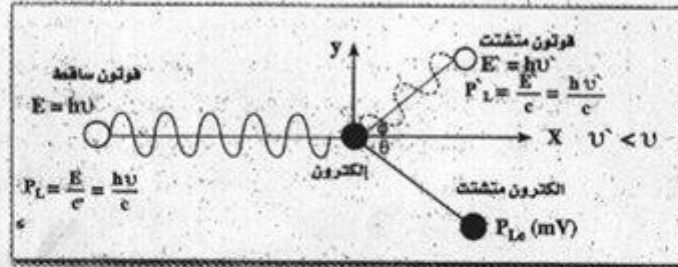
$$\therefore \nu_c = \frac{C}{\lambda_c}$$

$$\therefore E_w = \frac{hC}{\lambda_c}$$

$$\therefore E_w = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3000 \times 10^{-10}} = 6.625 \times 10^{-19} \text{ J}$$

☆☆☆ ظاهرة كومبتون ☆☆☆

- عند سقوط فوتون له طاقة عالية مثل فوتون أشعة X أو أشعة جاما على إلكترون حر يحدث الآتي :
- 1 - يقل تردد الفوتون أي تقل طاقته و يغير اتجاهه .
 - 2 - تزداد سرعة الإلكترون و يغير اتجاهه أيضاً .
- لم تستطع النظرية الموجية الكلاسيكية تفسير ذلك .



تفسير ظاهرة كومبتون من خلال فرض بلانك :

- الإشعاع الكهرومغناطيسي مكون من فوتونات و أن هذه الفوتونات يمكن أن تصطدم بالإلكترونات كما تصطدم كرات البلياردو و في هذه الحالة يطبق قانون بقاء كمية التحرك و قانون بقاء الطاقة على الفوتون والإلكترون أي أن :
- 1 - (كمية تحرك الفوتون + كمية تحرك الإلكترون) قبل التصادم = (كمية تحرك الفوتون + كمية تحرك الإلكترون) بعد التصادم .
 - 2 - (طاقة الفوتون + طاقة الإلكترون) قبل التصادم = (طاقة الفوتون + طاقة الإلكترون) بعد التصادم .

ملاحظات هامة على ظاهرة كومبتون :

- 1 - سرعة الفوتون ثابتة قبل و بعد التصادم و تساوى سرعة الضوء .
- 2 - الطول الموجي للفوتون المشتت يكون أطول من الطول الموجي للفوتون الساقط .
- 3 - ظاهرة كومبتون إثبات للصفات الجسيمية للفوتونات حيث يكون للفوتون كتلة و سرعة و كمية تحرك .

خواص الفوتون

- 1 - الفوتون كم من الطاقة مركز في حيز صغير جداً وطاقته و هو متحرك $E = h\nu$ حيث h ثابت بلانك و ν التردد .
- 2 - سرعة الفوتون ثابتة مهما اختلف التردد و هي سرعة الضوء C .

$$3 - \text{له كتلة و هو متحرك (m) حيث } m = \frac{h\nu}{C^2} \text{ أو } m = \frac{E}{C^2}$$



القنبلة الذرية

$$4 - \text{له كمية تحرك (P_L) حيث } P_L = mC = \frac{h\nu}{C}$$

- 5 - يطبق عليه قانونى بقاء الكتلة و الطاقة .
- 6 - الفوتون له خاصية جسيمية و خاصية موجية .

العلاقة بين الكتلة و الطاقة :

أثبت أينشتاين أن الكتلة و الطاقة ترتبطان بالعلاقة $E = m \cdot c^2$ أى أن فقد الكتلة يظهر على شكل طاقة و هذا هو أساس القنبلة الذرية . حيث وجد أن انشطار النواة يصحبه فقد كتلة صغيرة جداً ولكنه يتحول إلى طاقة كبيرة جداً حيث مربع سرعة الضوء هو كمية كبيرة جداً .

و قد أعلن أينشتاين اندماج قانون بقاء الكتلة و قانون بقاء الطاقة فى قانون واحد هو قانون بقاء الكتلة و الطاقة .

◀◀ القوة التي يؤثر بها شعاع من الفوتونات على سطح ما :

عند سقوط شعاع من الفوتونات على سطح بمعدل (ϕ_L) فوتون / ثانية فإن كل فوتون يسقط على السطح بكمية تحرك $m C$ ينعكس و يعانى تغيراً في كمية التحرك $2 m C$.
و طبقاً لقانون نيوتن الثاني في أن القوة هي المعدل الزمني للتغير في كمية التحرك ينتج أن :

$$F = 2 m C \phi_L$$

$$\therefore F = 2 \left(\frac{h \nu}{C^2} \right) C \phi_L = \frac{2 \times h \nu \phi_L}{C}$$

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

حيث (P_W) هي القدرة بالوات للطاقة الضوئية الساقطة على السطح .
و هذه القوة صغيرة جداً فلا تؤثر على حائط تأثير ملحوظ نظراً لكبر كتلة الحائط بينما تؤثر على الإلكترون لصغر كتلته و حجمه فتقذفه بعيداً و هذا هو تفسير ظاهرة كومبتون .

◀◀ الخاصية الموجية للفوتون :

في النموذج الميكروسكوبي (المجهرى) يمكن أن ننصوّر الفوتون على شكل كرة نصف قطرها $= \lambda$ و يتذبذب بمعدل ν و مجموع هذه الفوتونات لها مجال كهربي و مجال مغناطيسي متعامدان على بعضهما و متعامدان على اتجاه سريان حزمة الفوتونات و لذلك فإننا نعتبر أن حزمة الفوتونات تحمل الطاقة التي يحملها شعاع الضوء .
و نستطيع أن نراقب الخواص الموجية في سلوك حزمة الفوتونات ككل و شدة الموجة تدل على مدى تركيز الفوتونات .
أي أن الحركة الموجية تكون مصاحبة لتيار فوتونات بأعداد كبيرة و هذا ما يسمى النموذج الماكروسكوبي (أى الكبير) .
∴ النظام الماكروسكوبي (الكبير) يتضح في الأعداد الهائلة من الفوتونات .
و النظام الميكروسكوبي (الصغير) يتضح في النظرة إلى فوتون واحد و كلاهما مرتبط بالآخر .

عزيزى الطالب السؤال الآن متى يستخدم كل من النموذجين الميكروسكوبي و الماكروسكوبي للفوتون ؟

حسب حجم العائق الذى يفترض طريق الضوء إذا كان العائق على مستوى الذرة أو الإلكترون أى فى حدود طول الموجة λ فإن التعامل يكون مع النموذج الميكروسكوبي أى الفوتون .
إذا كان الأمر يتعلق بالضوء كحزمة من الفوتونات مع عائق كبير له أبعاد أكبر من طول الموجة λ بكثير فإن التعامل يكون مع النموذج الماكروسكوبي .

◀◀◀ علاقة الطول الموجى للفوتون بكمية التحرك له :

$$\therefore P_L = m \cdot C \quad \therefore m = \frac{h \nu}{C^2} \quad \therefore P_L = \frac{h \nu}{C^2} \cdot C = \frac{h \nu}{C} = \frac{h \nu}{\lambda \nu} = \frac{h}{\lambda}$$

$$\therefore \boxed{P_L = \frac{h}{\lambda}} \quad \therefore \boxed{\lambda = \frac{h}{P_L}}$$

عند سقوط الفوتونات على السطح ما فإن مقارنة تحدث بين λ و المسافة البينية لذرات السطح . إذا كانت λ أكبر بكثير من المسافات البينية فإن الفوتونات تعامل هذا السطح كسطح متصل و تنعكس كما فى النظرية الموجية . أما إذا كانت المسافات البينية مقاربة للطول الموجى λ فإن الفوتونات تنفذ من خلال الذرات مثلما يحدث فى حالة أشعة X لذلك أشعة X لها قدرة عالية على النفاذ .

❖ أمثلة محلولة ❖

❖ مثال (1) احسب القوة التي يؤثر بها شعاع ضوئي قدرته 6 وات على سطح حائط الفصل .
(حيث سرعة الضوء في الهواء $C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

❖ الحل ❖

$$\therefore F = \frac{2 P_w}{C} \quad \therefore F = \frac{2 \times 6}{3 \times 10^8} = 4 \times 10^{-8} \text{ N}$$

و هذه القوة لا تؤثر على الحائط لأنها صغيرة جداً .

❖ مثال (2) فوتون ضوء أخضر طوله الموجي 5000 أنجستروم احسب :-

1 - تردد الفوتون . 2 - كتلة الفوتون . 3 - كمية تحرك الفوتون .
(حيث سرعة الضوء في الهواء $C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ و ثابت بلانك $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.S}$)

❖ الحل ❖

$$\therefore \nu = \frac{C}{\lambda} \quad \therefore \nu = \frac{3 \times 10^8}{5000 \times 10^{-10}} = 6 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\therefore m = \frac{h \nu}{C^2} \quad \therefore m = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 6 \times 10^{14}}{9 \times 10^{16}} = 4.4 \times 10^{-36} \text{ Kg}$$

$$\therefore P_L = m C = \frac{h \nu}{C} \quad \therefore P_L = 4.4 \times 10^{-36} \times 3 \times 10^8 = 13.2 \times 10^{-28} \text{ Kg.m/s}$$

$$\therefore P_L = \frac{h}{\lambda} \quad \therefore P_L = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{5000 \times 10^{-10}} = 13.2 \times 10^{-28} \text{ Kg.m/s}$$

❖ مثال (3) محطة إذاعة قدرتها 80 K.w تبث إرسالها على موجة ترددها 90 MHz فاحسب :

1 - طاقة الفوتون المنبعث من المحطة .
2 - عدد الفوتونات المنبعثة خلال ثانية واحدة . ($h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.S}$)

❖ الحل ❖

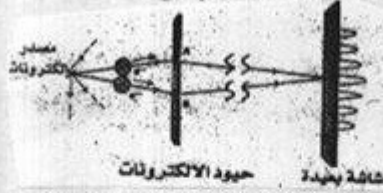
$$\therefore E = h \nu \quad \therefore E = 6.625 \times 10^{-34} \times 90 \times 10^6 = 5.9625 \times 10^{-26} \text{ J}$$

$$\therefore N = \frac{\text{الطاقة الكلية}}{\text{طاقة الفوتون الواحد}} = \frac{\text{القدرة المنبعثة خلال ثانية}}{\text{طاقة الفوتون الواحد}} = \frac{P_w}{E}$$

$$\therefore N = \frac{80 \times 10^3}{5.9625 \times 10^{-26}} = 1.342 \times 10^{30} \text{ photon}$$

الطبيعة الموجية للجسيم

الطبيعة المزدوجة تعني أن الجسيم المتحرك له خصائص موجية بجانب خصائصه المادية و الموجة لها خصائص مادية بجانب خصائصها الموجية . وقد وضع العالم دي برولي علاقة لحساب الطول الموجي المصاحب لجسيم متحرك (مثل الإلكترون) هي :



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

و هناك تماثل بين الضوء و الإلكترونات فالشعاع الإلكتروني مجموعة هائلة من الإلكترونات لها موجة مصاحبة و يكون لها طول موجي بجانب الخصائص المادية للإلكترون و شدة الموجة المصاحبة تدل على تركيز الإلكترونات و هذه الموجات المصاحبة لها أيضاً خاصية الانعكاس و الانكسار و التداخل و الحيود و على ذلك يمكن استخدام شعاع من الإلكترونات كما نستخدم شعاع من الضوء كما في حالة الميكروسكوب الإلكتروني .

و قد تمكن العلماء من إثبات حيود و تداخل الإلكترونات بإمرار حزمة ضيقة جداً من الإلكترونات المنبعثة من مدفع إلكتروني خلال شريحة رقيقة من الألمنيوم و استقبال الإلكترونات على لوح فلوريسي فأمكن الحصول على هدب التداخل حلقات مضيق و أخرى معتمة . و هذا يثبت أن الإلكترونات تخضع لظاهرتي التداخل و الحيود و هي بذلك لها خصائص موجية .

ملحوظة : إذا كان لدينا جسيमान كتلتهما m_1 ، m_2 يتحركان بسرعتين V_1 ، V_2 فإن النسبة بين الطولين الموجيين المصاحبين لهما تتعين من العلاقة :

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{m_2 V_2}{m_1 V_1}$$

الميكروسكوب الإلكتروني

فكرة عمله : الطبيعة الموجية للإلكترونات .

عزيزي الطالب : يشترط في تكبير أي جسم أن تكون أبعاده أكبر من الطول الموجي للموجة الساقطة عليه . و لا يتوفر هذا الشرط في الميكروسكوب الضوئي عند استخدامه في تكبير الفيروسات و الكائنات الحية الدقيقة التي تقل في أحجامها و تفصلها عن طول أصغر موجة من الموجات الضوئية حيث أنه لا يمكن التحكم في الطول الموجي للضوء المرئي .

و لكن في الميكروسكوب الإلكتروني يمكن التحكم في الطول الموجي للإلكترونات بزيادة سرعتها حسب علاقة دي برولي حتى يصل إلى طول موجي أقصر ألف مرة أو أكثر من الطول الموجي للشعاع الضوئي المرئي

لذلك له **قوة تحليل كبيرة جداً** . و معامل تكبيره كبير جداً . و له قدرة تمييز التفاصيل الدقيقة .

و يستخدم في الميكروسكوب الإلكتروني عدسات مغناطيسية لتركيز الإلكترونات التي تنبعث من الكاثود و يتم تعجيلها و إكسابها طاقة بتطبيق فرق جهد عالي بين الأنود و الكاثود .

• الميكروسكوب الإلكتروني دليل على علاقة دي برولي للجسيمات (أي الطبيعة الموجية للجسيمات) .



الميكروسكوب الإلكتروني



الميكروسكوب الضوئي

☆ ☆ تعليقات هامة

س¹ علل : الضوء طبيعة مزدوجة جسيمية وموجية ؟

ج : طبيعة جسيمية تتضح عندما ننظر إليه على أنه فوتونات وهي لها كتلة وكمية حركة .
طبيعة موجية تظهر في خواص الفوتونات المتحركة حيث تنعكس وتكسر وتتداخل وتحيد .

س² علل : لا يمكن تفسير ظاهرة التأثير الكهروضوئي بالنظرية الكلاسيكية للضوء ؟

ج : لأن التجارب العملية أثبتت أن :

- 1 - شدة التيار تتوقف على تردد الضوء وليس شدته .
- 2 - طاقة حركة الفوتوالكترون تتوقف على تردد الضوء وليس شدته .
- 3 - انطلاق الفوتو إلكترونات يكون لحظياً و مباشرة حتى ولو كانت شدة الإضاءة ضعيفة على عكس ما تقول به النظرية الكلاسيكية .

س³ علل : لا يتأثر سطح حائط أو كتاب بسقوط شعاع ضوئي عليه بينما قد يتأثر به الإلكترون الحر ؟

ج : لأن القوة التي يؤثر بها الشعاع الضوئي على السطح $= \frac{2 P_w}{C}$ و بما أن C مقدار كبير جداً (3×10^8) تكون قيمة هذه القوة صغيرة جداً لا تؤثر على حائط أو كتاب .
أما الإلكترون الحر فكتلته صغيرة وحجمه صغير يتأثر بهذه القوة حيث قد تزيد من سرعته أو تغير اتجاهه .

س⁴ علل : لشعاع الإلكترونات طبيعة مزدوجة جسيمية وموجية ؟

ج : لشعاع الإلكترونات طبيعة جسيمية لأن الإلكترون له كتلة وشحنة وسرعة و كمية تحرك .
لشعاع الإلكترونات طبيعة موجية تتضح عندما يتحرك شعاع الإلكترونات بسرعة حيث تصاحبه موجة يعين طولها الموجي من علاقة دي برولى $\lambda = \frac{h}{P_L}$ وهذه الموجة لها خواص الانعكاس والانتكاس والتداخل والحيود كالضوء .

س⁵ علل : يستخدم الميكروسكوب الإلكتروني في رؤية الأجسام الدقيقة جداً والتي يفشل الميكروسكوب الضوئي في رؤيتها ؟

ج : لأن الشعاع الإلكتروني يمكن تزويده بطاقة كبيرة جداً فيكون الطول الموجي المصاحب له قصيراً جداً حيث يقل طول الموجة عن طول الجسم المراد رؤية تفاصيله .

س⁶ علل : لا يصلح الميكروسكوب الضوئي في رؤية تفاصيل الفيروسات ؟

ج : لأن الطول الموجي للأشعة الضوئية أكبر من أبعاد الفيروس فلا تتكون له صورة بهذه الأشعة .

س⁷ علل : لأشعة X قدرة فائقة على النفاذ خلال المواد ؟

ج : لأن الطول الموجي لأشعة X يقارب المسافات البينية بين ذرات المواد فتتغذى خلالها .

س⁸ علل : قد تسقط فوتونات على سطح معدن ولا تنطلق منه فوتو إلكترونات ؟

ج : إذا كان تردد الفوتونات أقل من التردد الحرج فتكون طاقة الفوتون أقل من دالة الشغل للسطح .

س⁹ علل : انطلق الإلكترونات في الظاهرة الكهروضوئية يتوقف على تردد الضوء وليس على شدته ؟

ج : لأن الإلكترونات لا تنطلق إلا إذا كان تردد الضوء الساقط أعلى من التردد الحرج مهما كانت شدته .

س¹⁰ علل : يمكن أن تنطلق الإلكترونات الكهروضوئية مكتسبة طاقة حركة ؟

ج : لأن طاقة الفوتون الساقط أكبر من دالة الشغل للسطح لذلك فإن الفرق في الطاقة يكتسبه الإلكترون على شكل طاقة حركة

$$\frac{1}{2} m V^2 = h \nu - h \nu_c \quad : \text{طبقاً للعلاقة}$$

س¹¹ **علل** : عند سقوط فوتون من أشعة X على إلكترون حر تزداد سرعة الإلكترون و يغير اتجاهه ؟
ج لأنه تبعاً لظاهرة كومتون يكتسب الإلكترون جزء من طاقة الفوتون الساقط على شكل طاقة حركة و ينشأت .

س¹² **علل** : عند انشطار النواة تنتج كمية هائلة من الطاقة ؟
ج لأنه تبعاً لعلاقة أينشتاين $E = m \cdot c^2$ فإن النقص في الكتلة يتحول إلى طاقة هائلة حيث أن الكتلة مضروبة في c^2 و هي كمية كبيرة جداً .

س¹³ **علل** : يقل الطول الموجي المصاحب للإلكترون بزيادة كمية تحركه ؟
ج لأنه تبعاً لعلاقة دي بروي $(\lambda = \frac{h}{p_L})$ يتناسب الطول الموجي المصاحب للإلكترون عكسياً مع كمية التحرك له .

☆☆ مقارنات هامة

س¹ قارن بين الفوتونات و الإلكترونات من حيث : (الكتلة — كمية التحرك) .
ج

الفوتونات	الإلكترونات
الكتلة	كتلتها ثابتة تساوي $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$
كمية الحركة	mV
	$\frac{h \nu}{C}$
	$\frac{h \nu}{C^2}$

س² قارن بين الميكروسكوب الإلكتروني و الميكروسكوب الضوئي من حيث :
(نوع الأشعة المستخدمة — القدرة التحليلية — نوع العدسات المستخدمة) .
ج

الميكروسكوب الإلكتروني	الميكروسكوب الضوئي
نوع الأشعة المستخدمة	أشعة ضوئية
القدرة التحليلية	كبيرة جداً
نوع العدسات المستخدمة	مغناطيسية تعمل على تركيز الإلكترونات
	زجاجية تعمل على تركيز الضوء
	صغيرة

كمثال (1) استخدم ميكروسكوب إلكتروني لرؤية جسم دقيق طوله 4 \AA فإذا كانت سرعة الإلكترونات المعجلة $20 \times 10^5 \text{ m/s}$ فهل يمكن رؤية هذا الجسم ؟ ولماذا ؟
(علماً بأن ثابت بلانك $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.S}$ ، $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$) .

★ الحل ★

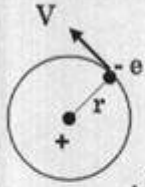
$$\therefore \lambda = \frac{h}{m V} \quad \therefore \lambda = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 10^5} = 3.64 \times 10^{-10} \text{ m} = 3.64 \text{ \AA}$$

∴ يمكن رؤيته لأن الطول الموجي المصاحب للشعاع الإلكتروني المستخدم أقل من طول الجسم المراد رؤيته .



الأنماط الذرية

عزيزي الطالب : تعود كلمة الذرة atom إلى اللغة الأغريقية و هي تعنى الوحدة التى لا تنقسم . و إليك أحد التصورات للعلماء عن الذرة :



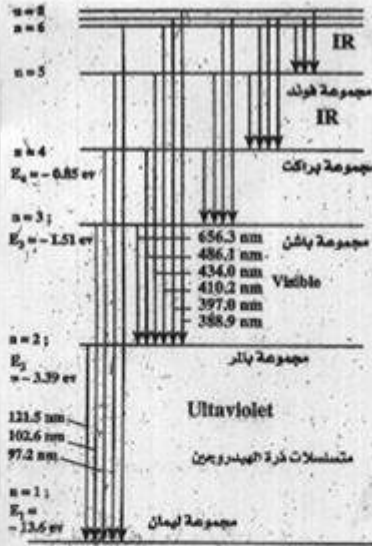
☆ نموذج بور لذرة الهيدروجين :-

- 1 - توجد عند مركز الذرة نواة موجبة الشحنة .
- 2 - تتحرك الإلكترونات سالبة الشحنة حول النواة فى مدارات محددة تعرف باسم الأغلفة لكل منها مستوى طاقة .
- 3 - لا يصدر الإلكترون إشعاعاً طالما كان يتحرك فى مستوى الطاقة الخاص به .
- 4 - الذرة متعادلة كهربياً حيث أن الشحنة السالبة للإلكترونات حول النواة يساوى الشحنة الموجبة التى تحملها النواة .
- 5 - إذا انتقل إلكترون من مستوى طاقة خارجى طاقته (E_2) إلى مستوى طاقة داخلى طاقته (E_1) حيث ($E_2 > E_1$) ينطلق نتيجة لذلك كمية من الإشعاع (فوتون) طاقته تحدد من العلاقة $h\nu = E_2 - E_1$ حيث (ν) تردد الإشعاع الناتج ، (h) ثابت بلانك .
- 6 - القوى الكهربية (قانون كولوم) و القوى الميكانيكية (قانون نيوتن) قابلة للتطبيق فى مجال الذرة .
- 7 - يمكن حساب المدار تقديرياً إذا اعتبرنا أن الموجة المصاحبة له تمثل موجة موقوفة .

☆ انبعاث الضوء من ذرة بور (الطيف الخطى لغاز الهيدروجين)

- 1 - عند إثارة ذرات الهيدروجين (بأن تكتسب طاقة) فإنها لا تثار كلها بنفس الدرجة و لذلك تنتقل الإلكترونات فى الذرات المختلفة من المستوى الأول (K) ($n = 1$) إلى مستويات مختلفة أعلى منه ($n = 2$ or 3 or 4 ) .
- 2 - لا تبقى الإلكترونات فى مستويات الطاقة العالية إلا لفترة قصيرة جداً تقدر بنحو (10^{-8}) ثانية ثم تهبط إلى مستويات أدنى .

- 3 - عندما يهبط الإلكترون من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أدنى فإنه يفقد فرق الطاقة على شكل إشعاع تردده (ν) و طاقته ($h\nu$) حيث $h\nu = E_2 - E_1$ و طوله الموجى $\lambda = \frac{c}{\nu}$



- 4 - و لذلك يتكون الطيف الخطى للهيدروجين من خمس مجموعات أو متسلسلات من الخطوط كل منها يقابل طاقة محددة و بالتالى تردد محدد و ترتب المتسلسلات لطيف ذرة الهيدروجين كما بالشكل :-

1 - مجموعة ليمان :

حيث ينتقل الإلكترون من المستويات العليا إلى المستوى (K) ($n = 1$) و تقع هذه المجموعة فى منطقة الأشعة فوق البنفسجية و هى ذات أطوال موجية قصيرة و ترددات عالية .

2 - مجموعة بالمر :

حيث ينتقل الإلكترون من المستويات العليا إلى المستوى (L) ($n = 2$) و تقع هذه المجموعة فى منطقة الضوء المنظور .

3 - مجموعة باشـن :

حيث ينتقل الإلكترون من المستويات العليا إلى المستوى (M) ($n = 3$) و تقع هذه المجموعة فى منطقة الأشعة تحت الحمراء .

4 - مجموعة براكـت :

حيث ينتقل الإلكترون من المستويات العليا إلى المستوى (N) ($n = 4$) و تقع هذه المجموعة فى منطقة الأشعة تحت الحمراء .

5 - مجموعة فـوند :

حيث ينتقل الإلكترون من المستويات العليا إلى المستوى (O) ($n = 5$) و تقع هذه المجموعة فى أقصى المنطقة تحت الحمراء و هى أكبر الأطوال الموجية و أقلها تردداً .

☆ ☆ تعليقات هامة

س¹ **علل** : يمكن رؤية مجموعة بالمر في طيف ذرة الهيدروجين بينما لا يمكن رؤية مجموعة فوند ؟
جـ لأن مجموعة بالمر تقع أطوالها الموجية في منطقة الضوء المنظور (المرئي) بينما مجموعة فوند تقع أطوالها الموجية في منطقة الأشعة تحت الحمراء (و هي غير مرئية) .

س² **علل** : مجموعة ليمان في طيف ذرة الهيدروجين أعلاها طاقة بينما مجموعة فوند أقلها طاقة ؟
جـ لأن عودة الإلكترون من أى مستوى إلى المستوى K يعطى فوتون له أعلى طاقة حيث يكون فرق الطاقة (ΔE) كبيراً جداً بينما عودة الإلكترون من أى مستوى إلى المستوى O يعطى فوتون له أقل طاقة حيث يكون فرق الطاقة (ΔE) صغيراً جداً .

س³ **علل** : لا تنجذب الإلكترونات الذرة نحو النواة ؟
جـ لتولد قوة طاردة مركزية تعادل قوة جذب النواة نتيجة دوران الإلكترونات بسرعات كبيرة .

✳ أمثلة محلولة ✳

كم مثال (1) احسب التردد و الطول الموجي للإشعاع الصادر من انتقال إلكترون من المستوى ($n=4$) إلى ($n=3$) في ذرة الهيدروجين علماً بأن $E_4 = -0.85 \text{ eV}$, $E_3 = -1.5 \text{ eV}$ و سرعة الضوء $C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ و شحنة الإلكترون (e) = كولوم 1.6×10^{-19} و ثابت بلانك (h) = $6.6 \times 10^{-34} \text{ J.S}$

✳ الحل ✳

$$\begin{aligned} \therefore \Delta E &= E_4 - E_3 & \therefore \Delta E &= -0.85 - (-1.5) = 0.65 \text{ eV} \\ \therefore \Delta E &= h\nu & \therefore 0.65 \times 1.6 \times 10^{-19} &= 6.6 \times 10^{-34} \times \nu \\ \therefore \nu &= 1.576 \times 10^{14} \text{ Hz} \\ \therefore \lambda &= \frac{C}{\nu} & \therefore \lambda &= \frac{3 \times 10^8}{1.576 \times 10^{14}} = 1.9 \times 10^{-6} \text{ m} \end{aligned}$$

✳ ✳ ✳ المطياف (الاسبكتروجراف) ✳ ✳ ✳

✳ **الاستخدام** : يستخدم للحصول على طيف نقي كما يستخدم في تحليل الضوء إلى مكوناته المرئية و غير المرئية .

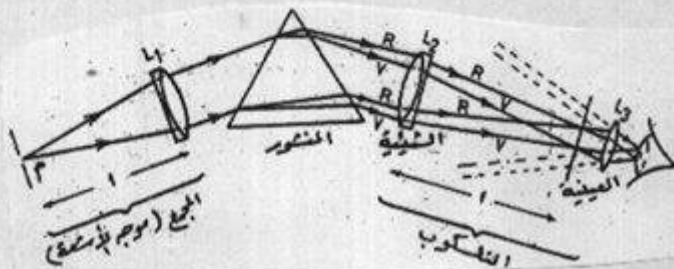
✳ **تركيبه** : يتكون من ثلاثة أجزاء رئيسية :-



① - **مصدر الأشعة** : هو عبارة عن مصدر ضوئي أمامه فتحة مستطيلة ضيقة يمكن التحكم في اتساعها بواسطة مسمار محوى . توجد هذه الفتحة في بؤرة عدسة محدبة .

② - **منضدة قابلة للدوران** يوضع عليها منشور ثلاثي من الزجاج .

③ - **تلسكوب** و يتكون من عدستين محدبتين هما الشيئية و العينية .



☆ شرح العمل للحصول على طيف نقى بواسطة المطياف :

- 1 - تضاء الفتحة المستطيلة الضيقة بضوء أبيض متالى المطلوب دراسة طيفه ليسقط على أحد أوجه المنشور .
- 2 - يوضع المنشور فى وضع النهاية الصغرى للانحراف .
- 3 - يوجه التلسكوب لاستقبال الأشعة المارة خلال المنشور .
- 4 - تكون أشعة كل لون متوازية فيما بينها و غير موازية لأشعة الألوان الأخرى .
- 5 - تعمل الشبكية على تجميع كل لون فى بؤرة خاصة فى المستوى البؤرى لهذه العدسة و يمكن رؤيتها بواسطة العدسة العينية أو استقبالها على لوح فوتوغرافى .

◀◀ أنواع الطيف المنظور :- 1- طيف الانبعاث 2- طيف الامتصاص

أولاً : طيف الانبعاث :

① - **الطيف المستمر (المتصل) :** هو الطيف الذى يتضمن توزيعاً متصلاً للترددات أو الأطوال الموجية .
و يظهر فيه مناطق الطيف السبعة متصلة ببعضها على شكل ديب شريطى دون أى فاصل بينها و يتولد عن الأجسام الصلبة المتوهجة لدرجة البياض .

② - **الطيف الخطى (الذرى) :** هو الطيف الذى يتضمن توزيعاً غير متصلاً للترددات أو الأطوال الموجية .
و يظهر على شكل خطوط ساطعة ملونة على خلفية معتمة و يتولد الطيف الخطى عن الغازات و الأبخرة الملتهبة .
يسمى لطيف الخطى بالطيف الذرى لأن لكل عنصر طيف خطى مميز له و يعتبر صفة من صفات العنصر و يوحى ذلك بوجود علاقة بين الطيف الخطى و التركيب الذرى للعنصر .



◀ ثانياً : طيف الامتصاص الخطى : خطوط مظلمة لبعض الأطوال الموجية فى الطيف المستمر للضوء الأبيض و هذه الخطوط

نتيجة عن امتصاص بخار العنصر لخطوط الطيف المميزة له .
يظهر على اللوح الفوتوغرافى كخطوط مختلفة سوداء على أرضية ساطعة ملونة بعكس صورة طيف الانبعاث الخطى .

☆ **خطوط فرنهوفر :** هى خطوط مظلمة راسية توجد موزعة فى المناطق المختلفة لطيف الشمس و هى عبارة عن أطراف امتصاص لأبخرة العناصر الموجودة فى الغلاف الخارجى المحيط بالشمس .
أثبت ذلك وجود عنصرى الهليوم و الهيدروجين على الشمس .

☆☆ تعليقات هامة

س¹ **علل :** لا يصدر الطيف الخطى من المادة إلا إذا كانت فى صورة ذرات منفصلة أو فى الحالة الغازية تحت ضغط منخفض ؟

ج : لأن الطيف الخطى هو طيف ناتج عن عودة ذرات مثارة حيث لا يحدث إثارة للجزيئات .

س² **علل :** يجب أن يكون منشور المطياف فى وضع النهاية الصغرى للانحراف ؟

ج : لأن المنشور فى وضع النهاية الصغرى للانحراف يجعل لكل لون من ألوان الطيف زاوية انحراف خاصة به فتباعد الألوان و لا تختلط فنحصل على طيف نقى .

س³ **علل :** ظهور خطوط مظلمة فى الطيف الشمسى تعرف باسم خطوط فرنهوفر ؟

ج : لأن الطيف الشمسى المتصل عند مروره خلال عناصر الغلاف الشمسى يعمل كل عنصر على امتصاص خطوط الطيف المميزة له و يظهر مكانها خطوط سوداء تعرف بخطوط فرنهوفر .

☠ X - Rays الأشعة السينية ☠

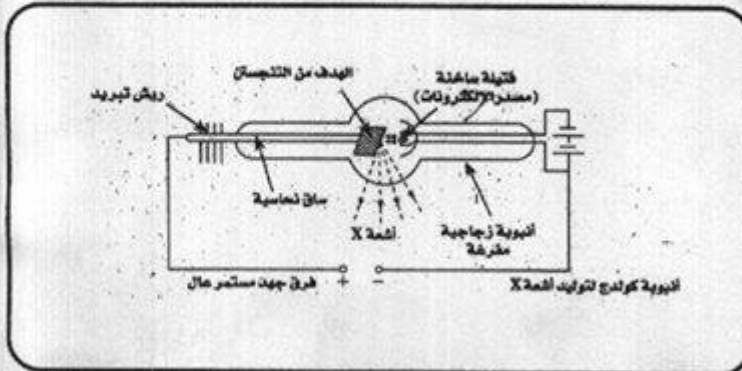
☠ ما هي الأشعة السينية ؟

هي أشعة كهرومغناطيسية غير مرئية طولها الموجي قصير جداً ما بين (10^{-8} m , 10^{-13} m) و تقع بين الأطوال الموجية للأشعة فوق البنفسجية وأشعة جاما وبالتالي فهي عالية الطاقة .

☠ اكتشاف الأشعة السينية :

اكتشفها العالم رونتينج عام 1895 و سماها الأشعة المجهولة أو الأشعة السينية X – Rays لأنه لم يعرف في أول الأمر ماهيتها .

☠ خواص الأشعة السينية :



- ① لها قدرة كبيرة على اختراق الأوساط .
- ② لها قدرة كبيرة على تأيين الغازات .
- ③ تحيد عند مرورها في البللورات .
- ④ تؤثر على الألواح الفوتوغرافية الحساسة .

☠ طريقة الحصول على الأشعة السينية باستخدام أنبوبة كولج ☠

☠ تركيب أنبوية كولاج :

تتركب أنبوبة كولاج من أنبوبة مفرغة من الهواء تحتوى على :

①- الفتيل :

و هو سلك من مادة التنجستين و يوصل طرفيه بمصدر كهربى قوته الدافعة حوالى 12 فولت و عندما يسخن لدرجة التوهج تنبعث الإلكترونات من سطحه .

② - الكاثود :

و هو سطح معدنى مقعر الشكل يعمل على عكس الإلكترونات بحيث تنجذب إلى الأنود .

③ - الأنود :

استطاعة من النحاس توصل بالطرف الموجب للجهد العالي حوالي 100000 فولت بينما يوصل الكاثود بالطرف السالب له فيعمل على إخراج شعاع الإلكترونات المنطلق من الفيلد ليصطدم بالهدف كما يتصل الأنود بمساق من النحاس تعمل على تبديد الحرارة الشديدة المتولدة نتيجة اصطدام الإلكترونات بالهدف إضافة إلى ريش تبريد .

④ - الهدف :

هو عبارة عن كتلة معدنية صغيرة من فلز ذو درجة انصهار عالية مثل التنجستين مثبتة بالأنود .

☠ استخدام أنبوبة كولاج للحصول على الأشعة السينية :

- 1 - عند تسخين الفتيلة تنطلق الإلكترونات نحو الهدف تحت تأثير المجال الكهربى .
- 2 - تكتسب الإلكترونات طاقة حركة كبيرة جداً بتوقف مقدارها على فرق الجهد بين الهدف و الفتيلة .
- 3 - عندما تصطدم الإلكترونات بالهدف يتحول جزء من طاقتها أو كلها إلى أشعة X.

☠ طيف الأشعة السينية

بتحليل حزمة من الأشعة السينية الصادرة من هدف معين إلى مكوناتها من الأطوال الموجية المختلفة نحصل على طيف يتكون من مركبتين هما :

1 - طيف متصل أو مستمر . 2 - طيف خطي .

☠ أولاً :- الطيف المتصل :

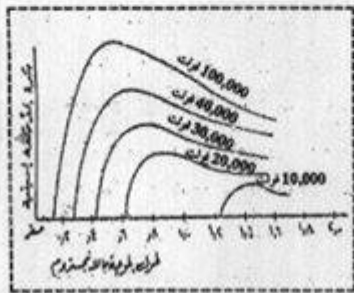
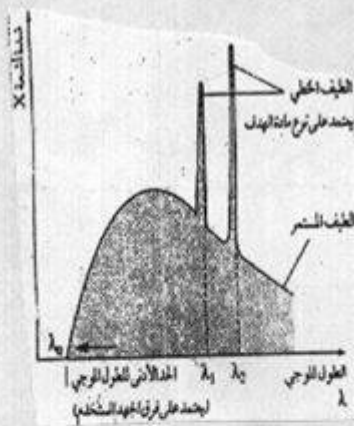
★ تفسير حدوثه :

1 - عند مرور الإلكترونات المنطلقة من الفتيلة قرب إلكترونات ذرات مادة الهدف تقل طاقتها نتيجة التصادم و التشتت بناءً على نظرية ماكسويل - هرتز .

2 - تصدر إشعاعاً كهرومغناطيسياً يحتوى على جميع الأطوال الموجية الممكنة لأن الإلكترونات تفقد طاقتها على دفعات و بدرجات متفاوتة .
لذا يسمى هذا الإشعاع الطيف المستمر أو (المتصل) أو (أشعة الكبح) أو (الفرملة) أو (الإشعاع اللين Soft) .

3 - طاقة الإشعاع تساوى الفرق بين طاقة الإلكترونات الأصلية و طاقتها بعد مرورها في مادة الهدف .

4 - لا يتغير الطيف المستمر للأشعة السينية بتغير مادة الهدف .



☞ ملاحظات هامة :

- 1 - تزداد شدة الأشعة السينية بزيادة فرق الجهد بين الأنود و الكاثود .
- 2 - يتميز الطيف المتصل للأشعة السينية بالتناهي الفجائي عند طول موجي معين يتوقف على فرق الجهد بين الأنود و الكاثود .

☠ ثانياً :- الطيف الخطي المميز (الأشعة الشديدة Hard) :

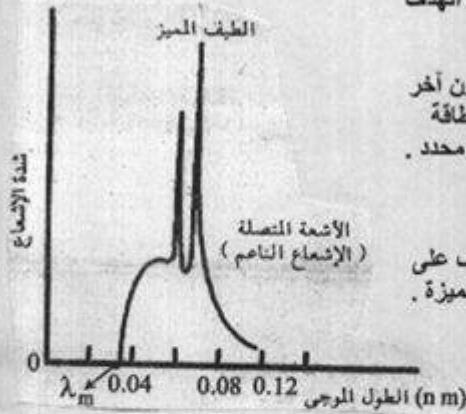
☞ تفسير حدوثه :

1 - عند اصطدام إلكترون من الفتيلة بأحد الإلكترونات القريبة من نواة ذرة في مادة الهدف (حيث $n=1$ or $n=2$) يكتسب الأخير كمية كبيرة من الطاقة .

2 - يقفز الإلكترون الأخير إلى مستوى طاقة عالي أو يغادر الذرة ويحل محله إلكترون آخر من أحد المستويات الخارجية ذات الطاقة الأعلى ليملا هذا الفراغ في مستوى الطاقة الداخلي و يظهر الفرق بين طاقة المستويين على شكل إشعاع له طول موجي محدد .

☞ بعض خواص الأشعة السينية المميزة :

- 1 - الطول الموجي للأشعة المميزة لا يتوقف على فرق الجهد المستخدم ولكن يتوقف على مادة الهدف فكما زاد العدد الذري لعنصر الهدف نقص الطول الموجي للأشعة المميزة .
- 2 - يكون الطيف المميز يكون مترابكاً على الطيف المستمر .
- 3 - قد لا تظهر الأشعة السينية المميزة عند فروق الجهد المنخفضة .



☞ حساب الطول الموجي لأشعة X المميزة :

$$eV = \Delta E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$$

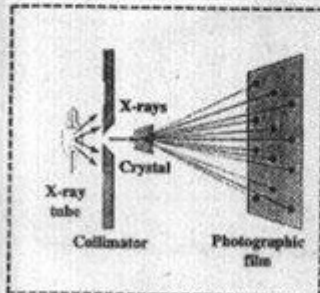
يمكن حسابه من العلاقة

حيث e شحنة الإلكترون ، V فرق الجهد المطبق ، h ثابت بلانك ، C سرعة الضوء ، ν التردد ، λ الطول الموجي .

★ ملحوظة : يعتبر الحصول على الأشعة السينية هي عكس الظاهرة الكهروضوئية .

١٠ التطبيقات الهامة للأشعة السينية :-

- ① - دراسة التركيب البلوري للمواد :-
 أ - من أهم خواص الأشعة السينية قابليتها للحيود عند مرورها في البلورات .
 ب - عندما تنفذ الأشعة السينية من بين ذرات البلورة يحدث تداخل بين موجاتها كما لو كانت البلورة مكونة من فتحات عديدة و تتكون هدب مضيئة و هدب مظلمة تبعاً لفرق المسار بين الموجات المتداخلة .
 ج - ما يحدث في البلورة يشبه ما يحدث للضوء في الشق المزدوج أو ما يسمى محزوز الحيود .
- ② - الكشف عن العيوب التركيبية في المواد المستخدمة في الصناعات المعدنية : و ذلك لأنها قادرة على النفاذ .
- ③ - تستخدم في بعض التشخيصات الطبية : مثل تصوير العظام لتحديد الكسور أو الشروخ و ذلك لأنها قادرة على التصوير .



أمثلة محلولة

كم مثال (1) في أنبوبة كولاج إذا كان فرق الجهد بين الفتيحة والهدف 15 Kv احسب :

- 1 - طاقة الإلكترونات .
- 2 - سرعة الإلكترونات .
- 3 - أقصر طول موجي للأشعة السينية الصادرة .

(علماً بأن : شحنة الإلكترون (e) = كولوم 1.6×10^{-19} و كتلة الإلكترون (m_e) = 9.1×10^{-31} kg و ثابت بلانك (h) = 6.625×10^{-34} J.S و سرعة الضوء (C) = 3×10^8 m/s)

* الحل *

$$\therefore E = eV$$

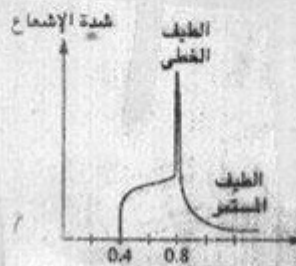
$$\therefore E = 1.6 \times 10^{-19} \times 15 \times 10^3 = 2.4 \times 10^{-15} \text{ J}$$

$$\therefore E = eV = \frac{1}{2} m_e V^2 \quad \therefore 2.4 \times 10^{-15} = \frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} \times V^2$$

$$\therefore V = 72.6 \times 10^6 \text{ m/s}$$

$$\therefore eV = h\nu = h \frac{C}{\lambda} \quad \therefore 2.4 \times 10^{-15} = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{\lambda}$$

$$\therefore \lambda = 8.28 \times 10^{-11} \text{ m}$$



كم مثال (2) الشكل المقابل يوضح طيف أشعة X المنبعثة من أنبوبة كولاج احسب :

- 1 - فرق الجهد بين الفتيحة والهدف .
- 2 - الطاقة اللازمة لإطلاق الطيف المميز .
- 3 - أعلى تردد لأشعة X الصادرة

الطول الموجي
(الأنجستروم)

$$[31.05 \times 10^3 \text{ V} ; 2.484 \times 10^{-15} \text{ J} ; 7.5 \times 10^{18} \text{ Hz}]$$

كم مثال (3) في أنبوبة كولدج اصطدم الإلكترون المعجل بالإلكترون داخل ذرة مادة الهدف و أخرجه من الذرة و عندئذ هبط
الكثرون من مستوى خارجى إلى المكان الخالى فى المستوى الداخلى بحيث كان فرق الطاقة بين المستويين
الكثرون من مستوى خارجى إلى المكان الخالى فى المستوى الداخلى بحيث كان فرق الطاقة بين المستويين
($\Delta E = 24.843 \times 10^3 \text{ eV}$) احسب الطول الموجى للأشعة السينية التى تنبعث من ذرة الهدف .
علماً بأن : و ثابت بلانك $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J.S}$ و سرعة الضوء (C) $3 \times 10^8 \text{ m/s}$

الحل

$$\therefore \Delta E = h\nu = h \frac{C}{\lambda} \quad \therefore \lambda = \frac{h C}{\Delta E}$$

$$\therefore \lambda = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{24.843 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 5 \times 10^{-11} \text{ m}$$

كم مثال (4) إذا علمت أن أقصر طول موجى للأشعة السينية الصادرة من أنبوبة كولدج 0.414 \AA احسب :
1 - طاقة الأشعة السينية .
2 - فرق الجهد المسلط .

☆ ☆ تعليقات هامة

- س¹ علل : تستخدم الأشعة السينية فى دراسة التركيب البلورى للمواد ؟
ج : لقابليتها للحيود عند مرورها خلال البلورات .
- س² علل : تستخدم الأشعة السينية فى الكشف عن عيوب بعض الصناعات ؟
ج : بسبب قدرتها الكبيرة على النفاذ و اختلاف شدتها بعد النفاذ من الشقوق أو الشروخ الداخلية عن شدتها عندما تنفذ من جسم مصمت تماماً و متجانس .
- س³ علل : يوجد طيف مستمر للأشعة السينية ؟
ج : لأنه يحتوى على جميع الأطوال الموجية الممكنة لأن الإلكترونات تفقد طاقتها على دفعات و بدرجات متفاوتة نتيجة مرورها قرب إلكترونات مادة الهدف .
- س⁴ علل : لأشعة X قدرة فائقة على النفاذية خلال المواد ؟
ج : لأن الطول الموجى لأشعة X أقل من المسافات البينية بين الذرات فتتغذى الأشعة خلال المواد .
- س⁵ علل : يعتمد الطول الموجى للطيف المميز لأشعة X على نوع مادة الهدف و ليس على فرق الجهد المسلط بين الكاثود و الهدف ؟
ج : لأن الطيف المميز لأشعة X ناتج عن عودة إلكترونات من أى مستوى خارجى ليحل محل إلكترون آخر فى مستوى قريب من النواة و فرق الطاقة بين المستويات يختلف من عنصر لآخر لذا يكون مميزاً لمادة الهدف .
- س⁶ علل : يوجد طيف خطى للأشعة السينية مميزاً لمادة الهدف ؟
ج : لأنه يحدث نتيجة تصادم إلكترون بأحد الإلكترونات القريبة من نواة ذرة مادة الهدف فيطرده و حل محله أحد الإلكترونات من مستوى أعلى للطاقة و يظهر الفرق فى الطاقة بين المستويين على شكل فوتون له طول موجى محدد .
- س⁷ علل : تستخدم الأشعة السينية فى تشخيص الكسور و العظام ؟
ج : لأن الأشعة السينية لها القدرة على تصوير العظام و تحديد أماكن الكسور أو الشروخ حيث أنها تؤثر على الألواح الفوتوغرافية الحساسة .



الليزر

القضية الثالثة
مادة الفيزياء

معنى كلمة ليزر : هي الحروف الأولى من عبارة باللغة الإنجليزية هي

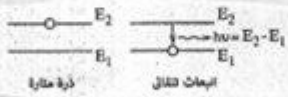
Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

و معناها تضخيم (أو تكبير) شدة الضوء بواسطة الانبعاث المستحث .

تاريخ إكتشاف الليزر : تمكن العالم ميمان من صناعة أول جهاز ليزر عام 1960 باستخدام بللورة من الياقوت المطعم بالكروم .

☆☆☆ الانبعاث التلقائي و الانبعاث المستحث ☆☆☆

☆ أولاً : الانبعاث التلقائي :

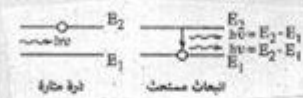


- 1 - تتحرك الإلكترونات حول نواة الذرة في مستويات تسمى مستويات الطاقة ، أدناها هو المستوى الأرضي و هو المستوى الذي تتواجد فيه الذرة في حالتها العادية .
- 2 - فإذا اعتبرنا أن رمز طاقة المستوى الأرضي (E_1) فإن طاقة المستويات التي تليه يرمز لها بالرموز E_2, E_3, E_4, \dots .
- 3 - تسمى هذه المستويات مستويات إثارة الذرة و إذا تواجدت الذرة في أحد هذه المستويات تكون الذرة مثارة .
- 4 - عند قذف ذرة في حالتها العادية بفوتون أي سقوط فوتون عليها طاقته ($E_2 - E_1$) فإن الذرة تمتص هذا القدر من الطاقة و تنتقل من المستوى الأرضي إلى مستوى الإثارة الأول الذي تبلغ طاقته (E_2) .

- 5 - و بعد فترة وجيزة تسمى فترة العمر و مدتها حوالي (10^{-8} s) تتخلص الذرة من طاقة الإثارة بإشعاعها على شكل فوتون طاقته $h\nu = E_2 - E_1$ و تعود إلى حالتها العادية و يسمى هذا بالانبعاث التلقائي و هو الإشعاع السائد في مصادر الضوء العادية .
- 6 - الفوتون المنبعث يكون له نفس تردد الفوتون الأصلي مسبب الإثارة و لكنه يختلف عنه في الطور و الاتجاه .

تعريف الانبعاث التلقائي :

هو إشعاع يحدث من ذرة مثارة و انقضى فترة العمر الزمني لها عندما تنتقل من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أقل تلقائياً دون مؤثر خارجي و فوتوناته غير مترابطة و غير موحدة الاتجاه كما يحدث في مصابيح الإضاءة العادية .



☆ ثانياً : الانبعاث المستحث :

أثبتته أينشتاين عام 1917 و فيه :

- 1 - عندما يمر فوتون طاقته ($h\nu = E_2 - E_1$) بذرة مثارة أصلاً و لم تنقضى فترة العمر لإثارتها فإن الذرة لا تمتص طاقة الفوتون بل ينبعث منها فوتونان :
أ - الفوتون الأصلي الساقط ($h\nu$) .
ب - الفوتون الذي كان مسبباً لإثارتها .

- 2 - يكون الفوتونان المنبعثان لهما نفس التردد و الطور فيتولد شعاع قوى بالغ الشدة و يسمى هذا بالانبعاث المستحث و هو الانبعاث السائد في مصادر الليزر .

تعريف الانبعاث المستحث :

عند مرور فوتون طاقته ($h\nu = E_2 - E_1$) بذرة مثارة أصلاً و لم تنتهي فترة العمر لإثارتها فإنه يستحثها على العودة إلى المنسوب (E_1) مع انبعاث فوتون آخر له نفس التردد و الطور .

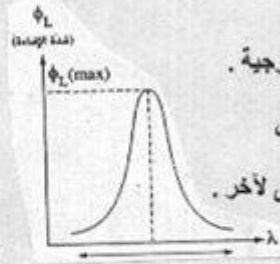
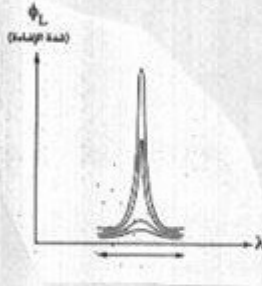
ملحوظة : الانبعاث المستحث يتطلب : 1 - وجود ذرة مثارة . 2 - مرور فوتون بالذرة المثارة قبل انقضاء فترة العمر لإثارتها .

☆☆☆ خصائص أشعة الليزر ☆☆☆

تتميز أشعة الليزر عن الأشعة الضوئية العادية بالميزات الآتية :

- ① النقاء الطيفي .
- ② توازي الحزمة الضوئية .
- ③ الترابط .
- ④ الشدة .

☺ أولاً : النقاء الطيفي :



- 1 - يقصد بالنقاء الطيفي لليزر أنه وحيد الطول الموجي تقريباً .
مصادر الليزر تنتج خطاً طيفياً واحداً له مدى ضئيل جداً من الأطوال الموجية .
تتركز الشدة عند هذا الطول الموجي المحدد .
- 2 - بينما في مصادر الضوء العادي يحتوى كل خط من خطوط الطيف يحتوى على مدى كبير من الأطوال الموجية لذا عند رؤية اللون الواحد بالعين المجردة نحس بتعدد درجات ألوانه تتفاوت شدة الإضاءة من طول موجي لآخر .

☺ ثانياً : توازي الحزمة الضوئية :



- 1 - في مصادر الضوء العادية يزداد قطر الحزمة الضوئية المنبعثة من المصدر أثناء انتشارها نتيجة التشتت .
- 2 - بينما في مصادر الليزر قطر الحزمة يظل ثابتاً لمسافات طويلة أثناء الانتشار و تتحرك حزمة الليزر بصورة متوازية و لا تعاني تشتتاً يذكر لذا يمكنها نقل الطاقة الضوئية لمسافات طويلة دون فقد ملحوظ .

☺ ثالثاً : الترابط :



- 1 - في مصادر الضوء العادية تنطلق منها الفوتونات بصورة عشوائية غير مترابطة لأنها :
أ - تنطلق في لحظات زمنية مختلفة .
ب - تنتشر باختلاف كبير و غير ثابت في فرق الطور .
- 2 - بينما في مصادر الليزر تنطلق منها الفوتونات بصورة مترابطة زمانياً و مكانياً لأنها :
أ - تنطلق من المصدر في نفس اللحظة .
ب - تحتفظ فيما بينها بفرق طور ثابت أثناء الانتشار لمسافات طويلة .
و هذا يجعلها أكثر تركيزاً .



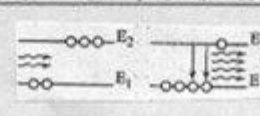
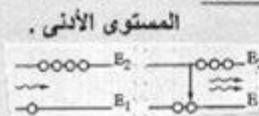
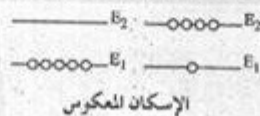
☺ رابعاً : الشدة :

- 1 - في مصادر الضوء تقل الشدة الضوئية الساقطة على وحدة المساحات من السطح كلما بعد هذا السطح عن مصدر الضوء نتيجة عدم ترابط موجاته . لذا تخضع الأشعة لقانون التربيع العكسي .
- 2 - بينما في مصادر الليزر تحتفظ أشعة الليزر الساقطة على السطح بشدة ثابتة على وحدة المساحات و لا تخضع لقانون التربيع العكسي .

☆ نظرية عمل الليزر ☆

الوصول بذرات أو جزيئات الوسط الفعال لإنتاج الليزر إلى حالة الإسكان المعكوس و هي الحالة التي يكون فيها عدد الذرات في مستويات الإثارة العليا أكبر من عددها في المستويات الأدنى حتى تنتهي الفرصة لفوتونات الانبعاث المستحث أن يتضخم عددها عند مرورها ذهاباً و إياباً خلال الوسط الفعال نتيجة الانعكاسات المتتالية بين سطحي مرآتين فيتم حث ذرات أخرى واقعة على مسار الشعاع و تتولد فوتونات جديدة . و هكذا يتضخم الشعاع و تحدث عملية تكبير الشعاع بالانبعاث المستحث و هذا ما يعتمد عليه الفعل الليزري .

تعريف وضع الإسكان المعكوس في الليزر : هو الوضع الذي يكون فيه عدد الذرات في مستوى الإثارة العليا أكبر من عددها في المستوى الأدنى .



✿✿✿ العناصر الأساسية في الليزر ✿✿✿

أجهزة توليد الليزر على اختلاف أحجامها وأشكالها وطاقتها تتكون من ثلاثة عناصر أساسية مشتركة هي :

1 - الوسط الفعال . 2 - مصادر الطاقة . 3 - التجويف الرنيني .

⚡⚡ أولاً : الوسط الفعال :

◀ **الوسط الفعال** : هو المادة الفعالة اللازمة لإنتاج الليزر . و هي إما أن تكون :

- ① بللورات صلبة : مثل الياقوت الصناعي .
- ② مواد صلبة شبه موصلة : مثل بللورات السليكون .
- ③ صبغات سائلة : مثل الصبغات العضوية المذابة في الماء .
- ④ الليزر الغازي : مثل خليط غازي الهليوم و النيون أو غازات متأينة مثل غاز الأرجون أو جزيئات غازية مثل غاز ثاني أكسيد الكربون .

⚡⚡ ثانياً : مصادر الطاقة :

◀ **مصادر الطاقة** : هي المصادر المسنولة عن إكساب ذرات أو أيونات الوسط الفعال الطاقة اللازمة لإثارتها لتوليد الليزر . و تكون بإحدى الطرق التالية :

- ① **الإثارة بالطاقة الكهربائية** : و فيها تستعمل الطاقة الكهربائية مباشرة بطريقتين :
الأولى : مصادر الترددات الراديوية .
الثانية : باستخدام التفريغ الكهربى و ذلك بفرق جهد مستمر عالى .
و تستخدم الطريقة الثانية غالباً في أجهزة الليزر الغازية مثل ليزر غاز ثاني أكسيد الكربون و ليزر الهليوم - نيون و ليزر الأرجون .

② **الإثارة بالطاقة الضوئية** : و تسمى هذه الطريقة الضخ الضوئى و تتم هذه الطريقة بوسيلتين مختلفتين هما :

- الأولى : المصابيح الوهاجة ذات القدرة العالية : كما في ليزر الياقوت .
 - الثانية : باستخدام شعاع ليزر كمصدر للطاقة : كما في ليزر الصبغات السائلة .
- ◀ **تعريف الضخ الضوئى** : إثارة ذرات المادة الفعالة لتوليد الليزر بالطاقة الضوئية و تتم باستخدام مصابيح وهاجة أو أشعة ليزر .
- ③ **الإثارة بالطاقة الحرارية** : و فيها يستخدم التأثير الحرارى المتولد عن الضغط الحركى للغازات في حث و إثارة المواد التى تشع أشعة الليزر .

- ④ **الإثارة بالطاقة الكيميائية** : و فيها تعطى التفاعلات الكيميائية بين المواد طاقة تعمل على حث جزيئاتها على إنتاج شعاع الليزر
مثل : أ - التفاعلات بين مزيج من الهيدروجين و الفلور .
ب - التفاعلات بين خليط من فلوريد الديوتيريوم و ثاني أكسيد الكربون .

⚡⚡ ثالثاً : التجويف الرنيني :

◀ **التجويف الرنيني** : هو الوعاء الحاوى و المنشط لعملية التكبير . و هو على نوعين :

◀◀ النوع الأول : تجويف رنيني خارجي :

- ① يتكون من مرآتين متوازيتين (أ ، ب) تحصران بينهما المادة الفعالة (الوسط الفعال) .
- ② تحدث بين المرآتين انعكاسات متعددة تكون هي الأساس في عملية التكبير الضوئى كما يحدث في الليزرز الغازية .



◀◀ النوع الثانى : تجويف رنيني داخلي :

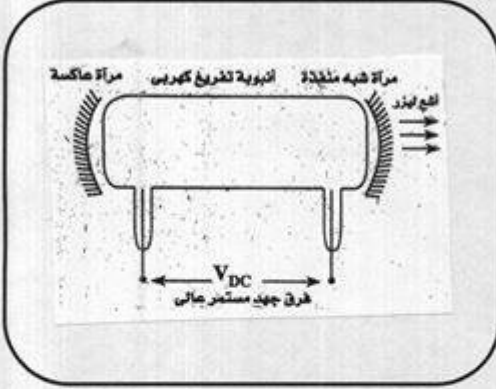
- ① يتم طلاء نهايتى المادة الفعالة لتعمل كمرآتين يحصران بينهما المادة الفعالة .
- ② تكون إحدى المرآتين شبه منفذة لتسمح بمرور بعض اشعة الليزر المتولدة .
- ③ يحدث ذلك في الليزرز الصلبة .



ليزر الهليوم — نيون

★ سبب إختيار غاز الهليوم مع غاز النيون : لتقارب قيم طاقة مستويات الإثارة شبه المستقرة في كل منهما .

★ تركيب جهاز ليزر الهليوم — نيون : يتركب من :-

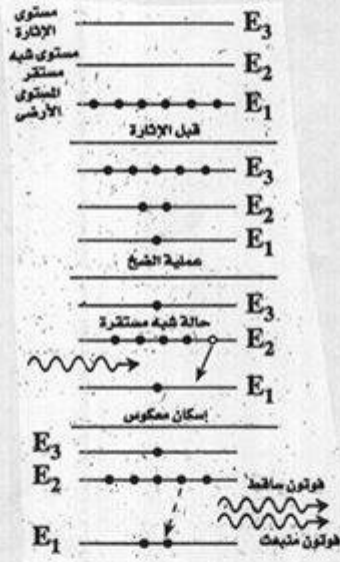


① أنبوبة من زجاج الكوارتز بها خليط من غاز الهليوم و غاز النيون بنسبة (1 : 10) تحت ضغط منخفض حوالى (0.6 mmHg) .

② يوجد عند نهايتى الأنبوبة مرأتان مستويتان متوازيتان و متعامدتان على محور الأنبوبة معامل إنعكاس إحداهما (M_1) 99.5% و الأخرى شبه منقذة (M_2) معامل إنعكاسها 98% .

③ يغذى الأنبوبة من الخارج إما :
مجال كهربى عالى التردد لإثارة ذرات الهليوم و النيون أو فرق جهد مستمر يسلب على الغاز داخل الأنبوبة لإحداث تفريغ كهربى .

★ عمل الجهاز :-



① يعمل فرق الجهد الكهربى داخل الأنبوبة على إثارة ذرات الهليوم إلى مستويات الطاقة العليا .

② تصطدم ذرات الهليوم المثارة بذرات نيون غير مثارة تصادماً غير مرن فتنتقل الطاقة إلى ذرات النيون لتقارب قيم طاقة مستويات الإثارة بين الذرتين فتثار ذرات النيون .

③ يحدث تراكم لذرات النيون المثارة فى مستوى طاقة شبه مستقر يتميز بفترة عمر طويلة نسبياً (حوالى 10^{-3} s) و بذلك يتحقق وضع الإسكان المعكوس فى غاز النيون .

④ تهبط أول مجموعة من ذرات النيون المثارة هبوطاً تلقائياً على مستوى طاقة إثارة أقل و عندئذ تشع فوتونات لها طاقة تساوى الفرق بين طاقتى المستويين . و هذه الفوتونات تنتشر عشوائياً فى جميع الاتجاهات داخل الأنبوبة .

⑤ مجموعة الفوتونات التى تتحرك فى اتجاه محور الأنبوبة تصادف فى طريقها أحد المرأتين العاكستين فترتد مرة أخرى داخل الأنبوبة و لا تستطيع الخروج .

⑥ أثناء حركة الفوتونات بين المرأتين داخل الأنبوبة تصطدم ببعض ذرات النيون فى مستوى الإثارة شبه المستقر و التى لم تنته فترة العمر لها فتحثها على إطلاق فوتونات لها نفس الطاقة و اتجاه الفوتون المصطدم بها فيتضاعف بذلك عدد الفوتونات المتحركة بين المرأتين .

⑦ تتكرر الخطوة السابقة مرة أخرى و لكن بالعدد الجديد من الفوتونات المتحركة بين المرأتين فيتضاعف هذا العدد مرة أخرى و هكذا حتى تتم عملية تضخيم الشعاع .

⑧ عندما تصل شدة الشعاع داخل الأنبوبة إلى حد معين يخرج جزء منه من خلال المرآة شبه المنقذة فى صورة شعاع ليزر و يبقى الشعاع داخل الأنبوبة لتستمر عملية الانبعاث و إنتاج الليزر .

⑨ ذرات النيون التى هبطت إلى المستوى الأقل تفقد بعد فترة وجيزة ما بها من طاقة (فى صورة اشعة تحت حمراء أى طاقة حرارية) و تهبط على المستوى الأرضى لتصطدم بها ذرات هليوم أخرى و تمددها بالطاقة لتنتقل إلى مستوى الإثارة شبه المستقر و هكذا

⑩ ذرات الهليوم التى فقدت طاقتها بالتصادم مع ذرات النيون و عادت إلى المستوى الأرضى تعود و تثار مرة أخرى بفعل التفريغ الكهربى داخل الأنبوبة و هكذا

تطبيقات على الليزر

☆ أولاً - الهولوجرافى (التصوير المجسم) :

- المعلومات التى تحملها الأشعة الضوئية عن سطح الجسم :
- إذا أخذنا شعاعين تركا الجسم المضاء عند نقطتين عليه فإتينا نجد اختلافات بين الشعاعين هي :
- 1 - اختلاف فى الشدة الضوئية و اختلاف فى السعة لأن الشدة الضوئية تتناسب مع مربع السعة .
 - 2 - اختلاف فى طول المسار بين كل نقطة على السطح و اللوح الفوتوغرافى و ينشأ هذا الاختلاف بسبب وجود تضاريس على سطح الجسم و بتعبير آخر هناك اختلاف فى طور الضوء $= \frac{2\pi}{\lambda} \times \text{فرق المسار} .$
 - 3 - أى أن الأشعة التى تترك الجسم المضاء تحمل المعلومات السابقة كلها .

◀ الصورة المستوية : و فيها يسجل اللوح الفوتوغرافى الاختلاف فى الشدة الضوئية فقط و بذلك تظهر الصورة جزء من المعلومات فقط .

◀ التصوير المجسم : اقترح العالم المجرى جابور طريقة للحصول على المعلومات المفقودة من الصورة و استخراجها من الأشعة كالاتى :

- 1 - استخدم أشعة أخرى لها نفس الطول الموجى و هي حزمة من الأشعة المتوازية تسمى الأشعة المرجعية .
- 2 - يتم اللقاء عند اللوح الفوتوغرافى بين الأشعة المرجعية و الأشعة التى تترك الجسم المضاء حاملة المعلومات و يحدث تداخل ضوئى بين حزمتى الأشعة .
- 3 - بعد تجميع اللوح الفوتوغرافى تظهر هدب التداخل و هي صورة مشفرة تسمى الهولوجرام .
- 4 - بإثارة الهولوجرام بأشعة ليزر لها نفس الطول الموجى و بالنظر خلاله بالعين المجردة نرى صورة مماثلة تماماً للجسم بأبعاده الثلاثة دون استخدام عدسات .
- 5 - يمكن باستخدام أشعة الليزر تخزين عشرات الصور على الهولوجرام الواحد كما يمكن الحصول على صور مجسمة فى الهولوجرام لأجسام متحركة .

◀ الأشعة المرجعية : أشعة تستخدم فى التصوير المجسم لها نفس الطول الموجى للأشعة المنعكسة على الجسم .

◀ الهولوجرام : صورة مشفرة تتكون نتيجة تداخل الأشعة المرجعية مع الأشعة المنعكسة على الجسم المراد تصويره و تظهر على شكل هدب تداخل بعد تجميع اللوح الفوتوغرافى .

☆ ثانياً : استخدام الليزر فى الطب :

- فى علاج انفصال بعض أجزاء الشبكية كالاتى :
- 1 - تصوب حزمة رفيعة من أشعة الليزر خلال إنسان العين إلى الجزء المصاب بالانفصال أو التمزق .
 - 2 - تعمل الطاقة الحرارية لأشعة الليزر على إتمام عملية الالتحام .
- كما يستخدم الليزر فى علاج حالات قصر و طول النظر و بذلك يستغنى المريض عن النظارة كما تستخدم أشعة الليزر أيضاً مع الألياف الضوئية فى التشخيص و العلاج بواسطة المناظير .

☆ بعض التطبيقات الأخرى لأشعة الليزر :

- ① فى الاتصالات : تستخدم أشعة الليزر و الألياف الضوئية كبديل لكابلات التليفونات .
- ② فى الصناعة : و خاصة الصناعات الدقيقة .
- ③ فى أبحاث الفضاء .
- ④ فى المجالات العسكرية : مثل توجيه الصواريخ و القنابل الذكية و الرادار .
- ⑤ التسجيل على الأقراص المدمجة (أقراص الليزر C D) .
- ⑥ فى الأعمال الفنية و العروض الضوئية .
- ⑦ طباعة الليزر : يستخدم شعاع الليزر فى نقل المعلومات من الكمبيوتر إلى أسطوانة عليها مادة حساسة للضوء ثم يتم الطبع على الورق بواسطة الحبر .
- ⑧ فى أعمال المساحة : لتحديد المساحات و الأبعاد بدقة .

☆☆☆ تعليقات هامة

س¹ علل : حدوث الإنبعاث المستحث ؟

ج : لأنه عند سقوط فوتون طاقته $(E_2 - E_1)$ على ذرة مثارة بالفعل وموجودة في مستوى الإثارة E_2 قبل انتهاء فترة العمر فإن هذا الفوتون يدفع الذرة على أن تشع طاقة إثارتها على شكل فوتون آخر له نفس تردد واتجاه وطور الفوتون الساقط فيولد شعاع بالغ الشدة .

س² علل : النقاء الطيفي لشعاع الليزر ؟

ج : لأن فوتونات الليزر لها نفس التردد و غير مختلطة بترددات أخرى .

س³ علل : الليزر افضل من مصادر الضوء العادية لملاحظة تداخل الضوء في تجربة توماس ينج للشق المزدوج ؟

ج : لأن الضوء العادي خليط من ترددات مختلفة فيمكن أن تقع هدبة مضيئة لأحد الألوان على هدبة مظلمة للون آخر اما اشعة الليزر ذات تردد واحد و طول موجي واحد فتتضح هدب التداخل .

س⁴ علل : لا تخضع أشعة الليزر لقانون التربيع العكسي ؟

ج : لأنها حزمة رفيعة متوازية تحتفظ بشدتها ثابتة على وحدة المساحات مهما تغيرت المسافة بين مصدر الضوء و السطح .

س⁵ علل : تستخدم أشعة الليزر في عمليات علاج انفصال شبكية العين ؟

ج : لأن الطاقة الحرارية الناتجة عن شعاع الليزر تعمل على التحام الشبكية بالطبقة التي تحتها .

س⁶ علل : تستخدم أشعة الليزر في توجيه الصواريخ في التطبيقات الحربية ؟

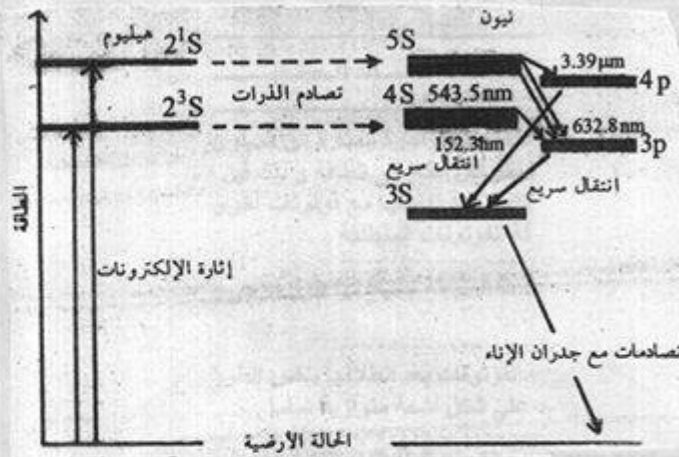
ج : حيث يرسل شعاع الليزر نحو الهدف العسكري و يرتد منه دون تفريق و بنفس الشدة و يقذف الصاروخ و يوجه في اتجاه الشعاع المنعكس من الهدف و بذلك يصيب الهدف بدقة .

س⁷ علل : ليزر الهيليوم - نيون مثال لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية و حرارية ؟

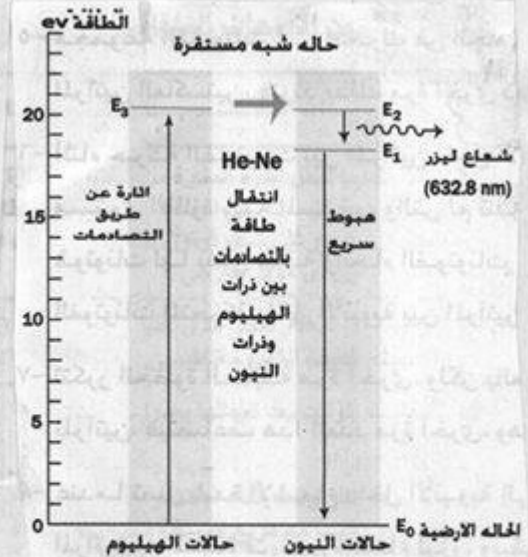
ج : لأن في ليزر الهيليوم - نيون مصدر الطاقة فيه طاقة كهربائية فعندما يخرج شعاع الليزر يكون هناك طاقة ضوئية إضافة لذلك فإن ذرات النيون عندما تعود من مستويات الإثارة للمستوى الأرضي تفقد باقي طاقة إثارتها في صورة اشعة تحت حمراء أي طاقة حرارية .

س⁸ علل : لا يمكن تكون صور بأبعادها الثلاثية إلا باستخدام أشعة ليزر ؟

ج : لأن شرط الحصول على صور ثلاثية الأبعاد استخدام فوتونات مترابطة توضح اختلاف كل من شدة الإضاءة و فرق الطور لهدب التداخل الناتجة عنها و ذلك متوفر في الليزر و غير متوفر في الضوء العادي .



الانتقالات الفعلية بين مستويات الطاقة في ليزر [الهيليوم - نيون]



رسم مبسط لمخطط مستويات الطاقة

في ليزر الهيليوم - نيون



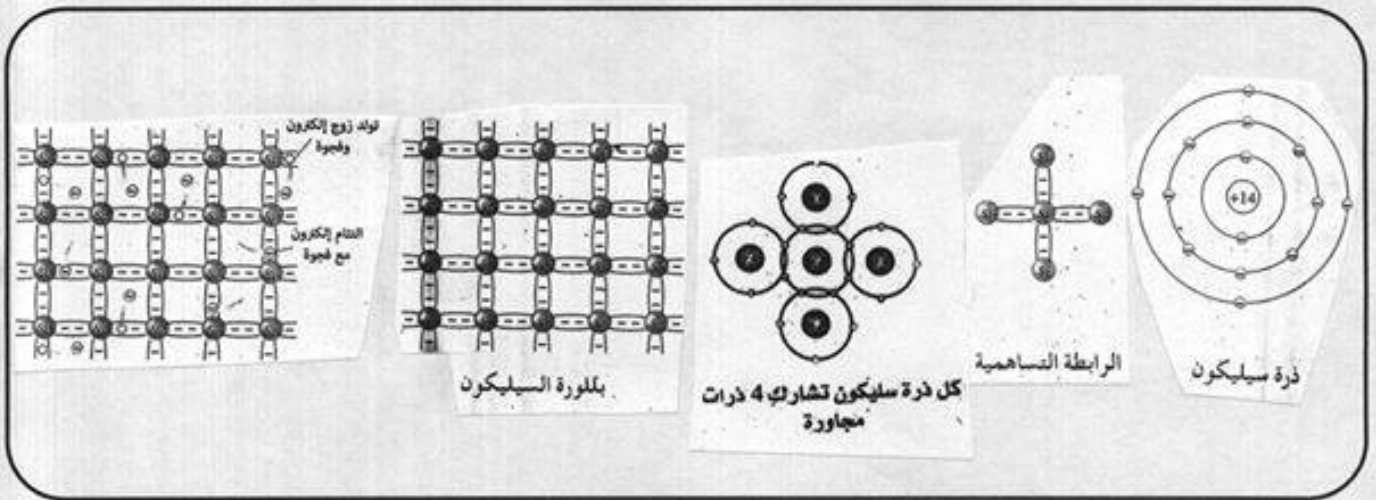
الإلكترونيات الحديثة

أسباب الموصلات النقية

☆☆☆ بلورة السليكون أو الجرمانيوم النقية ☆☆☆

السليكون (أو الجرمانيوم) من عناصر المجموعة الرابعة وتحتوي كل ذرة منها على 4 إلكترونات في مستوى الطاقة الأخير. ولكي تصل كل ذرة لحالة الاستقرار فإنها تشارك 4 ذرات سليكون مجاورة حتى تكتمل القشرة الخارجية وبذلك يكون حول كل ذرة 4 روابط تساهمية.

❏ **في درجات الحرارة المنخفضة** : تكون جميع الروابط بين الذرات في البلورة مكتملة ولا توجد إلكترونات حرة. لذا تكون بلورة السليكون النقية عازلة تماماً عند الصفر المطلق.



❏ **بارتفاع درجة الحرارة** : تنكسر بعض الروابط فتنتقل منها إلكترونات وتصبح إلكترونات حرة. كل إلكترون منطلق من رابطة يترك وراءه مكاناً فارغاً في الرابطة المكسورة (غير المكتملة) يسمى فجوة وهي تمثل شحنة موجبة.

∴ **الفجوة** : عبارة عن رابطة مكسورة غير مكتملة وتمثل شحنة موجبة. (عزيزي الطالب : الفجوة تعني نقص إلكترونات).

الذرة التي كسرت إحدى روابطها لا يمكننا تسميتها (أيوناً) لأن الفجوة تقتنص إلكترونات إما من رابطة مجاورة أو من الإلكترونات الحرة فتصبح الذرة متعادلة كما كانت وتنتقل الفجوة إلى رابطة أخرى.. ولذا تبدو الفجوات وكأنها دائمة الحركة في البلورة.

❏ ❏ ❏ **ونلاحظ عزيزي الطالب أن :-**

- 1 - حركة كل من الفجوات والإلكترونات تكون عشوائية.
- 2 - حركة الفجوات تكافئ حركة الإلكترونات داخل الروابط ولكن في الاتجاه العكسي.
- 3 - في بلورة السليكون النقية (أو شبه الموصل النقي) يكون تركيز الفجوات (P) = تركيز الإلكترونات الحرة (n)

$$\therefore \text{في شبه الموصل النقي } P = n$$

كسر الرابطة : يحتاج إلى حد أدنى من الطاقة على صورة طاقة ضوئية أو حرارية وفي حالة إلتئام الرابطة أي إعادة تكوينها تنطلق نفسكمية الطاقة على شكل ضوء أو حرارة.

❏ كلما زادت درجة حرارة شبه الموصل النقي يزيد عدد الإلكترونات الحرة وبالتالي عدد الفجوات حتى تصل البلورة إلى حالة إتزان ديناميكي تسمى (الإتزان الحراري) وعندها يقل عدد الروابط التي تنكسر بمقدار كبير وعندها أيضاً يكون عدد الروابط المكسورة في الثانية = عدد الروابط التي يتم إلتئامها في الثانية.

١٠. عند كل درجة حرارة معينة يكون للبلورة شبه الموصل النقي عدد ثابت من الإلكترونات الحرة و الفجوات و يختلف هذا العدد من درجة حرارة لأخرى .

الإيزان الديناميكي (الحراري) لبلورة سليكون نقية : الحالة التي يكون عندها عدد الروابط المكسورة في الثانية يساوي عدد الروابط المتكونة في الثانية و يكون عدد الإلكترونات الحرة مساويا لعدد الفجوات الموجبة و ثابتاً لكل درجة حرارة معينة .

١١. في بلورة السليكون النقية يوجد ثلاث أنواع من الإلكترونات :

1 - الإلكترونات المستويات الداخلية : و هذه تكون شديدة الارتباط بالنواة (مقيدة) .

2 - الإلكترونات التكافؤ : في القشرة الخارجية و هذه تتميز بحرية حركة أكبر خلال المسافات البينية .

3 - الإلكترونات الحرة المنطلقة من كسر الروابط : نتيجة رفع درجات الحرارة و هذه تكون مقيدة بحيز البلورة نفسها و غاية حدودها سطح البلورة .

ملاحظات هامة

① التوصيلية الكهربائية لشبه الموصل النقي تزيد عن طريق :

أ - رفع درجة الحرارة .
ب - التطعيم (إضافة شوائب لشبه الموصل النقي) .

التطعيم : إضافة ذرات من عنصر خماسي التكافؤ أو ثلاثي التكافؤ إلى بللورة نقية لعنصر رباعي بهدف زيادة عدد الإلكترونات الحرة أو عدد الفجوات بها .

② تختلف أشباه الموصلات عن الموصلات في : -

أ - الموصلات تحتوي على حامل واحد للتيار هو الإلكترونات أما أشباه الموصلات فتحتوي على حاملين للتيار هما الإلكترونات الحرة و الفجوات .

ب - في أشباه الموصلات يزيد عدد الإلكترونات الحرة و عدد الفجوات بارتفاع درجة الحرارة أما الموصلات فعدد الإلكترونات الحرة ثابت لا يتغير بتغير درجة الحرارة .

☆ ☆ تعليقات هامة ☆ ☆ ☆

س١ علل : تزداد التوصيلية الكهربائية لشبه الموصل بارتفاع درجة الحرارة ؟

ج : عند رفع درجة الحرارة تنكسر الروابط التساهمية الضعيفة و ينتج إلكترونات حرة و فجوات فتزداد التوصيلية الكهربائية .

س٢ علل : لا تسمى ذرة شبه الموصل النقي التي كسرت إحدى روابطها أيونا ؟

ج : لأن الفجوة الناتجة مكان الإلكترون المنطلق سرعان ما تقتنص إلكترون آخر من إحدى الروابط أو الإلكترونات الحرة فتعود الذرة متعادلة و تنتقل الفجوة إلى رابطة أخرى .

س٣ علل : عند الإيزان الحراري لا تحدث زيادة في عدد الإلكترونات الحرة أو الفجوات الحرة ؟

ج : لأنه عند أي درجة حرارة يكون عدد الروابط الملتزمة يكون مساوياً لعدد الروابط المكسورة خلال الثانية الواحدة .

س٤ علل : لا يفضل تسخين شبه الموصل النقي لزيادة توصيلته الكهربائية ؟

ج : لأن زيادة درجة الحرارة يعمل على تفكك الشبكة البلورية و كسر الروابط و بالتالي تتحطم البلورة .

ملحوظة هامة :

تنقسم الجوامد تبعاً للتوصيلية الكهربائية إلى :

1 - الموصلات : مواد جيدة التوصيل للكهرباء و تتميز بوفرة ما بها من إلكترونات حرة مثل الفلزات .

2 - العازلات : مواد لا توصل الكهرباء بسهولة لتندرة ما بها من إلكترونات حرة مثل الخشب و البلاستيك و الزجاج .

3 - أشباه الموصلات : هي مواد غير جيدة التوصيل للكهرباء و أيضاً ليست رديئة التوصيل في درجات الحرارة العادية . و تتميز بأن التوصيلية الكهربائية لها تزيد بارتفاع درجة الحرارة و من أمثلتها السليكون و الجرمانيوم .

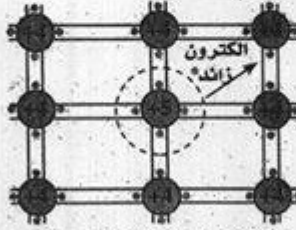
أسباب الموصلات الغير نقية

النوع الموجب p - type

النوع السالب n - type

أولاً: شبه الموصل من النوع السالب n - type

1 - إذا طعمت بللورة سليكون (أو جرمانيوم) بعنصر خماسي التكافؤ مثل الزرنيخ As (أو الأنتيمون أو الفوسفور) فإن ذرة العنصر الخماسي (الشائبة) تحل محل ذرة سليكون و تحاول تكوين الروابط مع ما يجاورها من ذرات لذا فإن ذرة الشائبة (الزرنيخ As مثلاً) ستكون 4 روابط مع 4 ذرات سليكون مجاورة و يبقى الإلكترون الخامس دون ارتباط هذا الإلكترون الخامس تكون قوى الجذب عليه ضعيفة .



2 - تقوم ذرة الشائبة بفقد الإلكترون الخامس و تصبح أيوناً موجباً و ينضم إلكترون الشائبة إلى ما تحتويه البلورة من إلكترونات حرة .

∴ البلورة أصبح لها مصدر آخر للإلكترونات الحرة و هي ذرات الشوائب .

3 - تسمى ذرة الشائبة (ذرة معطية) Donor و يحدث اتزان حرارى بحيث يكون مجموع الشحنات الموجبة = مجموع الشحنات السالبة أى أن البلورة ككل لا زالت متعادلة و يكون :

$$\text{تركيز الإلكترونات الحرة (n)} = \text{تركيز الفجوات الموجبة (P)} + \text{تركيز أيونات الشوائب المعطية (N_D)}$$

$$\therefore n = P + N_D$$

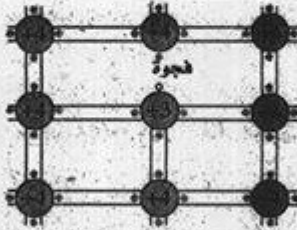
في حالة البلورة n - type

و واضح أنه في حالة البلورة n - type يكون تركيز الإلكترونات أكبر من تركيز الفجوات الموجبة .

تعريف البلورة n - type : هي بلورة سليكون أو جرمانيوم مطعمة بشوائب من عنصر خماسي و يكون تركيز الإلكترونات الحرة بها أكبر من تركيز الفجوات الموجبة .

ثانياً: شبه الموصل من النوع الموجب p - type

1 - إذا طعمت بللورة سليكون (أو جرمانيوم) بشائبة من عنصر ثلاثي التكافؤ مثل الجاليوم Ga (أو الألومنيوم أو البورون) و هي كلها تحتوى على 3 إلكترونات في مستوى طاقتها الأخير . فإن ذرة العنصر الثلاثي (الشائبة) تحل محل ذرة سليكون و تحاول تكوين الروابط مع ما يجاورها من ذرات لذا فإن ذرة الشائبة (الجاليوم Ga مثلاً) ستكون 3 روابط مع 3 ذرات سليكون مجاورة و يبقى مكان خالى للإلكترون الناقص .



2 - تقوم ذرة الشائبة باكتساب إلكترونات من إحدى روابط السليكون فتظهر فجوة في رابطة السليكون .

∴ البلورة أصبح لها مصدر آخر للفجوات و هي ذرات الشوائب .

3 - تسمى ذرة الشائبة (ذرة مستقبلة) Acceptor و يحدث اتزان حرارى بحيث يكون مجموع الشحنات الموجبة = مجموع الشحنات السالبة أى أن البلورة ككل لا زالت متعادلة و يكون :

تركيز الفجوات الموجبة (P) = تركيز الإلكترونات الحرة (n) + تركيز أيونات الشوائب السالبة المستقبلة (N_A)

$$\therefore P = n + N_A$$

في حالة البلورة p - type

و واضح أنه في حالة البلورة p - type يكون تركيز الفجوات الموجبة أكبر من تركيز الإلكترونات.

تعريف البلورة p - type : هي بلورة سليكون أو جرمانيوم مطعمة بشوائب من عنصر ثلاثي و يكون تركيز الفجوات الموجبة بها أكبر من تركيز الإلكترونات الحرة.

★ ★ قانون فعل الكتلة ★ ★

حاصل ضرب تركيز الإلكترونات الحرة في البلورة المطعمة × تركيز الفجوات الموجبة في البلورة المطعمة يساوي مربع تركيز الإلكترونات أو الفجوات في بلورة شبه الموصل النقي .

$$n P = n_i^2$$

حيث n_i تركيز الإلكترونات أو الفجوات في بلورة السليكون أو الجرمانيوم النقية .

ملاحظات هامة

- ① من العلاقة $n P = n_i^2$ يتضح أن العلاقة بين تركيز الإلكترونات الحرة و تركيز الفجوات الموجبة في البلورة المطعمة علاقة عكسية .
- ② في العلاقة $n P = n_i^2$ يمكن على سبيل التقريب أن نقول :

أ - في حالة البلورة n - type يكون $n = N_D$ $P = \frac{n_i^2}{N_D}$

ب - في حالة البلورة p - type يكون $P = N_A$ $n = \frac{n_i^2}{N_A}$

أمثلة محلولة

مثال (1) في بلورة سليكون نقية كان تركيز كل من الفجوات و الإلكترونات السالبة $1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ و أضيف إليها زرنخ بتركيز $10^{13} \text{ atom / cm}^3$ احسب تركيز كل من الإلكترونات و الفجوات في البلورة المطعمة . هل السليكون يصبح n - type أو p - type ؟ ثم احسب تركيز الألومنيوم المطلوب إضافته حتى يعود السليكون مرة أخرى نقياً .

الحل

* الزرنخ معطى و بالتالي يعطى إلكترونات تركيزها n = عدد ذراته و هو 10^{13}

و من قانون فعل الكتلة $n P = n_i^2$

$$\therefore P = \frac{n_i^2}{n} \quad \therefore P = \frac{n_i^2}{N_D} \quad \therefore P = \frac{(1.5 \times 10^{10})^2}{10^{13}} = 2.25 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$$

* تركيز الإلكترونات < تركيز الفجوات فتصبح البلورة من النوع n - type

لكي تعود للبلورة السليكون كما لو كانت نقية يجب أن يكون تركيز الإلكترونات = تركيز الفجوات لذا يجب إضافة فجوات من الألومنيوم تركيزها يساوي تركيز الإلكترونات الحرة من الزرنخ $10^{13} \text{ atom / cm}^3$

كمثال (2) (كتاب الوزارة) إذا كان تركيز الإلكترونات أو الفجوات في السليكون النقي $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ أضيف إليه فوسفور بتركيز 10^{12} cm^{-3} احسب تركيز الإلكترونات والفجوات في هذه الحالة. هل السليكون يصبح n-type أو p-type ؟ احسب تركيز الألومنيوم المطلوب إضافته حتى يعود السليكون نقياً مرة أخرى .

★ الحل ★

∴ الفوسفور معطى وبالتالي يعطى إلكترونات تركيزها $n =$ عدد ذراته وهو 10^{12}

ومن قانون فعل الكتلة $n P = n_i^2$

$$\therefore P = \frac{n_i^2}{n} \quad \therefore P = \frac{n_i^2}{N_D} \quad \therefore P = \frac{(1 \times 10^{10})^2}{10^{12}} = 1 \times 10^8 \text{ cm}^{-3}$$

∴ تركيز الإلكترونات < تركيز الفجوات فتصبح البلورة من النوع n-type لكي تعود ببلورة السليكون كما لو كانت نقية يجب أن يكون تركيز الإلكترونات = تركيز الفجوات لذا يجب إضافة فجوات من الألومنيوم تركيزها يساوي تركيز الإلكترونات الحرة من الزرنيخ $10^{12} \text{ atom / cm}^3$

كمثال (3) (كتاب الوزارة) احسب عدد ذرات السليكون لكل (1 cm^3) إذا كان كثافة السليكون 2.33 g / cm^3 والوزن الذري له (28) (عدد أفوجادرو $= 6.023 \times 10^{23}$)

★ الحل ★

∴ كتلة السليكون $m = 2.33 \times 1 = 2.33 \text{ g}$

و بقسمة كتلة السليكون على كتلة المول M ينتج عدد المولات n ← مول $n = \frac{2.33}{28} = 0.083214285$

و بضرب عدد المولات في عدد أفوجادرو 6.023×10^{23} ينتج عدد ذرات السليكون المطلوبة

ذرة $N = 0.083214285 \times 6.023 \times 10^{23} = 5.01197 \times 10^{22}$ ∴ $N = n \times N_A$ عدد ذرات السليكون ∴

⚡ المكونات الإلكترونية (أو النبائط) ⚡

☆ المكونات أو النبائط الإلكترونية : هي وحدات بناء جميع الأنظمة الإلكترونية .

☆ أنواع المكونات الإلكترونية :

- 1 - مكونات بسيطة : مثل المقاومة والمفتاح والمكثف وملف الحث .
- 2 - مكونات أكثر تعقيداً : مثل الوصلة الثنائية والترانزستور .
- 3 - مكونات أو نبائط متخصصة : مثل وحدات التحكم في التيار والوحدات الكهروضوئية .

☆ **مميزات النبائط** : تصنع أغلبها من أشباه الموصلات وتتميز بحساسيتها للعوامل المحيطة بها مثل الضوء والحرارة والضغط والتلوث الذري والكيميائي وغيرها لذلك تستخدم النبائط كمحسات أي كوسائل قياس لهذه العوامل .

☆☆ تعليقات هامة ☆☆☆

س¹ **علل** : تزيد التوصيلية الكهربائية لشبه الموصل بتطعيمه ببعض الشوائب ؟

ج لأن شبه الموصل غير النقي به شوائب تعمل على توفير إلكترونات حرة أو فجوات موجبة تؤدي إلى زيادة التوصيلية الكهربائية .

س² **علل** : ببلورة شبه الموصل من النوع p أو n متعادلة كهربياً ؟

ج لأن في البلورة p يكون مجموع الشحنات الموجبة للفجوات p = مجموع الشحنات السالبة للإلكترونات n + مجموع الشحنات السالبة للأيونات المستقبلة N_A

و في البلورة n يكون مجموع الشحنات السالبة للإلكترونات n = مجموع الشحنات الموجبة للفجوات p + مجموع الشحنات الموجبة للأيونات المعطية N_D

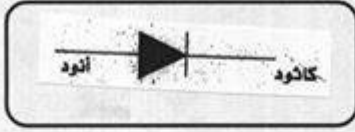
$n = p + N_D$

س³ **علل** : تستخدم أشباه الموصلات كمحسات لقياس درجة الحرارة أو التلوث بأنواعه ؟

ج لأن أشباه الموصلات لها حساسية عالية للعوامل المحيطة بها مثل الحرارة أو الضوء أو التلوث بأنواعه .

الوصلة الثنائية

☆ **التركيب** : عبارة عن بلورة من النوع n ملتصقة مع بلورة من النوع p .
(و تسمى عادة دايدود) . رمزها في الدوائر الكهربائية كما في الشكل الموضح .



ماذا يحدث عند لصق بلورة من النوع n مع بلورة من النوع p ؟

- 1 - تنتشر الفجوات من p - type ذات تركيز الفجوات الأكبر إلى n - type ذات تركيز الفجوات الأقل .
- 2 - تنتشر الإلكترونات من n - type ذات تركيز الإلكترونات الأكبر إلى p - type ذات تركيز الإلكترونات الأقل .
- 3 - نتيجة لذلك ينشأ تيار الانتشار .
- 4 - ونظراً لأن كل من البلورتين كانت متعادلة قبل الالتصاق فإن هجرة الإلكترونات من المنطقة n - type يكشف جزءاً من الأيونات الموجبة دون غطاء يعادلها من الإلكترونات كما أن هجرة فجوات من المنطقة p - type يكشف جزءاً من الأيونات السالبة دون غطاء يعادلها من الفجوات ولذلك نستطيع القول أن تيار الانتشار يتسبب في إكساب البلورة (p) جهد سالب و البلورة (n) جهد موجب و يترتب على ذلك :
أ - تولد منطقة خالية من الفجوات الموجبة والإلكترونات الحرة تسمى (المنطقة الفاصلة) أو (المنطقة القاحلة) و هي تحتوى على أيونات فقط .

- ب - يتولد مجال كهربى من البلورة (n) (التى أصبح جهدها موجب) إلى البلورة (p) (التى أصبح جهدها موجب) .
 - 5 - المجال الكهربى المتولد يعمل على توليد تيار يسمى تيار الإنسياب و يكون اتجاهه عكس تيار الانتشار .
 - 6 - يحدث اتزان بين التيارين الأمامى (تيار الانتشار) و التيار الخلفى (تيار الإنسياب) فيقف مرور التيار .
- ☆ **تعريف المنطقة القاحلة (الفاصلة)** : منطقة خالية من حاملات الشحنة توجد على جانبي موضع تلامس البلورة (n) و البلورة (p) في الوصلة الثنائية .

☆ **تعريف تيار الانتشار** : هو تيار ينشأ عن لصق بلورة n - type مع بلورة p - type و يقوم بدفع الفجوات من البلورة (p) إلى البلورة (n) و دفع الإلكترونات من البلورة (n) إلى البلورة (p) .

☆ **تعريف تيار الإنسياب** : هو تيار ينشأ من المجال الكهربى المتولد بين بلورة p - type و بلورة n - type و يعمل في عكس اتجاه تيار الانتشار .

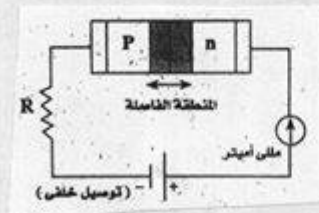
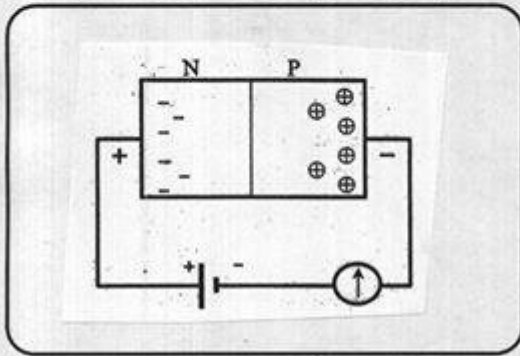
توصيل الوصلة الثنائية فى الدوائر الكهربائية

☆ ☆ أولاً : طريقة التوصيل الخلفى (العكسى) ☆ ☆

- توصل البلورة الموجبة (p) بالقطب السالب للمصدر و توصل البلورة السالبة (n) بالقطب الموجب و يحدث الآتى :
- 1 - تتجذب الإلكترونات الحرة الموجودة فى البلورة السالبة نحو القطب الموجب للمصدر و بذلك تبعد عن السطح الفاصل .
 - 2 - تتجذب الفجوات الموجبة الموجودة فى البلورة الموجبة نحو القطب السالب للمصدر و بذلك تبعد عن السطح الفاصل .
 - 3 - تتسع المنطقة الفاصلة الخالية من حاملات الشحنة .
 - 4 - و يكون اتجاه المجال الكهربى الناشئ عن البطارية فى نفس اتجاه المجال الداخلى فيترتب على ذلك زيادة المجال الداخلى فلا يمر تيار كهربى إلا تيار ضعيف جداً لا يلاحظ .

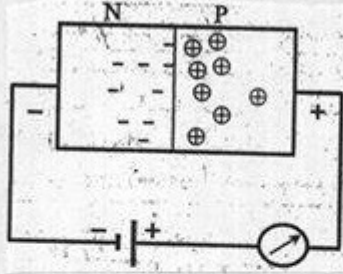
◀ **ملاحظة هامة :**

فى طريقة التوصيل الخلفى تكون مقاومة الوصلة الثنائية كبيرة جداً .



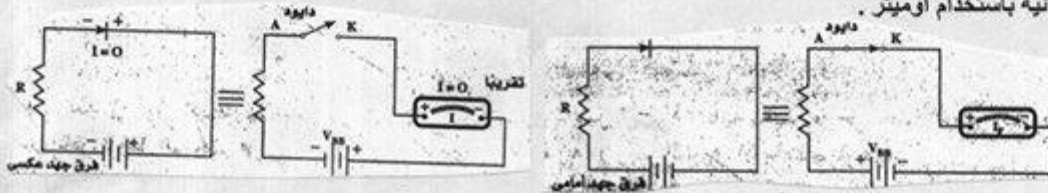
★★ ثانيًا : طريقة التوصيل الأمامي ★★

- توصل البلورة الموجبة (p) بالقطب الموجب للمصدر وتوصل البلورة السالبة (n) بالقطب السالب و يحدث الآتي :
- 1 - تتناثر بعض الإلكترونات الحرة الموجودة في البلورة السالبة مع القطب السالب للمصدر و تتحرك مقتربة من المنطقة الفاصلة .
 - 2 - تتناثر الفجوات الموجبة الموجودة في البلورة الموجبة مع القطب الموجب للمصدر مقتربة من المنطقة الفاصلة .
 - 3 - ويكون اتجاه المجال الكهربائي الناشئ عن البطارية عكس اتجاه المجال الداخلي في المنطقة الفاصلة فيترتب على ذلك بضعف المجال الداخلي و بذلك يقل سمك المنطقة الفاصلة فيمر تيار كهربى قوى نسبيا يسمى تيار أمامى .



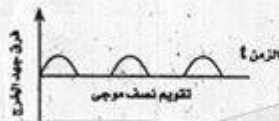
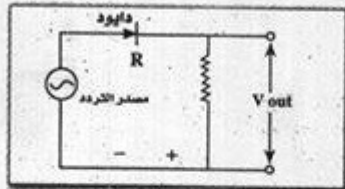
ملاحظات هامة

- 1 - في طريقة التوصيل الأمامي تكون مقاومة الوصلة الثنائية صغيرة جدا .
- 2 - الوصلة الثنائية توصل التيار بسهولة في اتجاه (عندما يكون التوصيل أمامى) و تمنعه تقريبا في الاتجاه العكسى (عندما يكون التوصيل خلفى) .
- 3 - يمكن تشبيه عمل الوصلة الثنائية بمفتاح :
أ - عندما يكون التوصيل أمامى يمر التيار كما لو كان المفتاح مغلقا .
ب - عندما يكون التوصيل عكسى لا يمر التيار تقريبا كما لو كان المفتاح مفتوحا .
- 4 - تختلف الوصلة الثنائية عن المقاومة العادية في أن الوصلة الثنائية تعطى مقاومة صغيرة جدا في اتجاه و مقاومة عالية جدا في الاتجاه المعاكس أما المقاومة فإتيا توصل التيار بنفس المقدار مهما انعكس اتجاه التيار . لذا يمكن التأكد من سلامة الوصلة الثنائية باستخدام أوميتر .



✌ استخدامات الوصلة الثنائية ✌

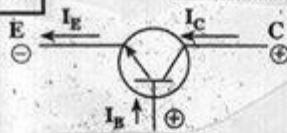
تستخدم الوصلة الثنائية في تحويل التيار المتردد $A.C$ لتيار مستمر $D.C$.
أى عملية تقويم التيار المتردد حيث أن عمليات التحليل الكهربى و الطلاء الكهربى و شحن بطارية السيارة و التليفون المحمول و غيرها تحتاج لتيار موحد الاتجاه لأن التيار المتردد لا يصلح لذلك لكونه متغير الشدة و الاتجاه و بالتالى نلجأ لعملية تقويم التيار المتردد أى جعله موحد الاتجاه باستخدام الدايود .



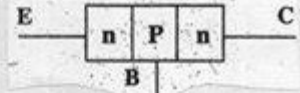
- 1 - الوصلة الثنائية تعطى مقاومة صغيرة جدا عندما يكون التوصيل أماميا فتسمح بمرور التيار الكهربى بينما تكون مقاومتها عالية جدا عندما يكون التوصيل عكسيا فلا تسمح بمرور التيار الكهربى تقريبا .
- 2 - إذا وصل طرفا الوصلة الثنائية بمصدر تيار متردد فإتيا تسمح فقط لاتصاف الذبذبات بالمرور عندما يكون جهد البلورة الموجبة موجبا و جهد البلورة السالبة سالبا (توصيل أمامى) و بذلك يمر التيار الكهربى في الدائرة في اتجاه واحد أى أنه يصبح مقوما تقويميا نصف موجبا .

☆☆ تعليقات هامة ☆☆☆

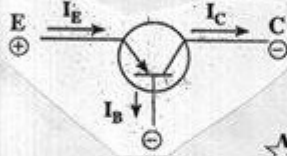
- س⁸ علل : تعمل الوصلة الثنائية كفتاح للدائرة ؟
- ج لأنه عند توصيل الوصلة توصيلا أماميا فإن التيار يمر في الدائرة مثل مفتاح مغلق و عند توصيلها خلفيا لا يمر تيار كمفتاح مفتوح .
- س⁹ علل : تختلف الوصلة الثنائية عن المقاومة الكهربائية العادية ؟
- ج لأن مقاومة الوصلة الثنائية تختلف حسب توصيلها في الدائرة فتكون صغيرة جدا في حالة توصيلها أماميا و كبيرة جدا في حالة توصيلها عكسيا بينما المقاومة العادية قيمتها ثابتة حتى مع تبديل طرفي المقاومة .
- س¹⁰ علل : يستخدم الأوميتر للتأكد من سلامة الوصلة الثنائية ؟
- ج لأن مقاومة الوصلة الثنائية تكون صغيرة جدا في حالة توصيلها أماميا و كبيرة جدا في حالة توصيلها عكسيا .



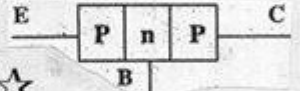
الترانزستور



- 1 - تم اكتشاف الترانزستور عام 1955 على يد العلماء (باردين و شوكل و براتين) .
- 2 - الترانزستور عبارة عن وصلة ثلاثية تتكون من ثلاثة قطاعات من بللورة سليكون أو جرمانيوم بحيث يكون الجزء الأوسط منها من مادة شبه موصلة موجبة أو سالبة في حين تكون البلورتان الطرفيتان من نوعية مخالفة .
- 3 - هناك أنواع عديدة من الترانزستور منها $p-n-p$ ، $n-p-n$ ، ولا يوجد فرق جوهري بين هذين النوعين غير أن الدور الذي تقوم به الإلكترونات في النوع $n-p-n$ تقوم به الفجوات في النوع $p-n-p$.
- 4 - يتركب الترانزستور من :
 - أ - القاعدة (B) و هي بللورة رقيقة جداً توجد في الوسط بين الباعث والمجمع و هي قليلة الشوائب نسبياً .
 - ب - الباعث (E) يوجد على أحد جانبي القاعدة و به نسبة شوائب عالية .
 - ج - المجمع (C) يوجد على الجانب الآخر من القاعدة نسبة الشوائب بها أقل من الباعث .



☆☆☆ فعل الترانزستور ☆☆☆

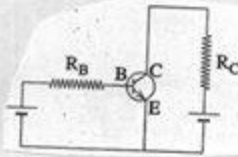
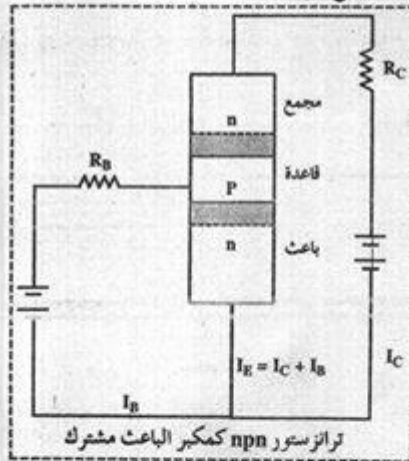


☆☆ استخدام الترانزستور كمكبر ☆☆

- هناك طريقتان يستخدم فيها الترانزستور كمكبر :
- 1 - تكون القاعدة (B) مشتركة بين الباعث والمجمع .
 - 2 - يكون الباعث (E) مشتركاً بين المجمع والقاعدة .

☆ نأخذ ترانزستور $n-p-n$ في حالة القاعدة المشتركة ☆

- 1 - نصل الباعث والقاعدة توصيلاً أمامياً ونصل القاعدة والمجمع توصيلاً خلفياً .
- 2 - تنطلق الإلكترونات من الباعث (E) إلى القاعدة (B) و تنتشر فيها لفترة زمنية ثم يجذبها المجمع ذو الجهد الموجب .
- 3 - عملية الالتصاق بين الإلكترونات المنطلقة من الباعث والفجوات الكثيرة الموجودة في القاعدة تستهلك نسبة من الإلكترونات الباعث .
- 4 - بفرض أن تيار الإلكترونات المنطلقة من الباعث I_E فإن ما يصل المجمع I_C وثابت التوزيع α_e



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

تعريف ثابت التوزيع أو التجزئة α_e :

هي النسبة بين تيار المجمع إلى تيار الباعث في الترانزستور .

$$\therefore I_C = \alpha_e I_E \rightarrow (1)$$

5 - تيار الباعث I_E يتجزأ على المجمع والقاعدة كما في العلاقة :

$$I_E = I_C + I_B$$

ومنها يمكن تعيين تيار القاعدة I_B من العلاقة :

$$I_B = I_E - I_C$$

وبالتعويض عن قيمة I_C من المعادلة (1) ينتج أن

$$\therefore I_B = (1 - \alpha_e) I_E \rightarrow (2)$$

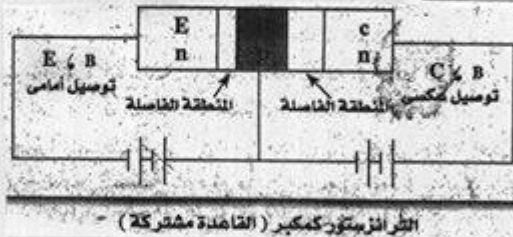
6 - نسبة تكبير التيار (β_e) في الترانزستور :

هي نسبة تيار المجمع إلى تيار القاعدة .

$$\therefore \beta_e = \frac{\alpha_e}{1 - \alpha_e}$$

$$\therefore \beta_e = \frac{I_C}{I_B} = \frac{\alpha_e I_E}{(1 - \alpha_e) I_E} = \frac{\alpha_e}{1 - \alpha_e}$$

ولما كانت (α_e) قريبة من الواحد الصحيح لذا تكون (β_e) كبيرة جداً أي أن تيار المجمع أكبر من تيار القاعدة بنسبة (β_e) .



7 - كيفية استخدام الترانزستور في التكبير : توصل إشارة كهربية صغيرة (مثل الخرج من ميكروفون) في تيار القاعدة فيظهر تأثيرها مكبراً في تيار المجمع . وهذه هي الفكرة الأساسية في عمل الترانزستور كمكبر و هو ما يسمى فعل الترانزستور .

ملحوظة هامة جداً :

عزيزي الطالب نظراً لأن تيار القاعدة صغير جداً لصغر سمك القاعدة فيمكن إهماله و نقول تقريباً $I_E = I_C$ و لذلك فإن الترانزستور لا يكبر شدة التيار بل يكبر فرق الجهد و القدرة و يكبر أيضاً التغير الحادث في شدة التيار .

أمثلة محلولة

مثال (1) ترانزستور ثابت التوزيع له $\alpha_e = 0.99$ و شدة تيار القاعدة 50 ميكرو أمبير احسب كل من :
1 - نسبة تكبير التيار .
2 - شدة تيار المجمع I_C .

الحل

$$\therefore \beta_e = \frac{\alpha_e}{1 - \alpha_e} \quad \therefore \beta_e = \frac{0.99}{1 - 0.99} = 99$$

$$\therefore \beta_e = \frac{I_C}{I_B} \quad \therefore I_C = \beta_e \times I_B \quad \therefore I_C = 99 \times 50 \times 10^{-6} = 4950 \times 10^{-6} \text{ أمبير}$$

مثال (2) في ترانزستور كانت شدة تيار الباعث 10 mA و شدة تيار القاعدة 1 mA احسب :

1 - احسب شدة تيار المجمع .
2 - ثابت التوزيع α_e
3 - نسبة تكبير التيار β_e .

الحل

$$\therefore I_C = I_E - I_B \quad \therefore I_C = 10 - 1 = 9 \text{ mA} = 9 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$\therefore \alpha_e = \frac{I_C}{I_E} \quad \therefore \alpha_e = \frac{9}{10} = 0.9$$

$$\therefore \beta_e = \frac{\alpha_e}{1 - \alpha_e} \quad \therefore \beta_e = \frac{0.9}{1 - 0.9} = 9$$

تعليمات هامة

س1 علل : يجب أن يكون سمك القاعدة في الترانزستور صغير ؟

ج حتى لا يستهلك نسبة عالية من التيار في ملئ الفجوات الموجبة في الترانزستور n p n و تستمر الإلكترونات في حركتها لتصل إلى المجمع

س2 علل : يستخدم الترانزستور كمكبر ؟

ج لأن نسبة تيار المجمع إلى تيار القاعدة كبيرة فأى تغير في تيار القاعدة يظهر مكبراً في تيار المجمع .

س3 علل : ثابت التوزيع α_e قريب من الواحد الصحيح بينما نسبة تكبير التيار في الترانزستور β_e كبيرة جداً قد تصل إلى 200 ؟

ج : لأن ثابت التوزيع $\alpha_e = \frac{I_C}{I_E}$ و يكون I_C أصغر قليلاً من I_E لأن التيار الذى يمر في القاعدة I_B أصغر ما يمكن لصغر سمك القاعدة .

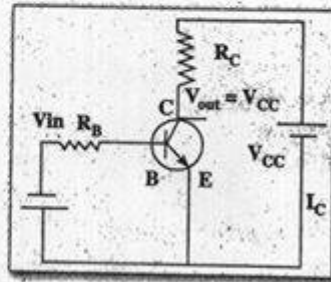
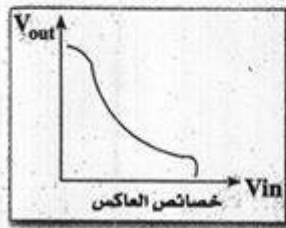
أما نسبة تكبير التيار $\beta_e = \frac{I_C}{I_B}$ كبيرة لأن شدة تيار القاعدة I_B صغيراً بالنسبة لتيار المجمع I_C و ذلك لصغر سمك القاعدة أيضاً .

الترانزستور كمفتاح

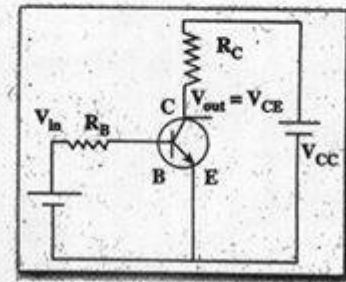
1 - في الدائرة الموضحة بالشكل يكون : $V_{CC} = V_{CE} + I_C R_C$ حيث (V_{CC}) هو جهد البطارية في دائرة المجمع ، (V_{CE}) هو فرق الجهد بين المجمع و الباعث ، (I_C) شدة تيار المجمع ، (R_C) مقاومة .

2 - في المعادلة السابقة نلاحظ أنه : كلما زادت قيمة (I_C) نقل قيمة (V_{CE}) حتى تصل إلى أقل قيمة لها (حوالى 0.2 فولت) عندما يكون تيار القاعدة كبيراً . (وذلك لثبوت جهد البطارية (V_{CC})) .

3 - إذا اعتبرنا القاعدة هي الدخل Input و المجمع هو الخرج Output و الباعث مشترك (جهده متصل بالأرض) فإن سلوك الترانزستور كمفتاح يتم على النحو التالي :



الترانزستور في حالة off



الترانزستور في حالة on

- أ - إذا أعطينا القاعدة جهداً موجباً : يسرى التيار في المجمع و تزداد قيمة $(I_C R_C)$ و عندئذ يكون فرق الجهد على المجمع صغيراً أى يكون الخرج صغيراً كما لو كان المفتاح في وضع (on) .
- ب - إذا أعطينا القاعدة جهداً صغيراً أو سالباً : ينقطع التيار في المجمع و يصبح فرق الجهد على المجمع كبيراً أى يكون الخرج كبيراً كما لو كان المفتاح في وضع (off) .

سؤال علل : يستخدم الترانزستور كمفتاح ؟

ج لأنه عند استخدام ترانزستور npn فإذا كان جهد القاعدة موجباً يكون الترانزستور في وضع on و إذا كان سالباً يكون الترانزستور في وضع off .

ملاحظات هامة

- 1 - إذا كان جهد الدخل (القاعدة) كبيراً يكون جهد الخرج صغيراً ، و إذا كان جهد الدخل (القاعدة) صغيراً يكون جهد الخرج كبيراً . أى العلاقة بين جهد الدخل و جهد الخرج عكسية و تسمى هذه النسيطة (عاكس) .
- 2 - الترانزستور كمفتاح يستخدم في :
أ - آلة الاحتراق الداخلي (دوائر الإشعال الإلكترونية) في السيارات .
ب - تنفيذ البوابات الرقمية التى تستخدم في كثير من الأجهزة الحديثة .
- 3 - يمكن الاستدلال على قطبية الترانزستور باستخدام الأوميتر .

أمثلة محلولة

مثال (1) 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 $(R_C = 500 \Omega)$

الحل

$$\therefore V_{CC} = V_{CE} + I_C R_C \quad \therefore 1.5 = 0.5 + I_C \times 500$$

$$\therefore I_C = 2 \times 10^{-3} A = 2 \text{ mA}$$

الإلكترونيات

رقمية Digital

تحول الإشارة الكهربائية إلى شفرة
أساسها قيمتان 1 ، 0

تناظرية Analog

فيها ترسل الإشارة الكهربائية متصلة
أي تأخذ أى قيمة .

أولاً :- **الالكترونيات التناظرية** : هي الإلكترونيات التي تتعامل مع الكميات الطبيعية و تحولها إلى إشارات كهربية على شكل جهد أو تيار تتغير شدته باستمرار حسب شكل الإشارة .

- أمثلة : 1 - الميكروفون يحول الصوت إلى إشارة كهربية .
- 2 - كاميرا الفيديو تحول الصورة إلى إشارة كهربية .
- 3 - التلفزيون : أ - في الإرسال تتحول الصورة و الصوت إلى إشارة كهربية ثم إلى إشارة كهرومغناطيسية تنتشر في الهواء أو الفراغ .
- ب - في جهاز الاستقبال تتحول الإشارة كهرومغناطيسية إلى إشارة كهربية في الهوائي (الإريال) ثم إلى صوت و صورة في جهاز التلفزيون .

ثانياً :- **الالكترونيات الرقمية** :

- 1 - هي الإلكترونيات التي تتعامل مع الكميات الطبيعية بعد تحويلها إلى شفرة غير متصلة Code أساسها قيمتان فقط هما (1 ، 0) و يسمى النظام الثنائي .
- 2 - يتم تحويل كل الإشارات الكهربائية المتصلة إلى إشارات رقمية عن طريق جهاز يسمى محول تناظري رقمي .
- 3 - في الطرف المستقبل يتم التحويل العكسي من إشارة رقمية إلى إشارة تناظرية بواسطة محول رقمي تناظري .

نظام التشفير الثنائي :

في النظام الثنائي نكتب الأرقام في خانات تقابل الأحاد والعشرات ولكن تكون خاناته 2^0 ، 2^1 ، 2^2 ، 2^3 ، وهكذا و إليك بعض الأمثلة توضح الفكرة الرقم 3 يكتب في النظام الثنائي 11_2 و الرقم 2 المدون أسفل الرقم يدل على النظام الثنائي و حصلنا على هذه النتيجة كما يلي $1 \times 2^0 + 1 \times 2^1 = 3$

و الرقم 13 يكتب في النظام الثنائي 1101_2 هكذا $1 \times 2^0 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^3 = 13$

و للتحويل إلى النظام العشري نبدأ من اليمين

*** حول الرقم الثنائي 11001101 إلى العشري

$$11001101 = 1 \times 2^0 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^6 + 1 \times 2^7$$

$$= 1 + 4 + 8 + 64 + 128 = 205$$

لماذا تتفوق الإلكترونيات الرقمية على التناظرية و تفضل عنها ؟

لأنها تتغلب على الضوضاء الكهربائية حيث يوجد في الطبيعة إشارات كهربية غير منتظمة و غير مفيدة و غير مرغوبة تسمى (الضوضاء الكهربائية)

ما سبب الضوضاء الكهربائية ؟

سببها الحركة العشوائية للإلكترونات و التي تسبب تياراً عشوائياً يسبب تشويشاً للمعلومة الفيزيائية التي تحملها الإشارة و يصعب التخلص منها .

أما الإلكترونيات الرقمية :

فإن المعلومة فيها تكمن في الشفرة Code و ليس في قيمة الإشارة (التي قد تتضمن الضوضاء و تشوه الإشارة) .

