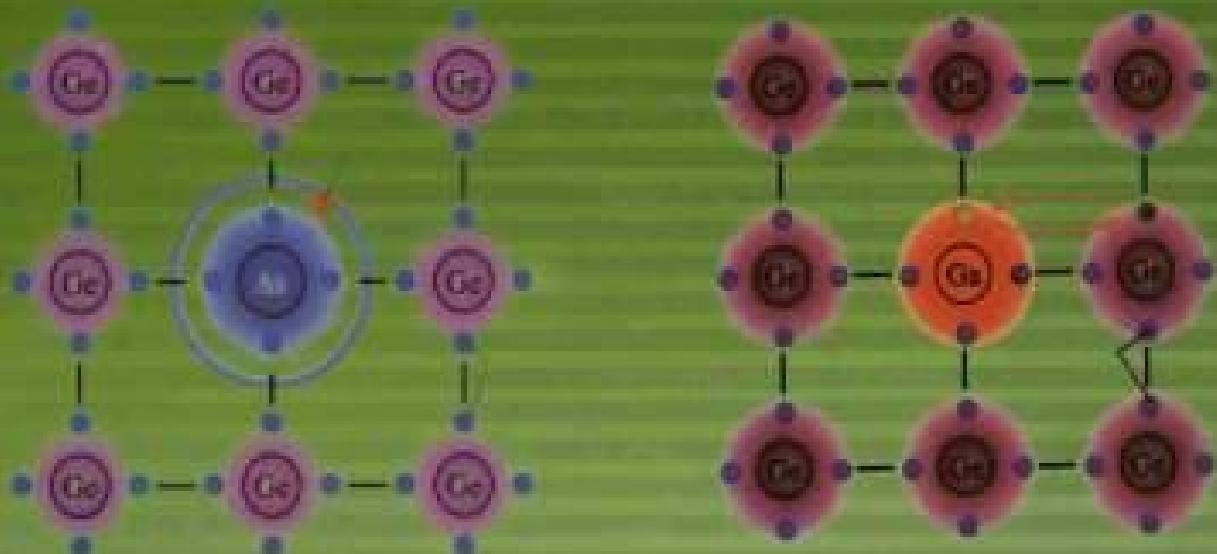
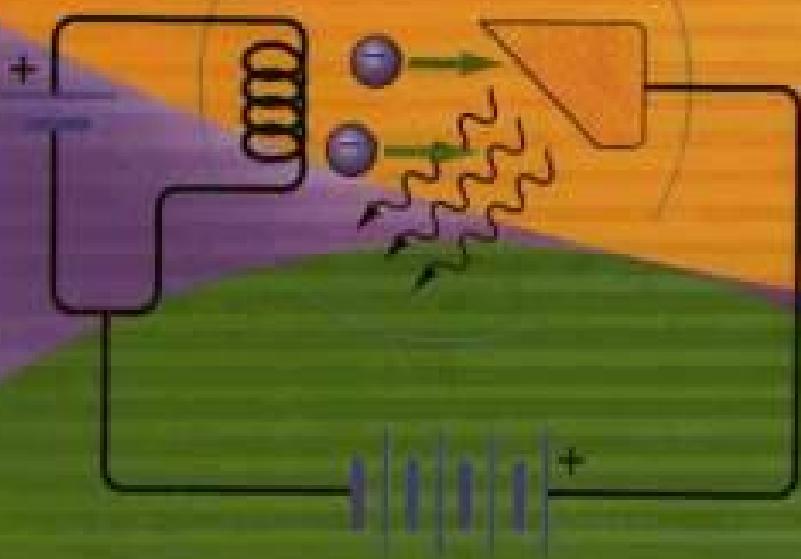


الفيزياء

الجزء الثاني

للصف الثاني عشر - علمي



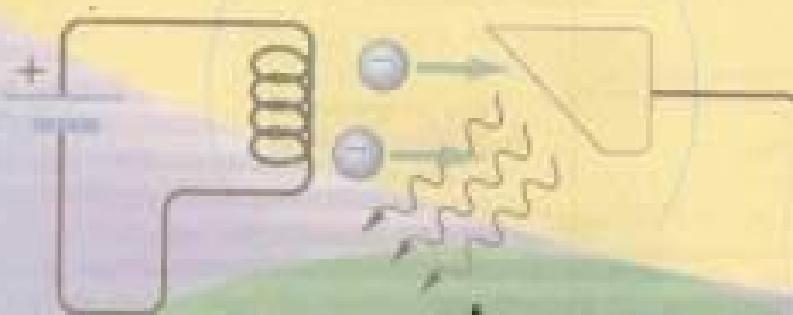
إهداء خاص من

kuwait.net
منتديات باكويت

الفينيكس

الجزء الثاني

الصف الثاني عشر - علمي



تأليف

د / ثريا محمد سعيد د / أحمد عبد الحميد الصادق
ا / عبدالسلام بيومي ا / مصطفى محمد مصطفى



الطبعة الثانية

2010 - 2011م

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التربية - قطاع البحوث التربوية والمناهج
ادارة تطوير المناهج

الطبعة الأولى 2002 / 2003م
الطبعة الثانية 2008 / 2009م
2011 / 2010م

تمت الموافقة من مقرر 73 فيزياء

لجنة الموافقة

أ/ مریم فراج الوثید (رئيساً)

أ/ مصطفى محمد مصطفى (مقرر)

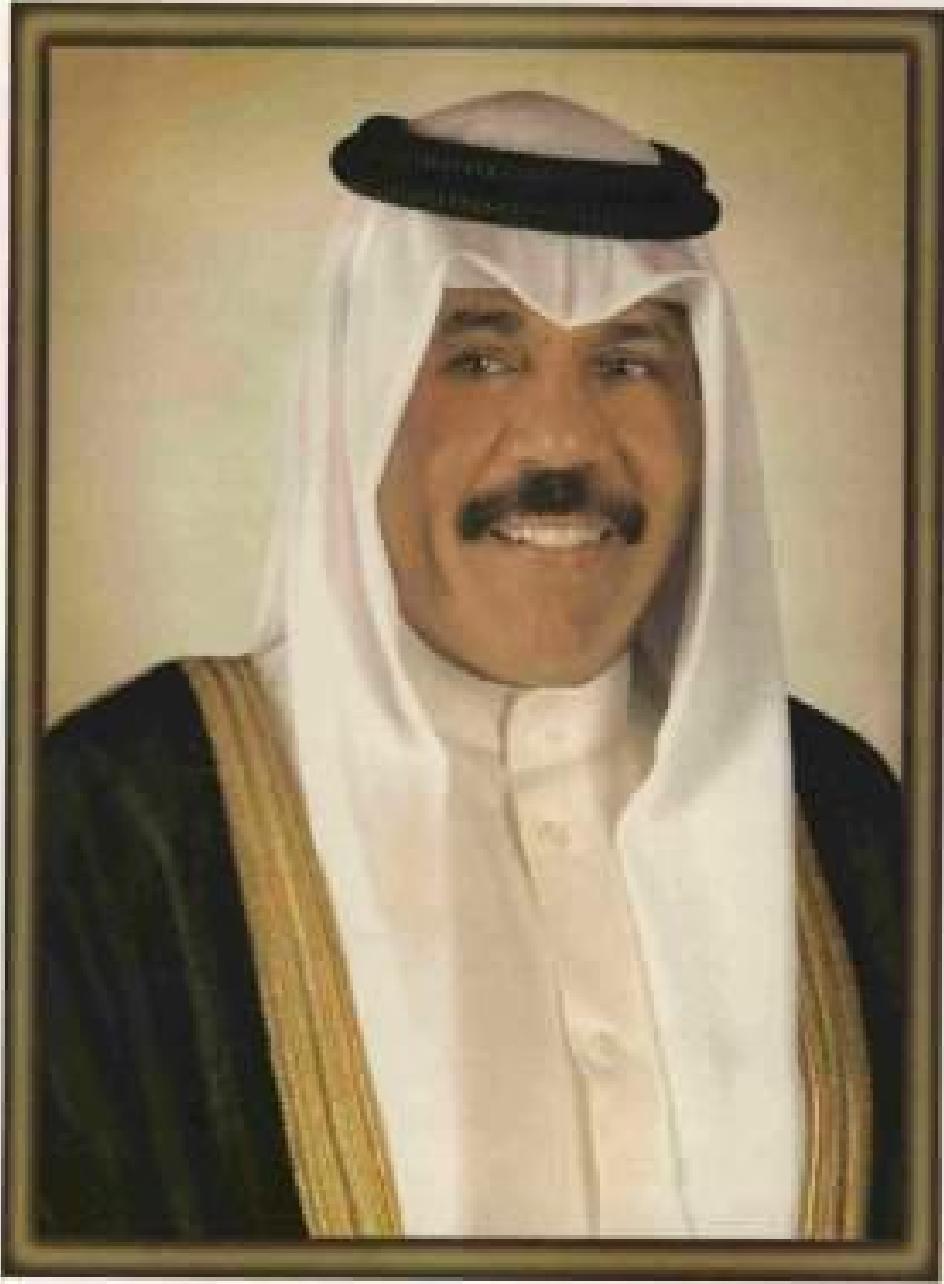
أ/ عادل عاكف (عضو)

أ/ محسن أمين (عضو)





صَاحِبُ الْسَّمْوَاتِ الشَّيْخُ ضِيَاجُ الْأَخْمَدُ الْجَابِرُ الصَّبَاجُ
أَمِيرُ دُولَةِ الْكُوَيْتِ



سَهْرُ الشَّمْنَجِيْ
نَوَافُ الْأَخْمَدُ الْجَبَرُ الْصَّابِحُ
وَلِيُّ عَهْدِ دُوَلَةِ الْكُوَيْتِ

العنوان

الصفحة

المحتوى

7	مقدمة
9	الفصل الخامس الإلكترونيات
11	قابلية المواد لtransport التيار الكهربائي
13	أشباه الموصلات النقية
14	أشباه الموصلات غير النقية
17	الوصلة الثانية
22	الترازستور
26	الدايمود الباعث للضوء
29	أمثلة التقرير
37	الفصل السادس الظاهرة الكهرومغناطيسية
39	تمهيد
40	الظاهرة الكهرومغناطيسية
42	(ال الخلية الكهرومغناطيسية وتجارب الابعاد الكهرومغناطيسية)
48	نظريّة الفونون وتفسير الظاهرة الكهرومغناطيسية
50	(نظريّة أينشتاين الكهرومغناطيسية وتفسير ظاهرة الابعاد الكهرومغناطيسية)
52	الظاهرة الكهرومغناطيسية المكعبة
55 - 53	(طيف الأشعة السينية - خواص الأشعة السينية - استخدامات الأشعة السينية)
57	أمثلة التقرير
67	الفصل السابع السماذج الذرية
69	تمهيد
71	نموذج طومسون
71	نموذج رذرفورد ونغرانه

الصفحة

75

75

81

84

86

88

91

103

105

105

108

109

114

115

117

118

121

122

124

125

126

128

131

133

135

المحتوى

نموذج بور

(فروض بور - تطبيقات فروض بور)

إثارة الذرة

الأطياف

طيف ذرة الهيدروجين

أشعة الليزر وأشعة العيزلر

أسئلة التقويم

الفصل الثامن

الفيزياء النوية

تمهيد

مكونات النواة

النظائر

طاقة الربط النوية

قوى النوية

حاجز الجهد النووي

التفاعلات النووية

التفاعل النووي الاصطناعي

الانشطار النووي

المفاعل النووي

الاندماج النووي

الطاقة الشمسية

النشاط الإشعاعي

سلال التحلل الإشعاعي

استعمالات النظائر المشعة

أخطار الإشعاعات النووية والوقاية منها

أسئلة التقويم

المقدمة

أبناءنا وبناتنا الطلاب والطالبات

يسعدنا أن نضع بين أيديكم هذا الكتاب (الجزء الثاني من كتب الصف الثاني عشر العلمي) والذي يضم بين صفحاته مجموعة من الموضوعات العلمية الحديثة ، والتي تلعب دوراً بارزاً في حياتنا اليومية ، والتي يتعامل معها العالم اليوم باعتبارها زاوية المستقبل ، ومع يقيناً بأهمية هذه الموضوعات وحرصنا على تعريفكم بها إلا أنها أرجو أن تدرّبها لكم إلى هذا الفصل الدراسي حتى تكونوا قد ألمتم بالمهارات العقلية والخبرات والحيادى: الضرورية التي تؤهلكم لاستيعابها والتي ستتكلّل إن شاء الله تعالى في النهاية الأساسية التي ستعلّقون منها في المرحلة الجامعية لوضع لذاتكم التي بها يكتمل صرح أمّتنا وكرّيتنا الحية على أساس من العلم والتَّفَاقُفَ واحترام جهود الشربة في صنع الحضارة الإنسانية .

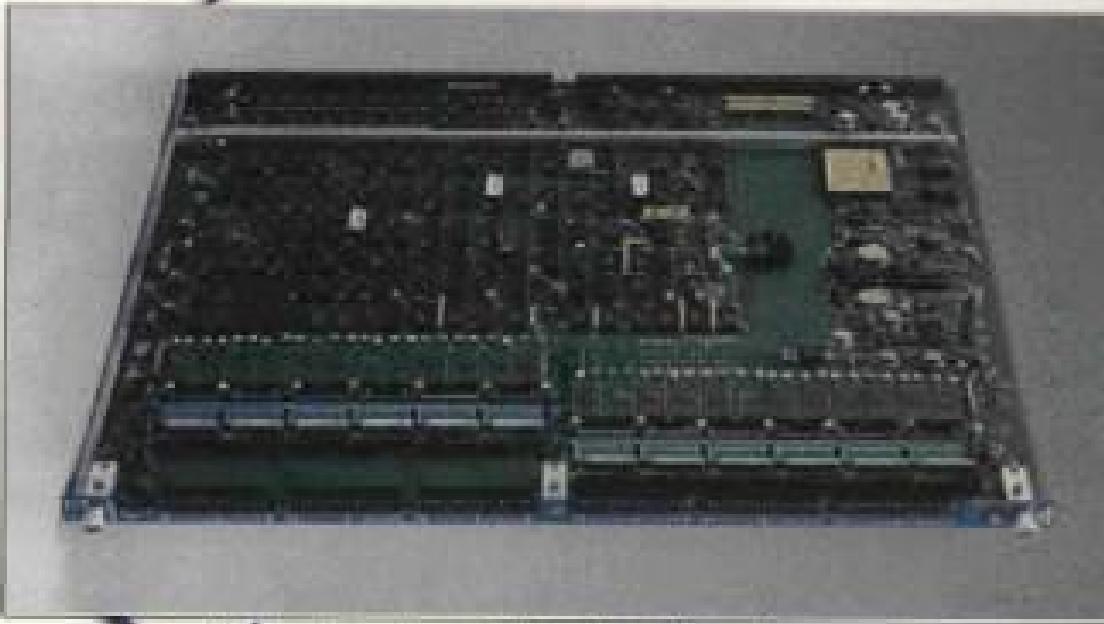
وفتقلكم الله وعذاكما إلى ما فيه صالح الحكم وصالح كوبت الخير والأمة الإسلامية وهذا ما جميعاً سواه السبيل .

لجنة المعاونة

الفصل الخامس

الإلكترونيات

ELECTRONICS



نوع من بعض اللوحة الأساسية لجهاز الكمبيوتر
Mother board

يهدف هذا الفصل إلى تعرف الوسائل التي يمكن بواسطتها التحكم في حركة الإلكترونيات في الجوامد (Semiconductors) والتطبيقات التقنية التي تعتمد في عملها على خواص أشباه الموصلات غير الندية كالموصلات الثنائية الدايمود (Diode) والترانزستور (Transistor) واللذان يعتبران الأساس العلمي لعمل الدوائر المتكاملة (Integrated Circuits) المستخدمة في أجهزة الحاسوب وأجهزة الاتصالات الحديثة حيث تتميز أشباه الموصلات بصغر حجمها وخفف وزنها ومقدرتها على العمل بطاقة متحفظة ولفترات زمنية طويلة.

قابلية المواد لتوسيع التيار الكهربائي

(١-٥)

نظراً لأهمية الكهرباء في حياتنا وكيفية انتقال التيار الكهربائي خلال المواد المختلفة ، نقسم المواد من حيث توصيلها للتيار الكهربائي إلى ثلاثة أقسام رئيسة وهي :

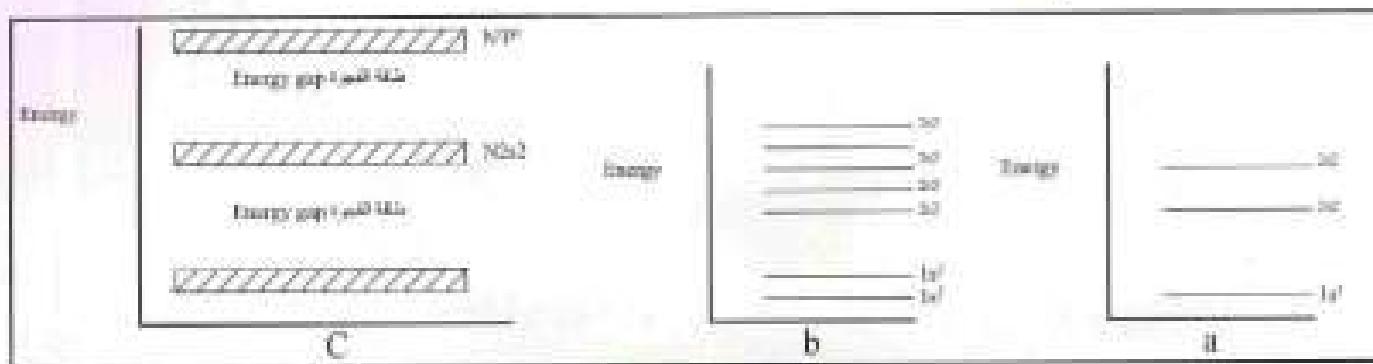
- المواد الموصولة (Conductors)
- المواد العازلة (Insulators)
- المواد شبه (نصف) الموصولة (Semi Conductors)

والاختلاف الأساسي بين هذه المواد يعود إلى عدد الإلكترونات الحرة المتوفرة في كل مادة .
ومن أجل ذلك لا بد من إدراك الاختلاف في ظل نظرية نطاقات الطاقة (أشرطة الطاقة) في المواد الصلبة .

نظرية نطاقات الطاقة في المواد الصلبة (Band Theory of Solids)

(١ - ١ - ٥)

- من دراستنا تعلم أن للمادة حالات ثلاثة (سائلة - غازية) وتتأثر ذرات جميع المواد بالمؤثرات الخارجية كال المجال الكهربائي أو اقتراب ذرات أخرى منها وسنركز دراستنا حول تأثير اقتراب ذرات المواد الصلبة من بعضها البعض .
- تتميز المواد الصلبة بأن لها تركيب بلوري مميز وتكون ذراتها متقاربة جداً ، لذلك تتأثر الإلكترونات في مستويات الطاقة بمحالات أئوية للذرات المجاورة بالإضافة إلى تأثيرها بتأثيرها الخاصة وتكون طاقة الإلكترون الكلية وبالتالي مستوى طاقته هو متحصلة هذه المحالات مجتمعة .
- وفي البناء البلوري للذرات المواد الصلبة تتدخل الإلكترونات الذرات المجاورة في الفراغ بين أنواع هذه الذرات ونتيجة لذلك يحدث تغير في مستويات الطاقة ويكون :
 - أ - التغير صغيراً جداً في المستويات الداخلية القريبة من النواة .
 - ب - التغير كبيراً وظاهراً في المستويات الخارجية البعيدة عن النواة .



شكل (1-5)

الشكل (1-5) يوضح التوزيع الإلكتروني لكل من ذرة واحدة (a) وذرتان متجلزرتان (b) ومجموعه من الذرات المتجاورة (c) وعددها (N) لعنصر الكربون C^{12} .

ج - ويكون هذا العدد الكبير من مستويات الطاقة القرية من بعضها والمتداخلة بما يعرف بـ **نطاق الطاقة** (Energy Band).

د - ويلاحظ وجود فجوات في النطاق بين كل نطاق وآخر (Energy Gaps)، وتعرف أيضاً بالنطاق المحظوظ (Forbidden Band).

ه - كما أن النطاقات الداخلية تكون ممتلئة تماماً بالإلكترونات أما النطاق الأخير والمحظوظ على إلكترونات تكافؤ العنصر فهو ممتنع جزئياً بالإلكترونات، ويستطيع استيعاب إلكترونات أخرى ويدعى بـ **نطاق التكافؤ**.

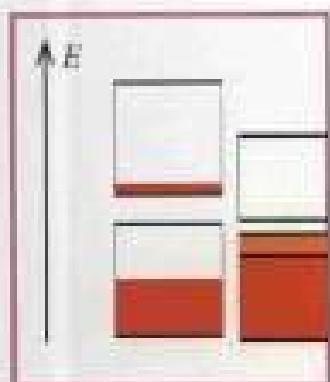
و - كما يوجد نطاق فارغ تماماً من الإلكترونات طاقته أعلى من طاقة نطاق التكافؤ ويسمى بـ **نطاق التوصيل**. إلكترونات إليه من نطاق التكافؤ عند إثارة ذراتها ويدعى **نطاق التوصيل**.

تصنيف المواد حسب قابليتها للتوصيل الكهربائي (2-1-5)

في ضوء النظرية السابقة نلاحظ أن

المواد الموصلة

تتميز بعدم وجود نطاق محظوظ بين نطاق التكافؤ والتوصيل ونكون إلكترونات التكافؤ هي نفسها إلكترونات التوصيل نتيجة تداخل النطاقين (شكل (2-5))

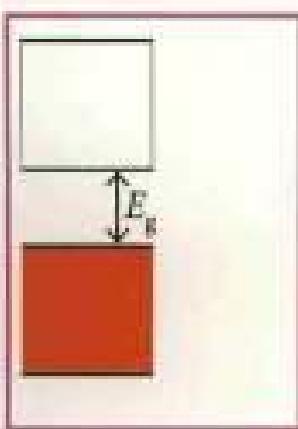


شكل (2-5)

وفي وجود المجال الكهربائي (تطبيق فرق جهد مناسب على طرفين المادة) تكتسب الإلكترونات طاقة فتنتقل بيسر وسهولة بين الذرات.

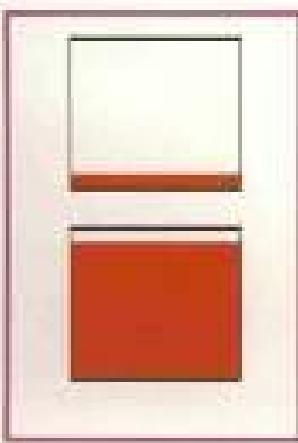


المواد العازلة



تتميز هذه المواد باتساع النطاق المحظور ، أي أن الفرق بين طيفي النكافر والتوصيل كبيراً نسبياً { $Eg = 3.8 \text{ e.V}$ } وفي حالة التأثير على المادة بمجال كهربائي ستكون الطاقة اللازمة لخطي هذا النطاق المحظور كبيرة جداً ومن المستحيل منع أي إلكترون هذه الطاقة .

شكل (3-5)



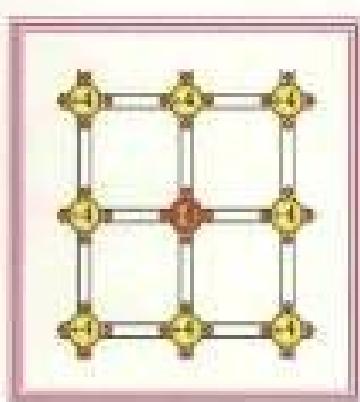
تتميز هذه المواد بأن اتساع النطاق المحظور صغير نسبياً حوالي (1 eV) وعند درجة الصفر المطلق تكون جميع الإلكترونات في نطاق النكافر ولا تتوارد أية إلكترونات في نطاق التوصيل لذلك تكون هذه المواد عازلة مثالية أما عند زيادة درجة الحرارة فإن عددًا من الإلكترونات تغادر من نطاق النكافر إلى نطاق التوصيل نتيجة امتصاصها طاقة من الوسط المحيط وبذلك تسلك سلوك المواد الموصلة . شكل (5 - 4)

شكل (4-5)

ومما سبق نستنتج أن طاقة الفجوة بين نطاقي النكافر والتوصيل هي التي تحدد الخواص الكهربائية للمادة .

(Intrinsic Semiconductors) أشباه الموصلات النقية

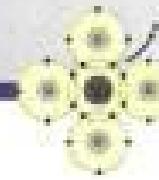
(2 - 5)



تفع أشباه الموصلات المستخدمة في الأغراض الإلكترونية ضمن المجموعة الرابعة من الجدول الدوري وهي عناصر رباعية النكافر (تحتوي مستوى الطاقة الأخير في ذرة أي منها على 4 إلكترونات) ، وتشترك فيما بينها في تكوين روابط تساهمية قوية لتكوين البلورة .

والشكل (5-5) يوضح التركيب البلوري (في مستوى واحد ذو بعدين) لبلورة شبكة الموصل في درجة الصفر المطلق (0K)

شكل (5-5)



وعند ارتفاع درجة الحرارة إلى درجة حرارة الغرفة (300 K) تقرباً تكتب إلكترونات التكافؤ طاقة حرية كافية لكسر بعض الروابط التساهمية ونتيجة لذلك يخرج الإلكترون من نطاق التكافؤ ويصبح حرراً ويستقل إلى نطاق التوصيل ويشارك في التوصيل وتصبح ذرته آيوناً موجب الشحنة كما يختلف في البلورة مكانه فارغاً ويدعى الفجوة وتعتبر ناقلة أيضاً للتيار الكهربائي شأنها في ذلك شأن الإلكترون المتحرر ويسمى كل منهما ناقل (حاملاً) تيار.

جدير بالذكر أن نشوء هذه الفجوات في البلورة يجعل من السهل لأبي الإلكترون في ذرة مجاورة أن يتحرر ويتحرك ليملأ هذه الفجوة مخلفاً وراءه فجوة أخرى وهكذا تبدو هذه الفجوات وكأنها متحركة (حركة ظاهرية) في اتجاه معاكس لاتجاه حركة الإلكترونات.

ومن المؤثرات الخارجية التي تؤدي إلى توليد زوج (الإلكترون - فجوة) تعرض مادة شبه الموصل إلى إشعاع ضوئي أو إشعاع كهرومغناطيسي أو حرارة.

أشباه الموصلات غير النقيمة

(3 - 5)

التطعيم (Doped Semiconductors)

التطعيم

هو عملية يتم فيها إضافة ذرات عناصر فلزية ثالثية التكافؤ أو لا فلزية خماسية التكافؤ لبلورة شبه الموصل النقي بهدف زيادة درجة توصيلها وتقليل مقاومتها الكهربائية ويجب أن يكون حجم الذرة الثالثة قريباً من حجم ذرة شبه الموصل النقي حتى لا يحدث خلل أو تشوّه في التركيب البلوري شكل (6-5).

ونتيجة للتطعيم يزداد عدد حاملات التيار (الإلكترونات والثقوب) بالبلورة.

B العنصر	C العنصر $E_g = 9.5\text{ eV}$	M العنصر
Al العنصر	Si العنصر $E_g = 1.1\text{ eV}$	P العنصر
Ga العنصر	Ge العنصر $E_g = 0.7\text{ eV}$	As العنصر
In العنصر	Sn العنصر $E_g = 3.2\text{ eV}$	Sb العنصر

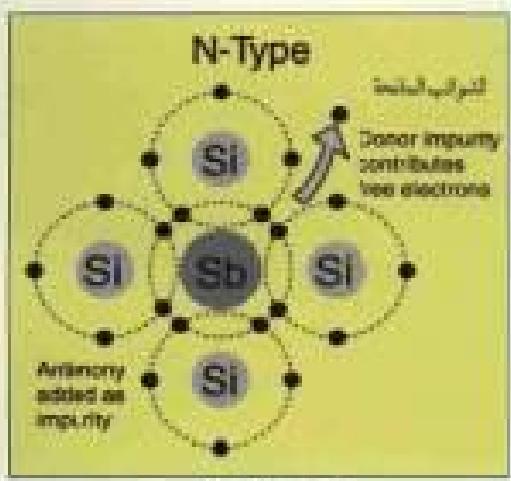
شكل (6-5)



(1-3-5) أنباء الموصلات من النوع السالب (N-type)

من دراستنا السابقة نعلم أن أنباء الموصلات عناصر رباعية التكافؤ مثل (Si_2Ge) ولزيادة عدد الكترونات نطاق التوصيل بها فأنها تعتمد بإضافة ذرات شوائب عناصر لا فلزية خماسية التكافؤ مثل (P_{As}) بكميات محددة ونتيجة لذلك فإن الذرة الشائبة

تحل محل أحد ذرات بلورة شبه الموصل النقي حيث تشارك مع الذرات الأربع المجاورة لها بأربعة من الكترونات تكافؤها الخمسة مكونة أربع روابط تساهمية ويفقد الإلكترون الخامس حرراً (دون ارتباط مع أي ذرة).



شكل (5-7)

وكثيجة للعملية السابقة تظهر كمية من الإلكترونات الحرة ويكون عددها مساوياً لعدد ذرات المادة الشائبة ويدعى هذا النوع من الشوائب الخماسية التكافؤ بالشوائب المانحة (Donor Impurity) كما بالشكل (5-7)



شكل (8-5)

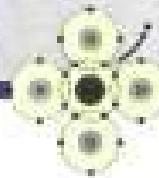
وكما سبق وعلمنا أن الطاقة اللازمة لكسر الروابط التساهمية في أنباء الموصلات النقية تساوي فرق الطاقة بين نطاق التكافؤ ونطاق التوصيل وتتساوي في حالة (Si) مثلاً حوالي 1.1 e.V . أما عند تكوين شبه موصل من النوع السالب يتشكل مستوى طاقة الإلكترونات الإضافية (الحرة) يقع تحت نطاق التوصيل*. ويكون فرق الطاقة بين هذا النطاق ونطاق التوصيل 0.01 e.V حيث تنتقل الإلكترونات في هذا المستوى إلى نطاق التوصيل بفعل الحرارة الاهتزازية للشبكة البلورية كما في الشكل (8-5)

وتجدير بالذكر

1 - أن بلورة شبه الموصل من النوع السالب متعادلة كهربائياً لأن مجموع الشحنة الموجبة في أنوية ذرات الشوائب ومادة شبه الموصل يساوي مجموع الإلكترونات التي تدور حول هذه الأنوية.

2 - الإلكترونات هي ناقلات الأغذية للتبار والتقوب هي ناقلات الأقلية حيث إن الإلكترونات الناجمة عن عملية التعليم إضافة إلى الإلكترونات الناجمة عن ارتفاع درجة الحرارة عن الصفر المطلق المكونة لأزواج (الكترون - نقب) يصبح عددها أكبر من عدد التقوب.

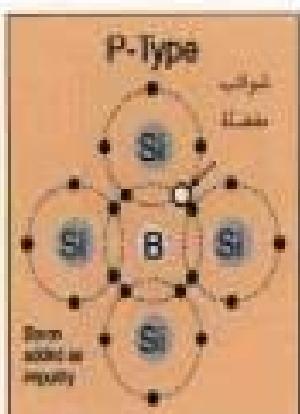
* يسمى ذلك النطاق باسم المستوى الرابع أو (نطاق فيرمن) نسبة للعالم فيرمن



اثبـ الموصـلات الموجـة (P - type)

(2-3-5)

يمكن الحصول عليها عن طريق تعليم بلورات شبه الموصل النقي (سي يكون N_A) بذرات شوائب ثلاثة التكافؤ مثل الألمنيوم (Al) وفي هذه الحالة عندما تحل الذرة الثالثة محل إحدى ذرات السيليكون في البلورة فإن الذرة الثالثة تشارك بالكترونات في تكوين ثلاث روابط تساهمية وتبقى الرابطة الرابعة غير مكتملة وينقصها إلكترون لكي تكتمل ، ويسلك هذا الإلكترون الناقص سلوك شحنة موجبة مكونا ثقبا في نطاق التكافؤ ، وبذلك يزداد عدد الثقوب في نطاق التكافؤ ، ويصبح عدد الثقوب في البلورة أكبر من عدد الإلكترونات وتصبح الإلكترونات هي ناقلات الأقلية من حيث أن الثقب هي ناقلات الأغلبية أي أن تيار الثقوب يكون أكبر من تيار الإلكترونات عند خضوع البلورة لفرق جهد خارجي .



شكل (9-5)

وتسمى الذرة الثالثة في هذه الحالة باسم الفرة المتقبلة (Acceptor) مع ملاحظة أن البلورة بعد التعليم مازالت متعدلة كهربائيا لأن عدد الإلكترونات بها يساوي عدد البروتونات في أتربة ذراتها ، والبلورة في هذه الحالة تكون من النوع الموجب (P - type) . كما في الشكل (9-5)

ومن وجہہ نظر نظریۃ النطاقات فیان الذرة المتقبلة تمدنا بمستويات طاقة خالية من المتعلقة المحظورة وتقع فوق نطاق التكافؤ مباشرة مما يمكن أحد الإلكترونات التكافؤ من القفز من موقعه في نطاق التكافؤ ليشغل هذه المستويات الخالية مستعداً الطاقة اللازمة لهذه القفزة (وهي طاقة قليلة نسبياً) من الحركة الاهتزازية للبلورة ونتيجة ذلك بترك هذا الإلكترون ثقباً في نطاق التكافؤ فيزداد عدد الثقوب في البلورة .

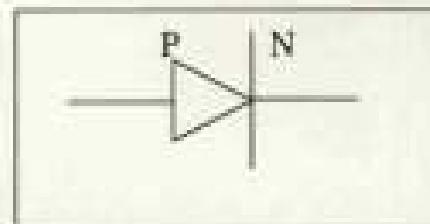
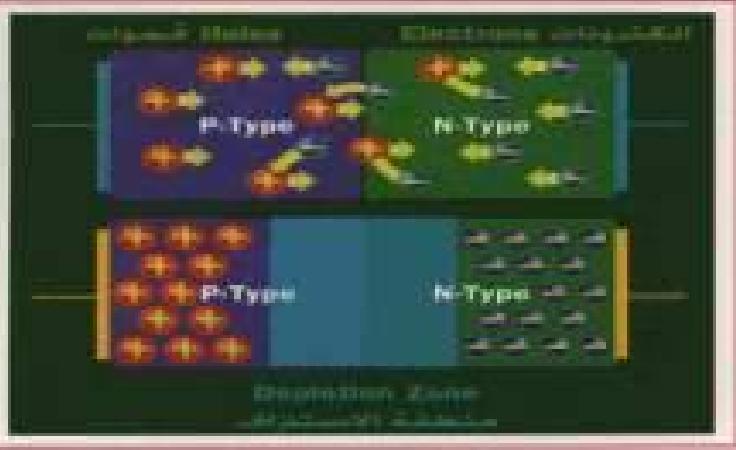


(4-5) الوصلة الثنائية (الدايود) Diode The(P - N) junction

لتتحقق قطع الكترونية ذات فائدة تكنولوجية وتعمل بخاصية بعيدة عن سلوك شبكات الموصى المتفاوت ويبحث تزديدي وظائف محددة يجب استخدام نوعي أشباه الموصيات .

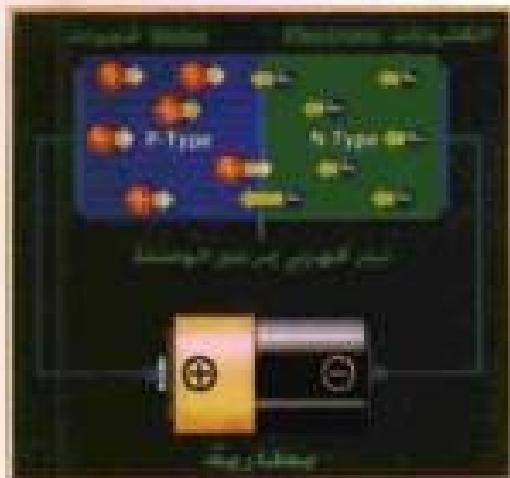
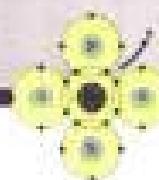
وتم تشكيل الوصلة الثنائية (*P-N junction*) من النحاس بلورتين إحداهما من النوع الموجب والأخرى من النوع السالب أو بلورة أحادية يطعم أحد طرفيها بشواشب مانحة والطرف الآخر بشواشب متقبلة .

ونكون حاميات التيار مختلفة التركيز على جانبي الوصلة (تركيز الإلكترونات في البلورة السالبة أكبر من تركيز ثقوبها وتركيز الثقوب في البلورة الموجبة أكبر من تركيز الإلكترونات) .



شكل (10-5)

وبناءً على اختلاف التركيز على جانبي الحد الفاصل فإن حاميات التيار تتنقل من الوسط (البلورة) الأعلى تركيزاً للأقل وبذلك تتشتت (تتنقل) بعض الثقوب من البلورة (*P*) إلى البلورة (*N*) كما تتشتت بعض الإلكترونات من البلورة (*N*) إلى البلورة (*P*) ، ويتجددان معاً في منطقة الحاجز وتختفي حاميات التيار على جانبي منطقة الوصلة وت تكون شحنة فراغية يتشكل عنها فرقاً في الجهد يسمى جهد الحاجز (*Potensial Barrier*) وتسمى المنطقة على جانبي الوصلة التي تكونت فيها شحنة الفراغ نتيجة هجرة الإلكترونات من البلورة (*P*) إلى البلورة (*N*) منطقة الإفراج (*Depletion Region*)



شكل (11-5)

كما ينشأ مجالاً داخلياً (يتجه من البلورة (N) إلى البلورة (P)) يستمر في التزايد باستمرار حدوث هجرة حاملات التيار بين البلورتين حتى يثبت عند قيمة محددة توقف على :

- نوع مادة شبه الموصل
- نسبة الشوائب (مستوى التعبيم)
- درجة حرارة الوصلة

حيث يزداد جهد الحاجز بزيادة نسبة الشوائب وارتفاع درجة الحرارة .

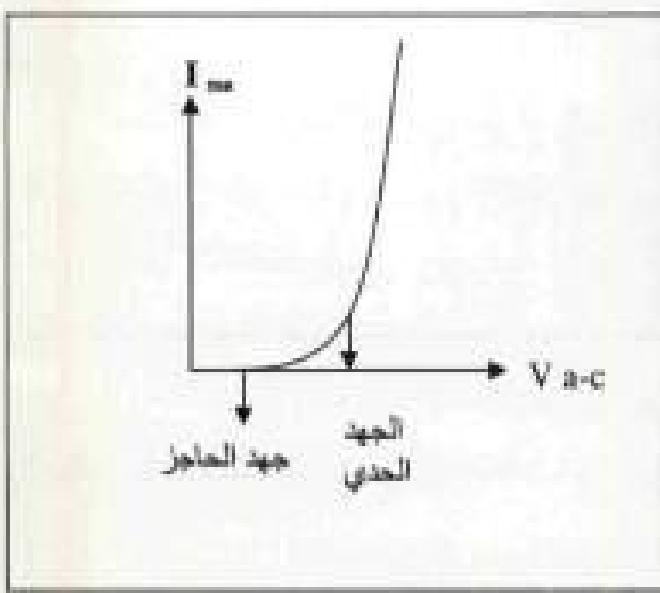
طرق توصيل الوصلة الثانية في الدوائر الكهربائية

بتم توصيل الوصلة الثانية (الدايمود) بطرفيتين

١ - طريقة الاتجاه الأمامي (الاتجاه الأمامي) للتوصيل (Forward Biasing)

من الجدير بالذكر أن البلورة الموجبة في الوصلة الثانية تسمى الأئد كما تسمى البلورة السالبة بالكافلود ويرمز للدايمود (الوصلة الثانية) بالشكل (11-5)

وفي هذه الطريقة يتم توصيل قطب الديايد بأقطاب البطارية المشابهة لروعه (يوصل الكافلود بالقطب السالب للبطارية ويوصل الأئد بالقطب الموجب للبطارية) وينتشر نتائج ذلك مجال كهربائي خارجي (E) شدته أكبر من المجال الداخلي (E') ومعاكس له في الاتجاه ، ويعمل المجال الكلي $(E - E')$ على دفع حاملات (ناقلات) التيار للانتقال عبر الوصلة بسهولة وتفريق منطقة الإفراج حتى تكاد تلاشى وتختفي مقاومة الوصلة (الدايمود) بشكل كبير ويسرع التيار .



شكل (12-5)

ويمكن تمثيل تغير شدة تيار الوصلة (الدايمود) في حالة التوصيل الأمامي بتغيير فرق الجهد المسلط على طرفيها كما بالشكل (12-5)



و يلاحظ :

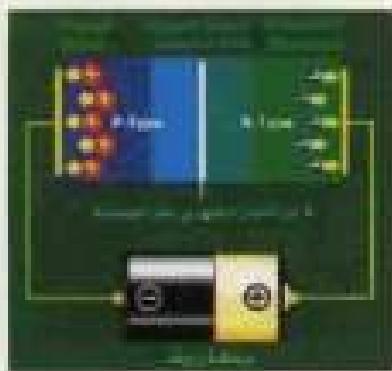
الوصلة لا تسمح بمرور تيار تقرباً طالما ($E \leq E$) أي عندما يكون الجهد المسلط على طرفيها أصغر من أو مساوياً لجهد الحاجز .

- وعندما يزداد فرق الجهد عن جهد الحاجز تحدث زيادة في شدة التيار وتبقى شدة التيار صغيرة بحيث لا تكون ذات فائدة تطبيقية .

- ويزادة فرق الجهد فإن عدد ناقلات التيار التي تجتاز الحاجز تزداد زيادة كبيرة ويطلق على **نقدار فرق الجهد الذي يصاحب حدوث زيادة سريعة وفاجحة في شدة التيار** الجهد الحدي (*Voltage Threshold*) وتختلف قيمة جهد الحاجز والجهد الحدي للمقايد باختلاف نوع مادة شبه الموصل المصنوع منه ودرجة الحرارة .

وصلة ثنائية من السيليكون	وصلة ثنائية من الجرمانيوم	
0.3	0.7	الجهد الحدي 7
0.1	0.4	جهد الحاجز 7

ب - طريقة الاتجاه العكسي (Reverse Biasing) للتوصيل



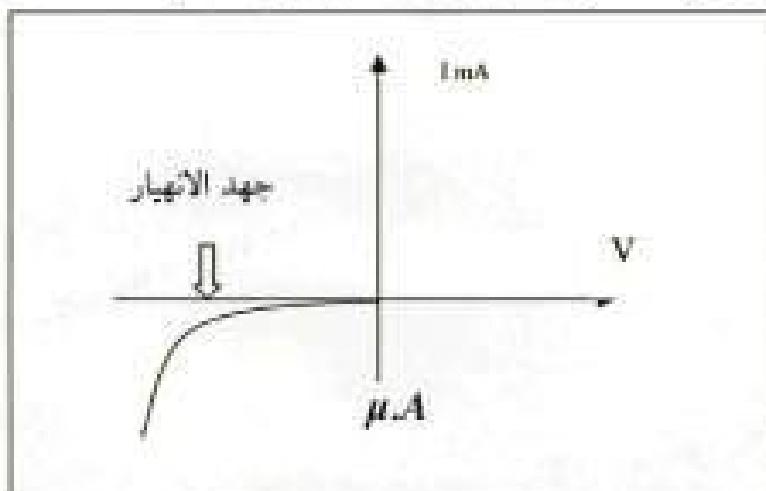
شكل (13-5)

يتم في هذه الطريقة توصيل الملوحة السالبة (الكافود) بقطب البطارية الموجب والملوحة الموجة (الأئود) بقطب البطارية السالب وينشأ عن ذلك مجال خارجي (E) شدة تفوق شدة المجال الداخلي (E) ويتحقق معه في الاتجاه ، ويدفع المجال الكلي حاملات (ناقلات) التيار للحركة باتجاه طرفي الوصلة متعددة عن منطقة الحاجز ، فتنسخ منطقة الإفراج وتزداد مقاومة الوصلة زيادة كبيرة ويصبح جهد الحاجز ، للوصلة مساوياً تقرباً للقوة المحركة الكهربائية للمنبع ويتمكن عدد ضئيل جداً

من حاملات التيار من احتياز منطقة الإفراج سبباً مرور تيار شدة صغيرة جداً (يقدر بالميكر أمبير) يسمى تيار التردد (وقيمة العملية صفر) ومهما زاد فرق الجهد بين طرفي الوصلة فإن شدة التيار العكسي (تيار التردد) تبقى ثابتة تقرباً وعند قيمة معينة لفرق الجهد العكسي تنهار مقاومة الموصى ويحدث لها تلف دائم ويسمى **(فرق الجهد العكسي للوصلة الثانية)** والذي يحدث عنه انهيار مقاومة الوصلة وتلف تلقائياً **(Break - Down Voltage)**.



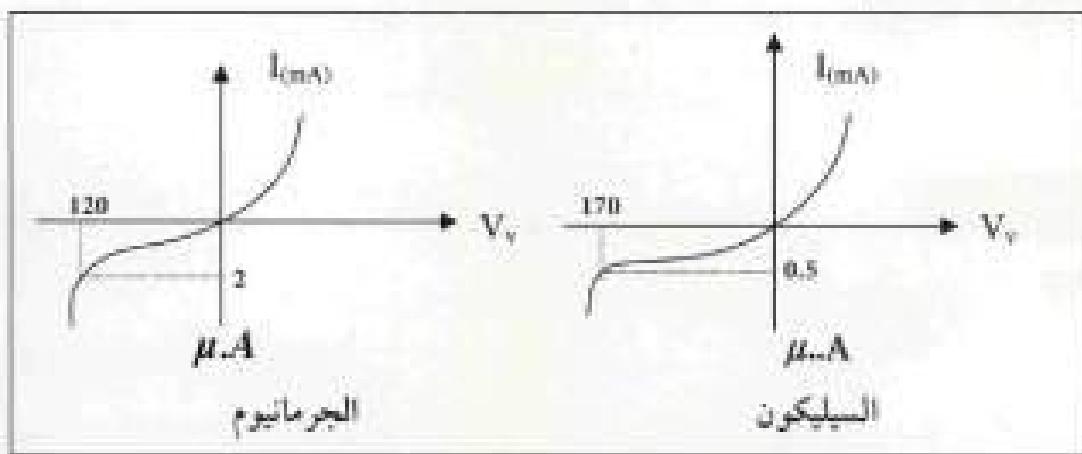
الشكل (5-14) يوضح علاقة فرق الجهد وشدة تيار الوصلة في حالة الاتجاه العكسي للتوصيل



شكل (5-14)

يلاحظ أن :

- * جهد الانهيار للوصلة الثانية من الخواص المميزة لها حيث يختلف باختلاف نوع مادة شبه الموصل ودرجة حرارتها، ويزداد ارتفاع درجة الحرارة الى زيادة شدة تيار التسريب.
- * ويمثل الشكل (5-15) منحنيا خواص وصلتين ثالثتين أحدهما مصنوعة من السيليكون والآخر من الجرمانيوم



شكل (5-15)

من المنحنيات السابقة يتضح لنا ان :

- * شدة تيار التسريب العكسي لوصلة السيليكون أصغر من شدة تيار التسريب لوصلة الجرمانيوم .
- * جهد انهايار وصلة السيليكون أكبر من جهد انهايار وصلة الجرمانيوم .

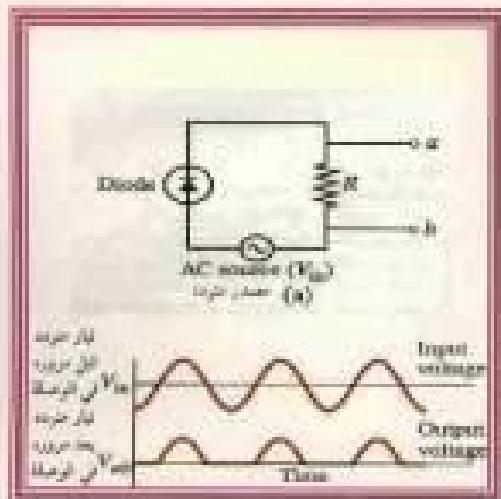


* وصلة الجرمانيوم أكثر حساسية لدرجات الحرارة حيث تحدث زيادة كبيرة في شدة تيار التسرب العكسي بارتفاع درجة الحرارة بينما وصلة السيليكون أقل حساسية وتحتمل درجات حرارة مرتفعة نسبياً.

* بالإضافة إلى رخص تكلفة صنع دايمود السيليكون جعل هذه الوصلة الأكثر استخداماً والأفضل في التطبيقات العملية لتقويم التيار المتردد.

استخدامات الوصلة الثانية (الدايمود)

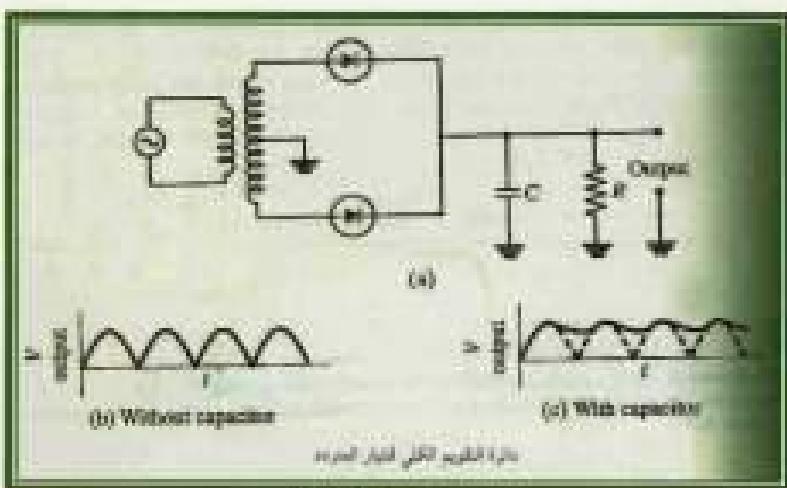
أ- التقويم النصف موجي :



شكل (16-5)

تستخدم الوصلة الثانية (الدايمود) كمقوم للتيار المتردد حيث تسمح هذه الوصلة بإamarار التيار عندما يكون وضع التوصيل (أمامياً) كما تقايض مرور التيار عندما يصبح وضع التوصيل (عكساً) وفي هذه العملية يتم تحويل التيار المتردد إلى نبضات كهربائية موحدة الاتجاه ويكون هذا التقويم نصف موجي (غير كامل) نظراً لمرور تيار التسرب العكسي (الذي تهمل قيمته غالباً).

ب- التقويم الموجي الكامل :



شكل (17-5)

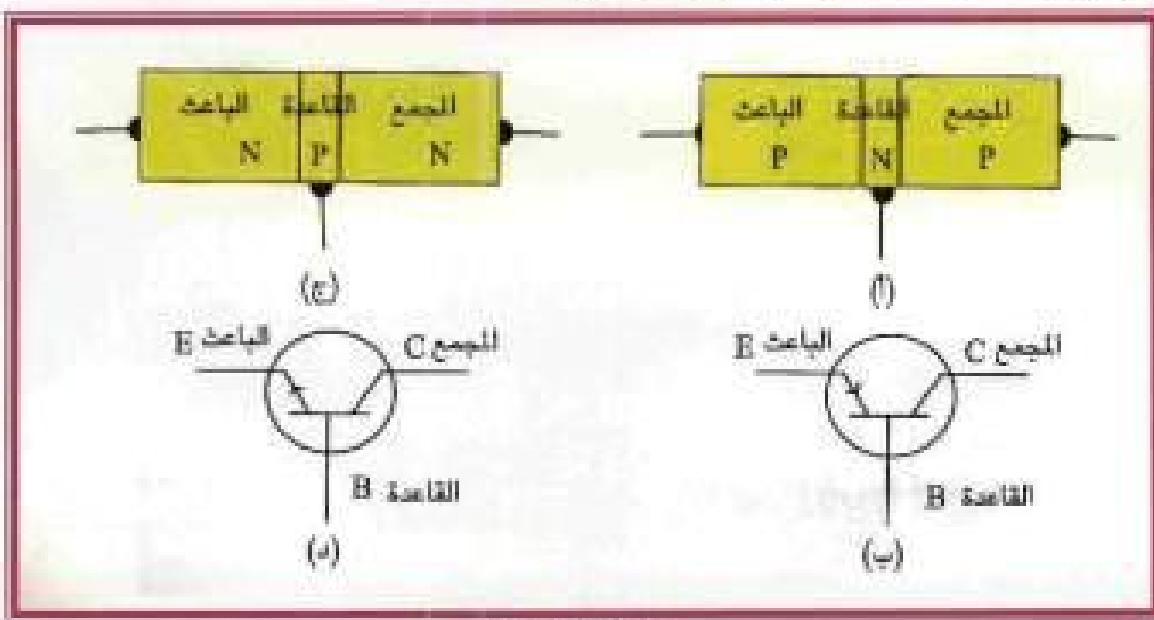
وللحصول على تقويم موجي كامل فإننا نوصل اثنين من الدايمود في دائرة التيار المتردد حيث ينقل التيار المتردد بوساطة محول كهربائي إلى دائرة التقويم ويتبادل الدايمودان وضع التوصيل عندما يكون أحدهما في وضع التوصيل الأمامي والآخر في وضع التوصيل العكسي.

عندذلك يسمح الدايمود في وضع التوصيل الأمامي بمرور الجزء الموجب من التيار ويمنع الآخر مرور الجزء السالب من التيار وعندما ينعكس اتجاه مرور التيار يتبادل الدايمودان عملهما وهكذا يسمحان معاً بمرور تيار في اتجاه واحد.



(٥-٥) الترانزستور

الترانزستور عبارة عن وصلة ثنائية مزدوجة تكون نتيجة حشر طبقة رقيقة جداً من ثقب موصل من نوع ما بين طبقتين متتماثلتين في النوع ومعايرتين لنوع الطبقة الواقعية (الوسطى) والترانزستور في ضوء ذلك نوعان (P - N - P ، N - P - N)



شكل (18-5)

وشكل (5-18) يوضح نوعي الترانزستور والرمز الاصطلاحي لكل منها .

ولكل بلورة من البلورات الثلاث خواص ووظائف مختلفة

1 - القاعدة (B)

هي البلورة الواقعية جداً والتي تمثل الطبقة الوسطى في الترانزستور وتميز بأنها أقل البلورات سمكًا وأقلها في نسبة الشوائب ومن ثم فهي أكبر البلورات مقاومة وأقلها في درجة التوصيل وهي دائماً من نوع مخالف لبلوري الطرفين .

2 - الباخت (E)

وهو أحد بلورتي الطرفين ويحتوي أعلى نسبة شوائب في وصلة الترانزستور ويميز على الرسم الاصطلاحي بوجود سهم يدل على اتجاه مرور التيار الاصطلاحي فيه كما أنه أكبر (حجماً) من سماكة القاعدة وأقل حجماً (سماكة) من المجمع .



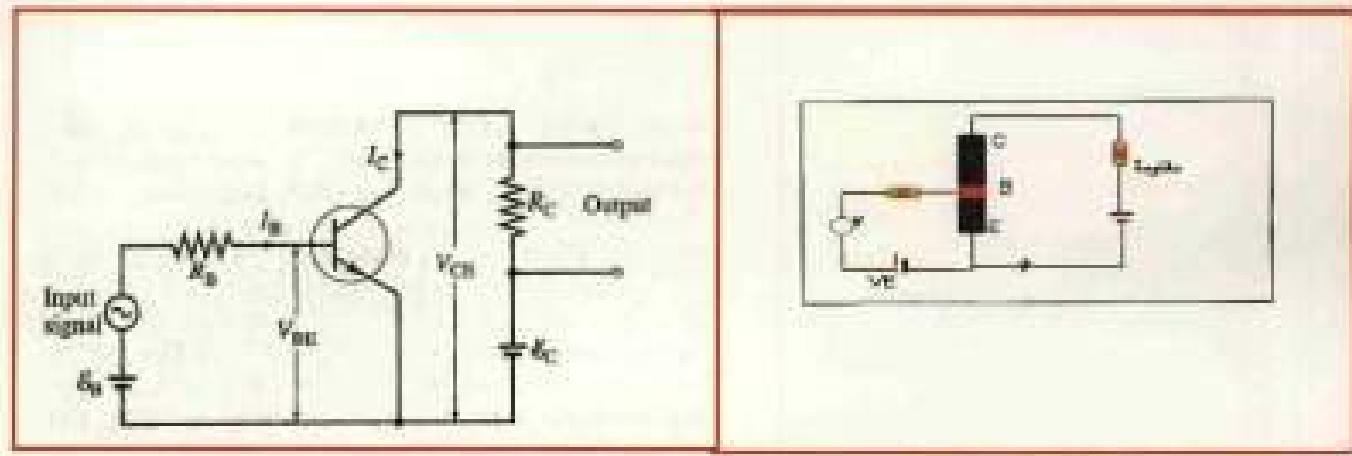
3 - المجمع (C) Collector

وهو البلورة الطرفية الأخرى المقابلة للباعث وهي ذاتها من نفس نوع الباعث ولكن نسبة شوانبه أقل وحجمه أكبر وعند التحام البلورات الثلاث تكون على جانبي البلورة الوسطى (القاعدة) منطقاً إفراغ كما يتكون حاجزاً جهد داخل الترانزستور ، وعادة يفضل استخدام الترانزستور المصنوع من السيليكون للأسباب التي سبق ذكرها .

استخدامات الترانزستور

للترانزستور استخدامات كثيرة فهو يستخدم في تكبير شدة التيار أو الجهد الكهربائي و القدرة الكهربائية و تختلف طرق تحويل الترانزستور بالكمية المراد تكبيرها و تعتبر طريقة الباعث المشترك (Common Emitter) أكثر الطرق شيوعا واستخداما ، وتستخدم في تكبير الجهد والقدرة الكهربائية .

(Common Emitter) طريقة الباعث المشترك



شكل (19-5)

في هذه الطريقة نحصل دائرة (الباعث . القاعدة . الانحياز) الأمامي التي تسمح بمرور التيار بينما توصل دائرة (الباعث - المجمع) بطريقة الاتجاه (الانحياز العكسي) والتي تعمل على مقاومة مرور التيار ونتيجة لأنها تضمن نسبة شوانب القاعدة وارتفاعها في الباعث ولأن القاعدة شريحة رقيقة (عالية المقاومة) فإن معظم تيار الباعث يتوجه نحو المجمع ويكون :

$$I_E = I_B + I_C \rightarrow I_E \equiv I_C$$

وعلى ذلك فإن شدة تيار المجمع أكبر كثيراً من شدة تيار القاعدة حيث ($I_e = \beta I_B$) حيث (β) معامل تكبير الترانزستور، وهو من الخواص المميزة للترايزستور وترواح قيمتها (من 10 إلى عدة مئات).

وعند وضع مصدر تيار متعدد بحيث يتصل بالقاعدة فإن أي تغير ضئيل في جهد هذا المصدر المتعدد يؤدي إلى سريلان تيار كبير من الباعث إلى المجمع مما يؤدي لحدوث تكبير للجهد والقدرة الناتجين والذي يمكننا الحصول عليهما من المقاومة (R) والشكل البياني (20-5) يوضح علاقة جهد القاعدة بكل من تيار المجمع وجده.

$$V_{out} = V_e = I_e R_e$$

$$V_e = V_B = I_B R_B$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \beta \frac{R_e}{R_B}$$

حيث (V_{out}) الجهد الخارج من المجمع ، (V_{in}) الجهد الداخل للقاعدة
 (R_e) مقاومة دائرة المجمع ، (R_B) مقاومة دائرة (الباعث - القاعدة)
 (β) معامل تكبير الترانزستور كما أن

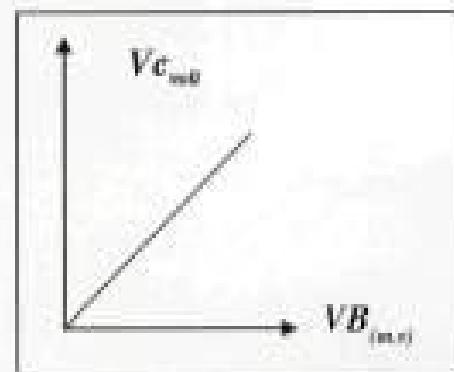
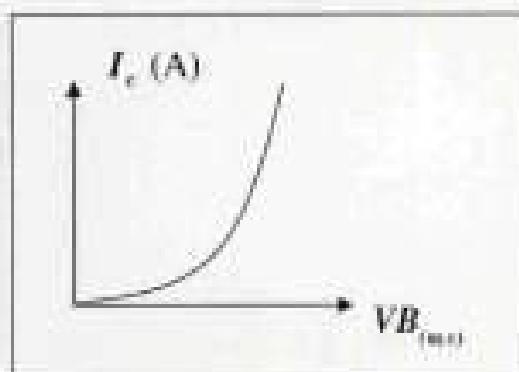
$$P_{out} = P_e = I_e^2 R_e = \beta^2 I_B^2 R_e$$

$$P_B = P_B = I_B^2 R_B$$

$$\frac{P_{out}}{P_B} = \beta^2 \frac{R_e}{R_B}$$

من المعادلتين يمكننا استنتاج أن

- دائرة الباعث المشتركة تكبر الجهد والقدرة
- نسبة التكبير في الجهد تناسب طردياً مع معامل التكبير (β) للترايزستور
- نسبة التكبير في القدرة تناسب طردياً مع مربع معامل التكبير للترايزستور (β^2)



شكل (20-5)



مثال ١-٥

في دائرة ياعت مثرك لترالزستور من نوع (N-P-N) كانت المقاومة المدمجة بدائرة الباعت - القاعدة (R_b) تساوي Ω (100) ودائرة (باعت - المجمع) R_s تساوي Ω (5) ومعامل تكبير الترانزستور (β) يساوي (200) احسب

- ١ - فرق الجهد الخارج (V_{out}) إذا كان فرق الجهد الداخلي (1) V
- ٢ - نسبة التكبير في القدرة الكهربائية .



$$V_{out} = \beta \frac{R_c}{R_b} V_{in} \quad - 1$$

$$= 200 \times \frac{5}{100} \times 1 = 10 \text{ (V)}$$

$$\frac{P_{out}}{P_{in}} = \beta^2 \cdot \frac{R_c}{R_b} = (200)^2 \times \frac{5}{100} = 2000 \quad - 2$$

مثال ١-٦

إذا كانت شدة التيار الباعت في دائرة قرالزستور mA (04) محصلة بطريقة الباعت المثرك وشدة تيار القاعدة mA (4) وكانت مقاومة (باعت - القاعدة) Ω (100) و مقاومة دائرة (باعت - المجمع) $K\Omega$ (50) احسب :

- ١ - معامل التكبير للترانزستور .
- ٢ - نسبة تكبير الجهد .
- ٣ - نسبة التكبير في القدرة .

$$1 - \because I_E = I_C + I_E \Rightarrow I_E = 40 - 4 = 36 \text{ mA}$$

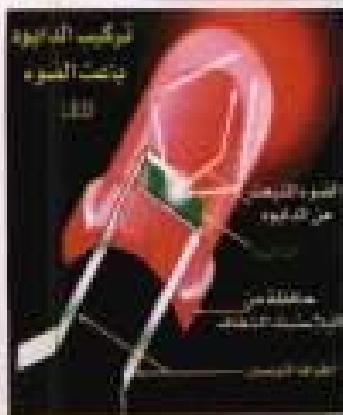
$$\therefore \beta = \frac{I_C}{I_E} = \frac{36}{4} = 9$$

$$2 - \because \frac{V_{out}}{V_{in}} = \beta \cdot \frac{R_C}{R_B} = (9) \times \frac{50 \times 10^3}{100} = 4500$$

$$3 - \because \frac{P_{out}}{P_{in}} = \beta^2 \cdot \frac{R_C}{R_B} = 9^2 \times \frac{50 \times 10^3}{100} = 40500$$



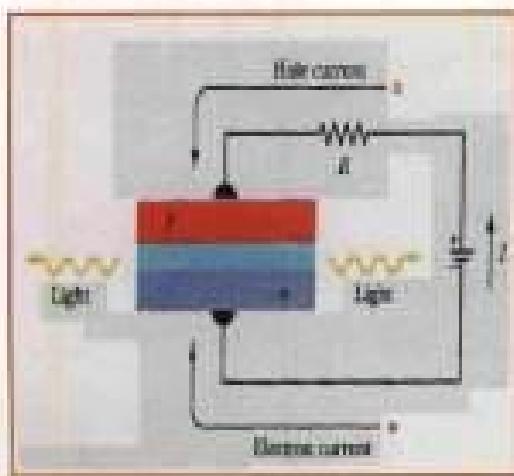
(6-5) الدايوه الباعث للضوء (L.E.D)



عبارة عن لبة ضوء إلكترونية لا تحتوي على فتيلة ولا تسخن ولكن تصدر الضوء من خلال حركة الإلكترونات في داخل مواد من أشباه الموصلات الشكل رقم (21-5)

فكرة عمل الدايوه الباعث للضوء :

الدايوه الباعث للضوء عبارة عن وصلة ثنائية عندما تتصل على التوالي مع مصدر كهربائي ومقاومة فإن الإلكترونات تتحرك عبر الوصلة في اتجاه الفجوات وعندما تتحد معها تفقد الإلكترونات طاقتها على شكل طاقة . إما أن تكون :



شكل (21b-5)

- حرارية كما يحدث في بعض أنواع من أشباه الموصلات مثل السيليكون أو الجرمانيوم .

- ضوئية (ابعاد ضوئي) كما في أنواع أشباه الموصلات مثل الجرمانيوم - زرنيخ (Ge-As) وسيكة جاليلوم - زرنيخ - فوسفور . (Ga-As-P) .

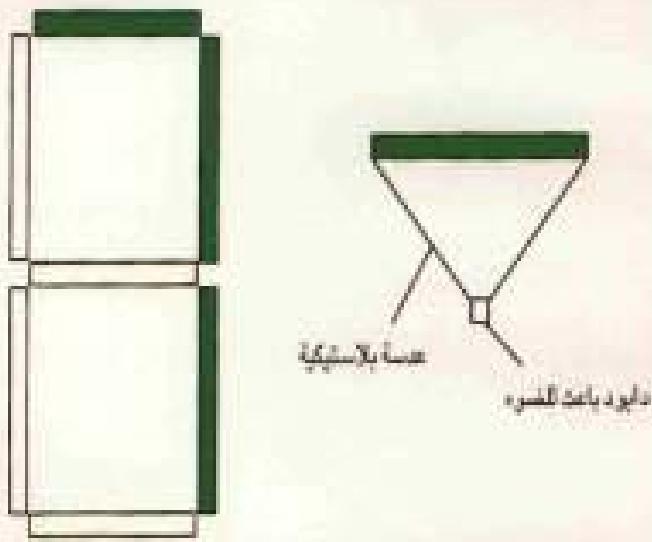
في الدايوه المصنوع من السيليكون يكون الفوتون المنطلق ذو طول موجي يقع في منطقة الأشعة تحت الحمراء من الطيف الكهرومغناطيسي ويستفاد من ذلك النوع في صنع الريموت كونترول .

واللحصول على وصلة دايوه تعطى ضوء مرجي يجب استخدام مواد يكون فيها فارق بالطاقة بين مدار الإلكترون في البلورة (N) والفتحة في البلورة (P) حيث التحكم في فارق الطاقة يحدد لون الضوء المنبعث من الدايوه .



ومن استخدامات الديايد الباخت للضوء، الساعات الرقمية وشاشة الآلة الحاسبة وشاشات العرض الكبيرة وإشارات المعرور ولعبات وطبع الاستعداد للتشغيل في الأجهزة مثل التلفاز والكمبيوتر والتلفونات النقالة.

وتعتمد فكرة الشاشات الرقمية على تركيب مجموعة من الديايد الباخت على شكل مكون من سبعه أضلاع كل ضلع منها عبارة عن سطح عدمة من البلاستيك موضوع الديايد في نهايته حيث يمكن إظهار الرقم المضي « من صفر إلى 9 يتوزع التيار الكهربائي على الديايد المناسب كما بالشكل (22-5) .



شكل (22-5)



السؤال الأول اكتب بين القوسين الاسم أو المصطلح العلمي الذي تدل عليه كل من العبارات التالية :

- 1 - حزمة من مستويات الطاقة القرية من بعضها والمتداخلة معا في مجموعة كبيرة من الذرات . (.....)
- 2 - مقدار الطاقة اللازمة لكي يتنقل الكترون في نطاق التكافؤ إلى نطاق التوصيل (.....)
- 3 - مواد تميز بعدم وجود نطاق محظوظ بين نطاقي التكافؤ والتوصيل . (.....)
- 4 - عناصر المجموعة الرابعة من الجدول الدوري حيث يمكن تغيير درجة توصيلها المكونية بتغيير درجة حرارتها أو تعطيمها . (.....)
- 5 - عملية يتم فيها إضافة ذرات عناصر فلزية ثلاثة التكافؤ أو لا فلزية خمسية التكافؤ بلورة شبه الموصل النقي . (.....)
- 6 - نوع من أشباه الموصلات ينتج من تعليم البلورة النقية بذرات من عناصر لا فلزية خمسية التكافؤ . (.....)
- 7 - نوع الشواب التي تتحدد إضافة ذراتها إلى البلورة النقية من أشباه الموصلات إلى ظهور الكترون حر . (.....)
- 8 - مستوى طاقة يتشكل من الإلكترونات الإضافية (الحرة) ويقع تحت نطاق التوصيل مباشرة حيث تتنتقل تلك الإلكترونات منه إلى نطاق التوصيل بفعل الحركة الاهتزازية للشبكة البلورية . (.....)
- 9 - نوع من أشباه الموصلات تتحدد من تعليم بلورة شبه الموصل النقي بذرات شواب ثلاثة التكافؤ . (.....)
- 10 - قطعة إلكترونية تتحدد من التحام بلورتين أحدهما من النوع الموجب والآخر من النوع السالب وبلورة أحادية يطعم أحد طرفيها بشواب مانحة والطرف الآخر بشواب متقبلة . (.....)
- 11 - منطقة على جانبي الوصلة الثانية تكونت فيها شحنة فراغية وتخلو من نوعي حاملات الشحنة . (.....)
- 12 - مقدار فرق الجهد المتشكل على جانبي الوصلة الثانية ويعمل على انتشار حاملات الشحنة بين البلورتين . (.....)
- 13 - مقدار فرق الجهد الذي يصاحبه زيادة سريعة وفجائية في شدة التيار الأمامي للوصلة الثانية . (.....)

- 14 - فرق الجهد (في التوصيل العكسي) بين طرفين الموصلة الثنائية والذي يحدث عنده انهيار لمقاومة الموصلة وتتلاطم تلقائيا . (.....)
- 15 - وصلة ثنائية مزدوجة تكون نتيجة حشر حلقة رقيقة جدا من شبه موصل من نوع ما بين طبقتين متماثلتين في النوع ومغایرتين لنوع الحلقة الوسطى . (.....)
- 16 - النسبة بين شدة تيار المجمع إلى شدة تيار الفاعدة عند توصيل الترانزستور بطريقة الباخت المشتركة . (.....)
- 17 - لمية الكترونية تصدر الضوء من خلال حركة الإلكترونات داخل وصلة ثنائية من أنباء الموصلات غير التقية . (.....)

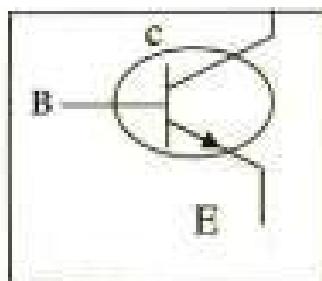
السؤال الثاني ضع بين القوسين علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (✗) أمام العبارة غير الصحيحة لكل مما يلى :

- 1 - في بلورة من الكربون (C₆₀) يتكون نطاق التكافؤ من تداخل عدد كبير من تحت المستوى (2p) . ()
- 2 - في بلورة شب الموصل التقى وفي درجة الصفر المطلق يكون نطاق التوصيل خاليا تماما من الإلكترونات . ()
- 3 - الكترونات نطاق التكافؤ هي نفسها الإلكترونات نطاق التوصيل في المواد الموصلة . ()
- 4 - في بلورة شب الموصل التقى وفي درجة حرارة الغرفة (300K) فإن نطاق التوصيل يكون ممثلا تماما بال الإلكترونات ونطاق التكافؤ فارغا . ()
- 5 - عند رفع درجة الحرارة للبلورة شب الموصل التقى عن درجة الصفر المطلق فإن مقاومتها الكهربائية تقل وتزيد درجة توصيلها الكهربائية . ()
- 6 - في بلورة شب الموصل من النوع السالب تكون الأغلبية لحاملات الشحنة من الإلكترونات لذلك تكون شحنتها سالبة . ()
- 7 - في بلورة شب الموصل من النوع الموجب تسمى الذرة الشائبة ذرة متقبلة لالإلكترونات . ()
- 8 - في البلورة الموجبة تكون التقويب في نطاق التكافؤ وفي البلورة السالبة تكون الإلكترونات بين نطاقي التكافؤ ، التوصيل . ()
- 9 - في الموصلة الثنائية تكتب البلورة الموجبة جهذا موجبا والبلورة السالبة جهذا سالبا . ()

- 10 - في التوصيل الأمامي للوصلة الثانية فإن العلاقة بين الجهد ، شدة التيار تتحقق قانون أوم :
- ()
- 11 - عند إضافة ذرات من الكربون إلى بلورة شبه موصل نقية من السيليكون فإن المقاومة الكهربائية للبلورة تقل ودرجة توصيلها تزيد .
- ()
- 12 - برفع درجة الحرارة فإن مقاومة الوصلة الثانية تزيد .
- ()
- 13 - يمكن ترقيب نسبة الشوائب في بلورات الترانزستور تنازلياً كمالي (باعت - مجمع - قاعدة)
- ()
- 14 - اتساع منطقة الإفراج المترکونة على جانبي سطح التلامس بين وصلة (القاعدة ، الباخت) وبين وصلة (القاعدة ، المجمع) متساو .
- ()
- 15 - يعتبر الجهد الحدي من الخواص المغيرة لنوع المادة المصنوع منها الوصلة الثانية .
- ()
- 16 - إذا كان تكبير القدرة في الترانزستور المتصل بطريقة الباخت المشترك يساوي (155) وتکبير الجهد يساوي (4) فإن معامل التكبير في الترانزستور يساوي (5) .
- ()
- السؤال الثالث** أكمل العبارات العلمية التالية بما تراه مناسبا :
- 1 - يمكن تحديد الصفات الكهربائية لمادة من معرفة مقدار بين نطاقي التكافؤ ، التوصيل .
 - 2 - عند رفع درجة الحرارة لبلورة من شبه الموصل الثنائي عن درجة الصفر المطلق يتكون فيها زوج من
 - 3 - يصعب تمييز نطاقي التكافؤ ، التوصيل في المواد
 - 4 - تقل المقاومة الكهربائية لأنباء الموصلات النقية كلما أو
 - 5 - الفجوة في بلورة شبه الموصل من النوع الموجب تكون نتيجة نقص
 - 6 - بزيادة نسبة الشوائب (مستوى التطعيم) في الوصلة الثانية فإن جهد الحاجز
 - 7 - الذرة الشائبة التي تطعم بها بلورة شبه الموصل الثنائي لتصبح بلورة من النوع السالب تسمى بالذرة
 - 8 - اتساع منطقة الإفراج المترکونة بين القاعدة المجمع يكون اتساع منطقة الإفراج المترکونة بين القاعدة ، الباخت في الترانزستور .

9 - الترانزستور العيين بالشكل المقابل من النوع

10 - في الوصلة الثانية تكتب البلورة السالبة جهدا



11 - في الوصلة الثانية بالتحول العكسي يكون اتجاه المجال الداخلي الممكّون بسبب جهد الحاجز اتجاه المجال الخارجي الممكّون عن المنع .

12 - قيمة الجهد الحدي في الوصلة الثانية المصنوعة من الجرمانيوم من قيمة الجهد الحدي للوصلة الثانية المصنوعة من السيليكون .

السؤال الرابع ضع علامة (✓) في المربع المقابل لأثبت إجابة مما يلي :

(1) عند استخدام ذرات من الكربون كشوائب تعزم بها بلورة شبه موصل من السيليكون فإننا نحصل على بلورة شبه موصل :

موصلة ومن النوع الموجب . موصلة ومن النوع السالب .

عازلة في درجة الصفر المطلق . موصلة في درجة الصفر المطلق .

(2) عند استخدام بلورة شبه موصل نقية في درجة حرارة الغرفة يكون عدد الفجوات بالنسبة لعدد الإلكترونات الحررة :

عدد الإلكترونات أكبر . متساوية .

لا يوجد الإلكترونات أو فجوات . عدد الفجوات أكبر .

(3) يمكن تحديد الخواص الكهربائية لبلورة شبه موصل من معرفة :

طاقة الفجوة . نسبة الشوائب بها .

درجة الحرارة المستخدمة عندها . جميع ما سبق .

(4) عند استخدام بلورة شبه موصل من النوع السالب في درجة حرارة الغرفة وتنصل مع مصدر تيار مستمر فإن التيار يمر بها من خلال :

حركة الإلكترونات مع اتجاه المجال والفجوات ظاهرة عكس اتجاه المجال .

حركة الإلكترونات عكس اتجاه المجال والفجوات ظاهرة مع اتجاه المجال .

(5) في الوصلة الثانية وعلى جانبي سطح الاتصال بين البلورتين تكتب البلورة :

- السالبة جهذاً سالباً والموجة جهذاً موجاً . السالبة جهذاً موجاً والموجة متعدلة كهربياً .
 السالبة جهذاً موجاً والموجة جهذاً سالباً . الموجة جهذاً سالباً والسالبة متعدلة كهربياً .

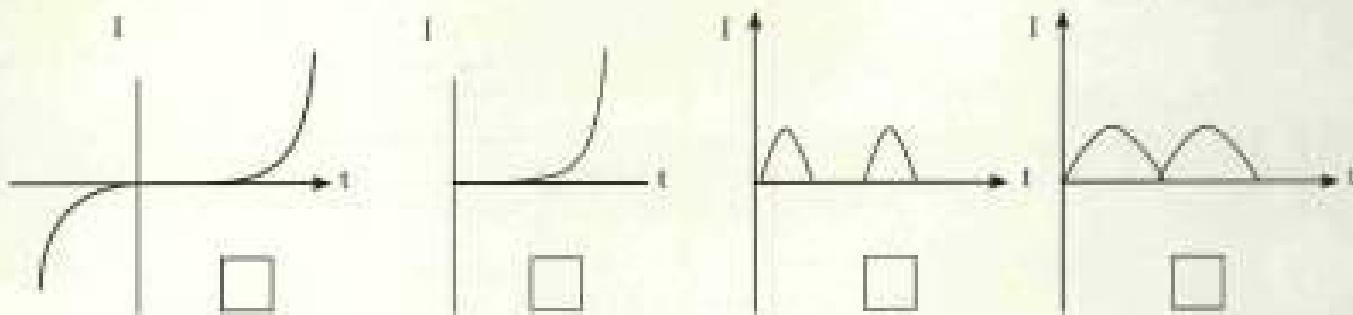
(6) يتوقف مقدار جهد الحاجز المذكور جانبي سطح الاتصال في الوصلة الثانية على :

- نوع مادتي شبه الموصل في البلورتين . نسبة الشوائب في البلورتين .
 جميع ما سبق . درجة الحرارة .

(7) تتحدد الخواص الكهربية للوصلة الثانية بمعرفة :

- الجهد الحدي وجهد الانهيار . الجهد الحدي وجهد الانهيار وتيار الترسيب العكسي .
 جهد الحاجز وشدة التيار الأمامي . جميع ما سبق .

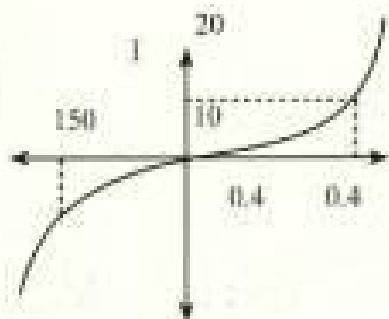
(8) أفضل خط يائي يمثل علاقة شدة التيار ، الزمن عند استخدام وصلتين ثانويتين يتصلان على التوازي معانقريم المتردد .



(9) تقل مقاومة الوصلة الثانية للتيار الكهربائي إذا :

- وصلت توسيلاً عكسياً . انقصت درجة حرارتها .
 زادت درجة حرارتها . زادت نسبة الشوائب بها .

(10) عند تمثيل العلاقة بين شدة التيار العار في وصلة ثانية وفرق الجهد المطبق بين طرفيها حصلنا على المنحنى الموضح بالشكل المقابل ومنه يكون الجهد الحدي وجهد الانهيار على الترتيب بوحدة الفولت متساوياً :



جهد الانهيار	الجهد الحدي	الإجابة
150	0.7	<input type="checkbox"/>
150	0.4	<input type="checkbox"/>
0.4	0.7	<input type="checkbox"/>
صفر	0.7	<input type="checkbox"/>

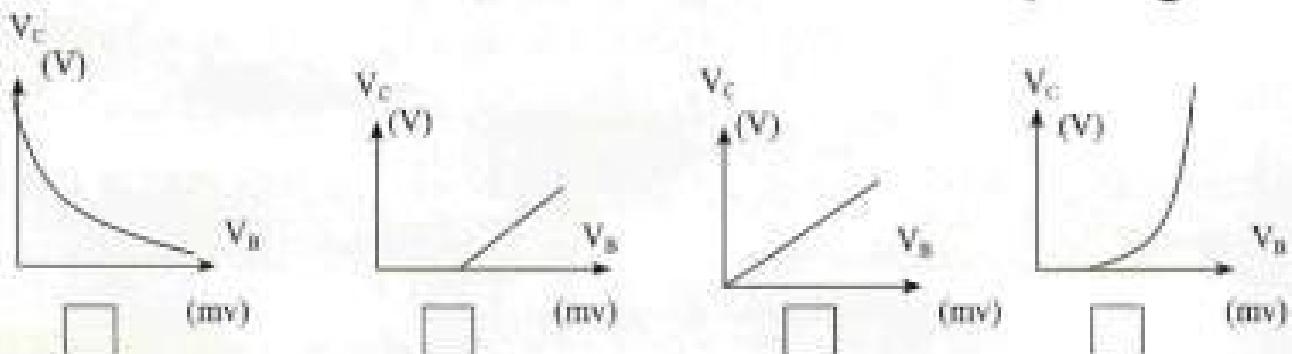
(11) إذا تغيرت شدة التيار المدار في دائرة (باعث - قاعدة) بمقدار 2 A^2 . حدث تغير في شدة التيار في دائرة (المجمع - باعث) بمقدار 8 mA . ونسبة مقاومتي القاعدة، المجمع على الترتيب هي : 100 فإن التكبير في الجهد يساوي :

10^3 10^4 10^5 10^2

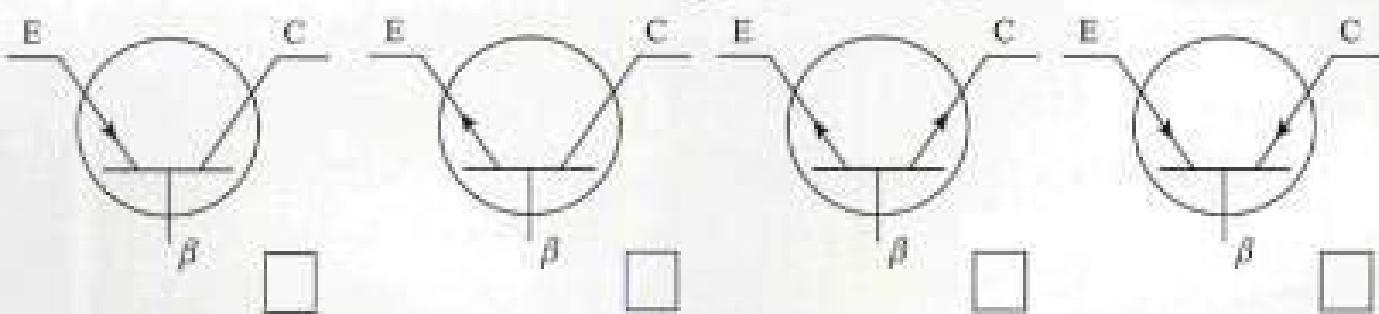
(12) عند توصيل الترانزستور بطريقة الباعث المشترك فإنه يتم توصيل :

- الباعث - قاعدة أمامياً والمجمع - باعث أمامياً.
- الباعث - قاعدة عكضاً والمجمع - باعث أمامياً.
- الباعث - قاعدة أمامياً والمجمع - قاعدة عكضاً.
- الباعث - قاعدة عكضاً والمجمع - قاعدة عكضاً.

(13) عند توصيل الترانزستور بطريقة الباعث المشترك فإن العلاقة بين جهد القاعدة (V_B) وجهد المجمع (V_C) هي :



(14) أحد الأشكال التالية يمثل ترانزستور من النوع NPN :



(15) يمكن ترتيب نسبة الشوائب في مكونات الترانزستور تنازلياً كما يلي :

. $E - C - B$. $B - C - E$

. $C - B - E$. $B - E - C$

السؤال الخامس : علل لعوامل تعليلًا علميًّا دقيقًا :

- 1 - بلوحة شبه الموصل النقي في درجة الصفر المطلق تكون عازلاً مثالياً .
- 2 - عند تعليم بلوحة شبه موصل نقي فإن الشوائب المستخدمة يراعى أن تكون من المجموعة الخامسة أو الثالثة فقط .
- 3 - يفضل استخدام الوصلة الثانية المصموعة من السيليكون في التطبيقات العملية عن استخدام الوصلة المصموعة من الجرمانيوم .
- 4 - يزيد جهد الحاجز في الوصلة الثانية برفع درجة الحرارة .
- 5 - يوجد بوصلة الترانزستور جهد حاجز .
- 6 - تكبير القدرة في الترانزستور أكبر من تكبير الجهد .
- 7 - عند توصيل الترانزستور بطريقة الباعث المشترك فإن غالبية تيار الباعث يكون باتجاه المجمع ونسبة صغيرة (2%) تقريباً تكون باتجاه القاعدة .
- 8 - تقويم الوصلة الثانية للتيار المتزدوج نصف موجي غير كامل .
- 9 - تزيد درجة التوصيل الكهربائي ببلورة شبه موصل نقي إذا رفعت درجة حرارتها .
- 10 - يراعى عند استخدام الوصلة الثانية (الدايود) في التطبيقات العملية دمج مقاومة كبيرة على التوالى معها تسمى بمقاومة الحمل (Load) .

السؤال السادس :

- (أ) اشرح مع رسم الدائرة الكهربائية :
- 1 - طريقة لاستخدام الوصلة الثانية لتقويم التيار المتزدوج تقويمها موجياً كاملاً مع رسم العلاقات البيانية التي توضح علاقة شدة التيار مع الزمن قبل وبعد التقويم .
 - 2 - طريقة توصيل وصلة ثلاثة (ترانزستور) من النوع N-P-N بطريقة الباعث المشترك مع رسم اتجاهات التيار على أجزاء الدائرة مبيناً (I_1 , I_2 , I_3) .
 - 3 - طريقة التوصيل الأمامي للوصلة الثانية موضحة اتجاهات المجالات الكهربائية (داخل ، خارج) الوصلة واتجاه حركة حاملات التيار .
- (ب) - الدايوه الباعث للضوء، يعتبر من التطبيقات العملية لاستخدامات أشباه الموصلات غير النقيه اشرح الفكرة العلمية التي يعمل بها وكيف يمكن التحكم في ألوان الضوء الصادر منه .

السؤال الرابع

أولاً : ترانزستور وصل بطريقة الباعث المشترك فإذا كانت شدة تيار المجمع 98% من تيار الباعث وتساوي $A = 35m$ ومقاومة دائرة (الباعث - قاعدة) ($R_B = 1K\Omega$) ومقاومة دائرة (المجمع - باعث) تساوي $R_E = 5K\Omega$ أوجد :

1 - معامل التكبير للترانزستور .

2 - نسبة التكبير في فرق الجهد الكهربائي .

3 - نسبة التكبير في القدرة الكهربائية .

4 - مقدار التغير في تيار المجمع إذا وضع مصدر متعدد في دائرة القاعدة يتغير تياره بمقدار $2.5\mu A$

50 - 250 - 12500

ثانياً : في الشكل المقابل يمثل ترانزستور من النوع N.P.N

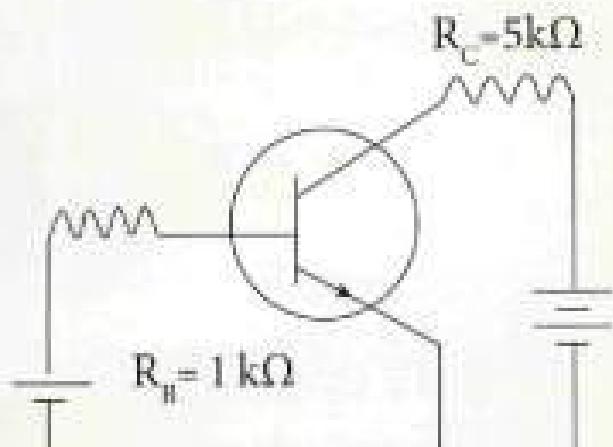
ادرس الشكل وحدد على الرسم اتجاهات (I_C , I_E , I_B)

إذا كانت القدرة المعروفة في مقاومة المجمع تساوي ($200 W$) ونسبة التكبير بالترانزستور تساوي (10) ، احسب :

1 - شدة تيار القاعدة وتيار الباعث .

2 - القدرة المغذية للقاعدة .

3 - التكبير بالجهد

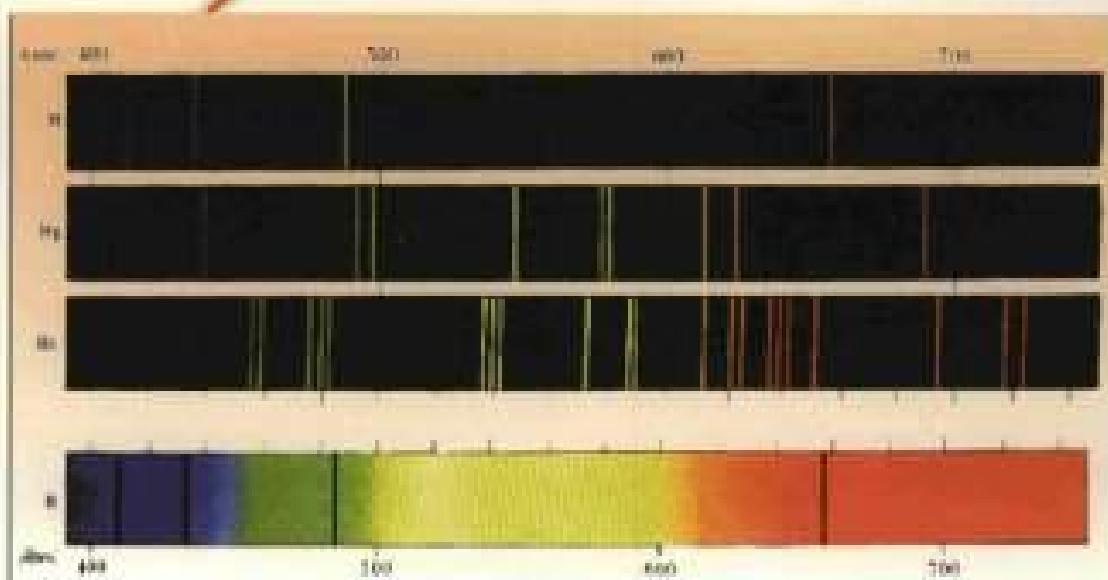


0.02A - 0.22A - 0.4W - 50

الفصل السادس

الظاهرة الكهروضوئية

The photoelectric effect



يهدف هذا الفصل إلى دراسة الظاهرة الكهروضوئية ونظرية الفوتون وتفسير الظاهرة الكهروضوئية وكذلك يدرس الظاهرة الكهروضوئية العكسية وتوليد الأشعة السينية والليزر وخصائصها وتطبيقاتها العلمية والمحترفة .



تمهيد :

(1-6)

قسمت الفيزياء التقليدية الأنظمة الفيزيائية إلى قسمين متباينين هما : النظام المادي والذى يتميز بكتلته وكمية حركته وطاقته ، والنظام الموجى (عبارة عن اضطراب متقل) والذى يتميز بتردداته وطول موجته وسرعة انتشاره . ولقد انفرد النظام الموجى بثلاث ظواهر أساسية لا يشار�ه فيها النظام المادى ، وهي ظاهرة التداخل (عبارة عن تراكيب الموجات) ، وظاهرة الحيود (عبارة عن انعكاف الموجة من حول العائق في مسار انتشارها) وظاهرة الاستقطاب (عبارة عن الاتجاه المحدد لتدفق الموجة) .

ولقد مثلت هذه الظواهر حدا فاصلا لا يمكن تجاوزه بين الأنظمة المادية والأنظمة الموجية ، غير أن هذا الجدار ما لبث أن أخذ بالتداعى والانهيار منذ أن أعلن بذلك فرضه الجريء المتعلق بتبادل الطاقة بين المادة والإشعاع ، والذي بين فيه أنه لا يمكن تفسير الطريقة التي تتوزع بها الطاقة للإشعاع على الترددات المختلفة ، إلا إذا افترض أن طاقة الإشعاع تتقل من المادة إلى الإشعاع والعكس على هيئة كمات (حزم) محددة الطاقة ، وأن كل كمة تحمل طاقة متناسبة مع تردد الموجة الكثيرة ومتناهية $E = h\nu$.

لقد تمكّن بور من تفسير الطيف الخطي للزرة الهيدروجين باستخدام فرض بذلك في نكبة الإشعاع . كما استطاع اينشتين فيما بعد تفسير الظاهرة الكثيرة وضوئية اعتماداً على هذا المبدأ . لقد جاء تفسير اينشتين لا يعزز فرض بذلك فحسب ، وإنما ليضع الصفة الجسيمية للإشعاع ، ومهد السبيل لكتابيرون لإقامة الدليل القاطع على هذه الصفة ، وكما سترى في هذا الفصل أن الصفة المزدوجة للإشعاع قد حللت المادة أيضاً .

وأصبحنا في الوقت الحاضر نعامل المادة والإشعاع من منظور هذه الثنائية .

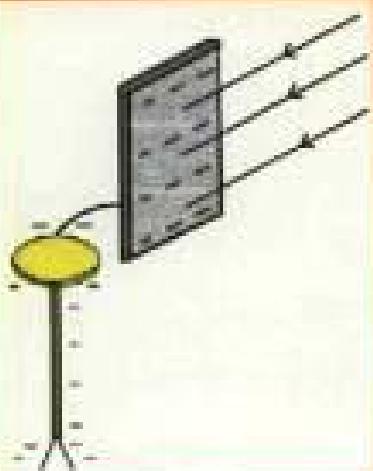


(The photoelectric effect) ظاهرة الكهروضوئية

(2 - 6)

في العام (1887) ميلادي اكتشف العالم الفيزيائي هرتز (Hertz) أن الضوء إذا سقط على سطح صفيحة من مادة فلزية ، فإنه يسبب في انطلاق الإلكترونات من سطح الصفيحة .

نشاط (1)



عند تثبيت صفيحة من الزنك المثجونة بشحنة سالبة بفرص كشاف كهربائي شكل (6 - 1) ، فإن ورقة الكشاف تتحرّك . فإذا سلط على صفيحة الزنك أشعة فوق بنفسجية ، فإن الفراج الورقيين يقل بالتدريج ، وإذا ما استمر سلط هذه الأشعة على الصفيحة لا تثبت الورقان أن تتطبع ، ثم تبدأ بالانفراج التدريجي مرة أخرى باستمراً سلط الأشعة على الصفيحة .

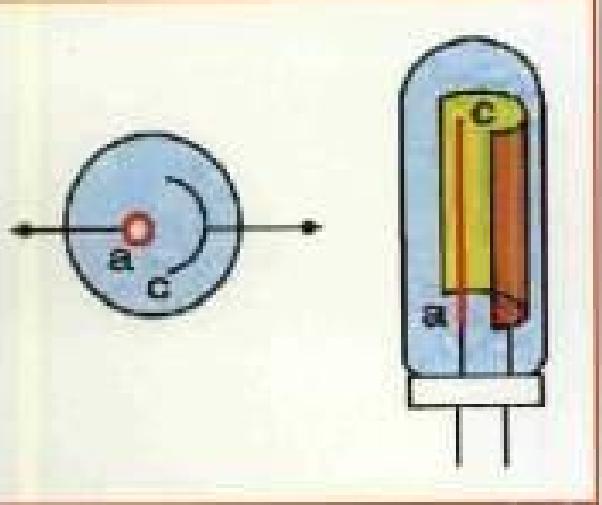
شكل (1-6)

وعند دراسة هذه الظاهرة لوحظ أن جميع سطوح الفلزات لها هذه الخاصية إذا ما سقط عليها الضوء المناسب . والمقصود بالضوء المناسب هو الأشعة أو الموجات الكهرومغناطيسية التي لها التردد المناسب لذلك الفلز ، هذه الإلكترونات التي تتعلق بتأثير سقوط الضوء أطلق عليها الإلكترونات الضوئية (Photo Electrons) .

أما الظاهرة فتعرف بظاهرة الآبعاث الكهروضوئي ، وبهذا فإن ظاهرة الآبعاث الكهروضوئي تعرف كالتالي : هي ظاهرة آبعاث أو انطلاق أو تحرير الإلكترونات من سطح الفلزات عندما تُسقط عليها الأشعة الكهرومغناطيسية المناسبة .

(Photo electric Cell) الخلية الكهروضوئية

وقد تم الاستفادة العملية والتجارية من هذه الظاهرة في صنع الخلية الكهروضوئية ، والتي تتركب من الأجزاء التالية كما في شكل (2-6) :

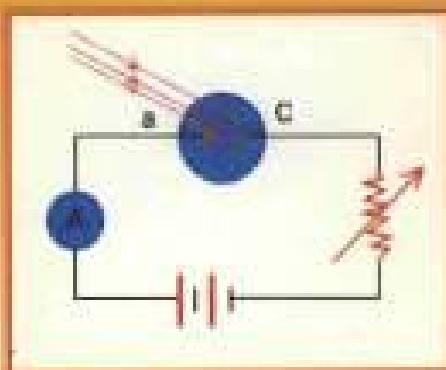


شكل (2-6)



- 1 - الاستفاغ الزجاجي (أو من الكوارتز) المغريغ من الهواء وسبب ذلك هو السماح للأشعة بال النفاذ خلاله ، وتنقليل تصادم الإلكترونات الضوئية مع جزيئات الهواء وضمان عدم إعاقتها .
- 2 - صفيحة معدنية مغيرة يطلى سطحها الداخلي بطبقة رقيقة من السيريوم (أو أي فلز قلوي يضرر بتأثيره بالضوء ، وتنطلق منه الإلكترونات بشكل أكبر من الفلزات الأخرى) ، ويطلق على الصفيحة الكاثود .
- 3 - الأنود ويشتم من سلك معدني أو شبكة صغيرة القطر وتوضع أمام الكاثود وتصببها بهذا الشكل لكي لا تحجب الضوء (الأشعة) الساقط على سطح الكاثود ، وأيضاً لتجمیع الإلكترونات المنبعثة من الكاثود .
- 4 - القاعدة العازلة وهي لتشییت عناصر الخلیة الكهروضوئیة ، كما يعرّف من خلالها مسماها التوصیل للأنود وللکاثود عند إدخال الخلیة ضمن دائرة كهربائية .
لاحظ أن الكاثود متصل تماماً عن الأنود ، وتنصل الإلكترونات من الكاثود فجزءاً عبر الفراغ بينهما حتى تصل إلى الأنود .
توصیل الخلیة الكهروضوئیة بدائرة كهربائية :

نشاط (2)



شكل (3-6)

تكون دائرة كهربائية كما بالشكل (3-6) ولا حظ قراءة الجلفانومتر أو (المilli أمبير) .
أنفط ضوءاً ماسباً على كاثود الخلیة ، ولا حظ ماذا يحدث لقراءة الجلفانومتر .
زد من شدة الضوء الساقط ، ولا حظ قراءة الجلفانومتر .
ماذا تنتج من ذلك؟

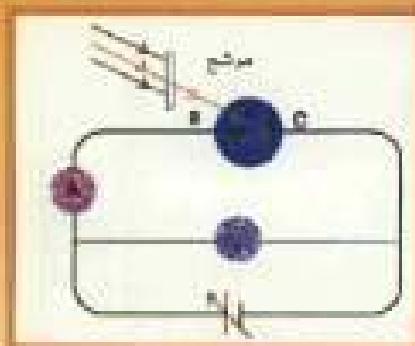
عند منفوت الضوء على الكاثود الخلیة الكهروضوئیة تنطلق الإلكترونات الضوئية من سطحه وحيث إن الأنود يكون ذا جهد موجب فإن الإلكترونات تتجذب إليه مسببة مرور التيار الكهربائي ، ولاحظ ذلك من قراءة الجلفانومتر (أو المilli أمبير) . وتزيد شدة التيار المار بالدائرة بزيادة شدة الضوء الساقط على سطح الكاثود للخلیة الكهروضوئیة .



تجارب الآبعات الكهروضوئية :

أولاً : العلاقة بين شدة الضوء على سطح الفلز ، والمعدل الزمني لآبعات الإلكترونات الضوئية منه :

نشاط (3)



شكل (4-6)

إذ أتمت توصيل الدائرة كما بالشكل (4-6) وحيث جهد الألود عند قيمة مناسبة ، تم سلط ضوء أحادي اللون (أشعة ضوئية ذات تردد محدد) ، وكانت شدة الضوء المسلط (7) مثلاً ، فإن تياراً كهروضوئياً شدته (I) ، سوف يمر في دائرة الخلية .

إذا تغيرت شدة الضوء المسلط على كاثود الخلية إلى (2T) فإن شدة التيار الكهروضوئي تتغير بنفس النسبة إلى (2I) ، وكذلك الحال إذا كانت شدة الضوء (3T) ، فإن شدة التيار تصبح (3I) ، وذلك يدل على أن شدة التيار الكهروضوئي تناسب طردياً مع شدة الضوء المسلط على كاثود الخلية الكهروضوئية .

ويمكن التعبير عن علاقة شدة التيار الكهروضوئي مع شدة الضوء المسلط بياناً كما بالشكل (5-6) .

من دراستك السابقة تعلم أن :

$$I = \frac{Q}{t}$$

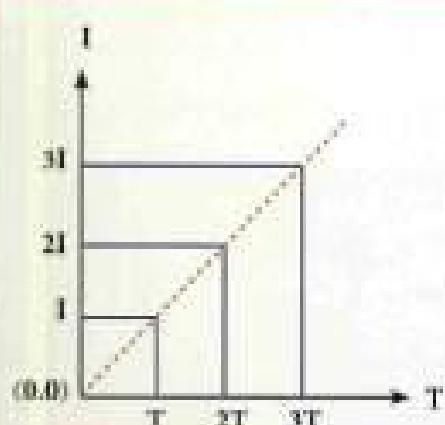
وحيث إن :

$$Q = Ne$$

حيث (N) عدد الإلكترونات المنبعثة

$$\therefore I = \frac{Ne}{t}$$

$$\therefore I = \frac{\text{عدد الإلكترونات المنبعثة (N)}}{t} \times c$$



شكل (5-6)



ولكن :

• (نحنة الإلكترون) مقدار ثابت ، كما أن الكسر $\frac{\text{عدد الإلكترونات المتبعة}}{(N)}$ يطلق عليه اسم المعدل الزمني لابعات الإلكترونات الضوئية إذن :

ثابت \times المعدل الزمني لابعات الإلكترونات الضوئية . $I =$

المعدل الزمني لابعات الإلكترونات الضوئية . $I \propto$

ونستنتج مما سبق أن :

المعدل الزمني لابعات الإلكترونات الضوئية من سطح فلز ما ، يتاسب طردياً مع شدة الضوء الساقط على سطح الفلز .

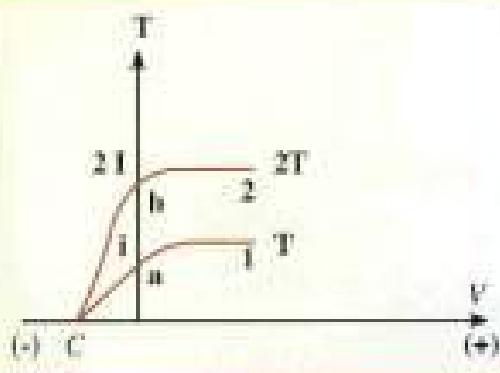
ثانياً : علاقة شدة التيار الكهروضوئي بجهد الأئود .

نشاط (٤)

في الشكل (٦-٤) الموضح لدائرة الخلية الكهروضوئية قم بالخطوات التالية :

- 1 - سلط ضوءاً على كاثود الخلية الكهروضوئية ، ولتكن شدته ثابتة خلال إجرائك النشاط .
- 2 - غير جهد المصدر حتى تظهر قراءة فرق الجهد (٧) بين طرفي الخلية الكهروضوئية متساوية للصفر ، ثم سجل قيمة شدة التيار الكهروضوئي من المعلمي أمير .
- 3 - غير جهد المصدر قليلاً ، وسجل بعد ذلك قراءة الجهد وشدة التيار الكهروضوئي .
- 4 - زد بنفس الطريقة قيمة فرق الجهد (جهد الأئود) وسجل القراءات كالسابق .
- 5 - انخفض الجهد للأئود حتى الصفر ثم اعكس وضع البطارية بحيث يتضمن جهدها السالب بسمار الأئود واتبع نفس الخطوات السابقة .
- 6 - كرر الخطوات السابقة باستخدام ضوء شدته أكبر مما سبق مع تسجيل قراءتي الفولتميتر والمعلمي أمير .

إذا كانت شدة الضوء الساقط على كاثود الخلية الكهروضوئية ثابتة (T) وتم زيادة الجهد المرجع للأئود ابتداءً من الصفر فإن شدة التيار الكهروضوئي تبدأ من قيمة موجبة (النقطة (a) على المنحنى (1)



شكل (6-6)

(الشكل (6-6)) هذا يعني أن الضوء الساقط على كاثود الخلية تسبب في انتراغ بعض الإلكترونات الضوئية من سطح الفلز وأمد بعضها بطاقة حرارية كافية لكي تصل إلى الأئد فتر تيار كهرومغناطي بالدائرة على الرغم من كون الأئد ذات جهد مساوي الصفر.

وبزيادة مقدار فرق الجهد (الجهد الموجب للأئد)

بالتدريج فإن شدة التيار المدار بالدائرة تزيد حتى تصل قيمة

ثابت عندها ، على الرغم من الاستمرار بزيادة جهد الأئد وهذه القيمة لشدة التيار تسمى (شدة تيار التشبع) . وتفصير ثبات قيمة شدة التيار هو أن أئد الخلية الكهرومغناطيسية يكون قادرًا على احتداب جميع الإلكترونات الضوئية المنبعثة من الكاثود في جميع اللحظات المتتابعة ثم أن عدد الإلكترونات يثبت بحيث « لا يزيد مهما زاد الجهد الموجب للأئد » .

أما عند توصيل الأئد بالقطب السالب للبطارية فإن جهده يصبح مالبًا ، وبزيادة القيمة المطلقة لجهد الأئد ، فإن شدة التيار الكهرومغناطي تقل بالتدريج إلى أن تصبح متساوية للصفر (عند نقطة C) .

أما إذا زيدت شدة الإضاءة الساقطة على كاثود الخلية إلى (2T) فإن شدة التيار الكهرومغناطي تزداد حتى عندما يكون جهد الأئد (فرق الجهد) مساوية الصفر ، ذلك لأن عدد الإلكترونات التي تصل إلى الأئد أصبح أكبر مما سبق .

وبزيادة الجهد الموجب للأئد تزيد كذلك شدة التيار الكهرومغناطي حتى تصل إلى قيمة جديدة هي (2T) (شدة تيار التشبع) الجديدة .

والجدير بالذكر أن في هذه الحالة (2T) يكون جهد الأئد السالب قد أعطى قراءة لشدة التيار متساوية للصفر عند نفس قيمة الجهد السالب ، باستخدام شدة الضوء الأقل (نقطة C) يسمى الجهد السالب للأئد الذي تصبح عنده شدة التيار الكهرومغناطي متساوية الصفر (بحيث الإنقاف أو جهد القطع) ويعرف كالتالي : *Stopping Potential*

هو أقل جهد سالب (فرق جهد بينقطي الخلية الكهرومغناطيسية) للأئد ، سيكون لازمًا لمنع مرور الإلكترونات الضوئية من الكاثود إلى الأئد . أو هو أكبر جهد للأئد يكون لازمًا لقطع أو إنقاف مرور التيار الكهرومغناطي في الخلية الكهرومغناطيسية .



وبدراسة الشكل السابق فإنه يمكن التوصل إلى النتائج التالية :

- 1 - يمر تيار كهرومغناطيسي في دائرة الخلية الكهرومغناطيسية إذا سقط الضوء المناسب على الكاثود حتى وإن كان جهد الأنود مساواً لصفر .
- 2 - تختلف سرعات الإلكترونات المنبعثة من سطح الكاثود وبعضها يمكن من الوصول إلى الأنود ذي الجهد السالب ، مشكلة بذلك تياراً كهربائياً ، ومخترقة المجال الكهربائي المعاكس لحركتها .
- 3 - جهد الإيقاف (جهد القطع) لا يتوقف على شدة الضوء الساقط على كاثود الخلية الكهرومغناطيسية . فالإلكترونات الضوئية لا تبعثر بسرعات متساوية من سطح الفلز فقد يمكن إيقاف بعضها وهي الأقل سرعة عند قيم صغيرة للجهد السالب للأنود ، بينما يحتاج الأمر إلى جهد ذي قيمة أعلى (سالبة) لإيقاف أسرع الإلكترونات .

هذه السرعة العظمى لأسرع الإلكترونات يمكن تحديدها كالتالي :

$$K_{max} = \frac{1}{2} m V_{max}^2$$

ويذل المجال الكهربائي شغلاً لمنع وصول الإلكترون الأسرع للأنود أو أن تصبح سرعته عند الأنود متساوية الصغر مقدار هذا الشغل المبذول يساوي : (e. V)

$$K_{max} = e. V$$

$$\frac{1}{2} m V_{max}^2 = e. V$$

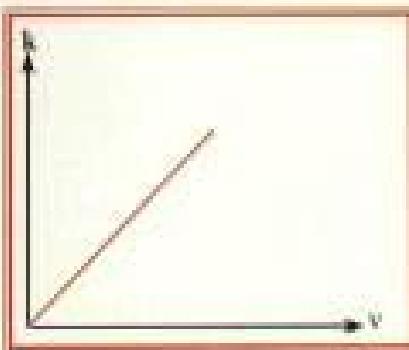
ويمكن كتابة العلاقة بالصورة التالية :

$$K_{max} = e. V \quad \text{حيث (e) مقدار ثابت كما في الشكل (7-6).}$$

أي أن جهد القطع يمكن اعتباره مقياساً لطاقة أسرع الإلكترونات الضوئية لحظة انطلاقها من سطح الفلز ومن ذلك نصل إلى أن :

((سرعات الإلكترونات الضوئية المنبعثة من سطح فلز معين لا تكون متساوية كما أن قيمتها لا تتوقف على شدة الضوء الساقط)) .

شكل (7-6)





يمكن تعبيل اختلاف سرعات الإلكترونات الضوئية عند إبعادها من سطح الفلز ، بأن الأشعة الضوئية الساقطة على سطح الفلز تخترق هذا السطح إلى عمق يضع ذرات ، ومعنى ذلك أن ظاهرة الأبعاد الكهروضوئي تحدث عند طبقات من الذرات على أعماق مختلفة من سطح الفلز .

والإلكترونات الضوئية تحرر من جميع الطبقات بنفس قيمة الطاقة الحرارية العظمى ، إلا أن تلك التي تكون بالطبقات الأعمق تصادر وهي في طريقها إلى السطح مع الذرات التي تقع فوقها وتعتبر طريقها فتقضى جزءاً من طاقتها نتيجة لتلك التصادمات ، وكلما كان الإلكترون المتحرر من طبقة قريبة من السطح كان عدد التصادمات أقل .

أما الإلكترونات التي تحرر من الذرات الواقعة على سطح الفلز مباشرة فإنها لا تفقد شيئاً من طاقتها الحرارية ، وبالتالي تتطلق بأقصى سرعة . هذه الإلكترونات هي التي تحتاج لجهد القطع لمنعها من الوصول إلى الأثود .

الإلكترونات في الذرات التي يتكون منها سطح الفلز ترتبط بالسطح بقوة تختلف بالمقدار من فلز إلى آخر ، فإن (مقدار الطاقة أو الشغل المبذول لانزاع أو تحرير الإلكترون من سطح الفلز دون تزويد بطاقة حرارية) تسمى طاقة التحرير أو دالة الشغل *Work Function* ويرمز لها بالرمز Φ .

دالة الشغل Φ تختلف من فلز إلى آخر ، ولذلك تعتبر صفة مميزة ل نوع الفلز . وفي الجدول التالي قيم لدواو الشغل لبعض الفلزات بوحدة الإلكترون فولت (eV) .

الفلز	سيزيوم	بوتاسيوم	صوديوم	العنيوم	كالسيوم	نيكل	بلاتين
دالة الشغل	1.9	2.2	2.3	2.7	4.2	4.4	5.03

وتصغر قيمة دالة الشغل أهمية كبيرة في الظاهرة الكهروضوئية ، ولذلك تدرك سبب طلاء سطح الكاثود بسيزيوم .

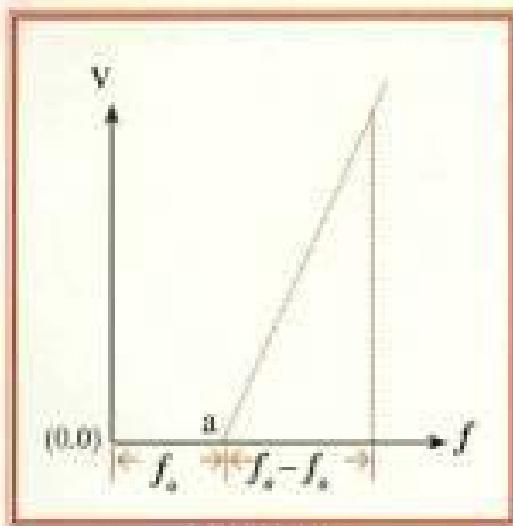
ثالثاً : علاقة الطاقة الحرارية العظمى (لأسرع الإلكترونات الضوئية) بلون (تردد) الضوء الساقط على الفلز :



دشاط (5)

- 1 - كون الدائرة الكهربائية السابقة في الشكل (4-6) مع توصيل الكاتود للخلية الكهرومغربية بالقطب الموجب ، وتوصيل الأثير بالقطب السالب للبطارية .
- 2 - أقطع ضوءاً أحادي اللون (من مصدر خاص أو باستخدام مرشح ضوئي) وقس قيمة جهد القطع .
- 3 - غير لون الضوء الساقط باستخدام مصدر آخر أو مرشح آخر ، وأعد قياس جهد القطع مرة أخرى .
- 4 - كرر الخطوة السابقة ، ثم ارسم العلاقة بين جهد القطع وتردد الضوء الساقط بيانياً .
(انظر الشكل (8-6)).

من دراسة العلاقة البيانية بين جهد القطع وتردد الضوء الساقط نستخلص التائج التالية :



شكل (8-6)

1 - القيمة المطلقة لجهد القطع (V) لفلز ما يزيد بزيادة تردد الضوء الساقط عليه . ومن جهة أخرى فإن جهد القطع يعتبر مقياساً للطاقة الحركية العظمى لأسرع الإلكترونات الضوئية ، ولذلك يمكن القول أن الطاقة الحركية العظمى لأسرع الإلكترونات الضوئية المتبعة من سطح الفلز تزداد بزيادة تردد الضوء الساقط .

2 - أقل تردد للأشعة السابقة - والتي تسبب تحرير الإلكترونات الضوئية من سطح الفلز دون إثارة هذه الإلكترونات طاقة حركية - يسمى **تردد العتبة** وتمثله النقطة (a)

على المنحنى وتردد العتبة (f_s) Threshold Frequency يختلف باختلاف نوع الفلز . وإذا أريد للضوء أن يتمكن من تحقيق ظاهرة الانبعاث الضوئي من سطح فلز معين ، فإنه يلزم أن يحتوي أشعه تردداتها تزيد عن تردد العتبة لذلك الفلز .



٣ - ميل الخط المستقيم لعلاقة V مع التردد f $Const = \frac{V}{(f - f_0)}$

$$\therefore V \propto (f - f_0)$$

ولكن :

$$V \propto K_{max}$$

$$\therefore K_{max} \propto (f - f_0)$$

هذه المعادلة تؤدي إلى أن :

• الطاقة الحرارية العظمى لأشعة الإلكترونات الضوئية المبعثة من سطح فلز ما ، تتباين طردياً مع تردد أشعة الضوء الساقط في حدود منطقة الترددات المؤثرة .

وهذا يؤكد حقيقة أن الضوء الساقط على سطح فلز معين لا يمكن أن يحرر آلة الإلكترونات من سطح الفلز مهما كانت شدته ، إذا كان تردده أقل من تردد العتبة لذلك الفلز .

(6 - 3) نظرية الفوتون وتفسير ظاهرة الكهروضوئية

علمت مما سبق أن الضوء طاقة إشعاعية ، وأنه موجات كهرومغناطيسية ، و الضوء في حقيقة الأمر قد شغل أذهان العلماء منذ القدم حتى سادت نظريتان هما : النظرية الجسيمية للضوء ، و النظرية الموجية للضوء . ولكي تتأكد صحة أي نظرية منهما ، فيجب أن تقدم تفسيراً علمياً صحيحاً لجميع الفواهر الطبيعية للضوء ، كالتدخل والгиود والانكسار والانعكاس والاستقطاب والاتبعاث الكهروضوئي .

لما كانت النظرية الموجية الكهرومغناطيسية هي النظرية السائدة ، فإنها كانت المرشح الأقوى للتتصدي لتفسير ظاهرة الاتبعاث الكهروضوئي ، إلا أنها فشلت في ذلك ولم تتفق استنتاجاتها مع نتائج التجارب العملية .

وفي عام (1902) م تقدم عالم الفيزياء الألماني ماكس بلانك بفرض نظرية جديدة حول الأشعة الضوئية كانت الأساس لما يسمى بنظرية الكم ، وهذه الفرض هي :

١ - الطاقة الإشعاعية Radian Energy (الطاقة التي تحملها الموجات الكهرومغناطيسية مثل موجات الضوء ، الحرارة ، اللاسلكي ، الأشعة السينية ، وأشعة جاما ، .. الخ) لا تبتعد ولا تنتهي بشكل سهل مستمر و متصل إنما تكون على صورة وحدات (Units) أو بوصمات متتابعة و متفصلة عن بعضها بعضاً ، تسمى كل منها كمة Quantum أو فوتون .



وأن طاقة فوتون إشعاع معين هي أصغر مقدار من الطاقة يمكن أن يوجد مستقلاً.

2 - طاقة الفوتون تناسب طردياً مع ترددہ فإذا كانت (E) نرمز لطاقة الفوتون فإن :

$$E \propto f$$

$$E = Const \times f$$

$$E = hf$$

حيث h مقدار ثابت يساوي 6.626×10^{-34} ج (Blank's Const) ومن

$$\text{ذلك فإن : } h = \frac{E}{f}$$

ثابت بلانك (h) : هو النسبة بين طاقة الفوتون (E) وترددہ (f) .

وتفيد نظرية الكم في أن الطاقة الإشعاعية تمتضى أو تشع على شكل حزم أو مساعفات صحيحة لطاقة الفوتون الواحد أقلها (hf) ولا يمكن وجود طاقة إشعاعية مثلاً تساوي ($0.5 hf$) أو ($1.7 hf$) .

إذاً الطاقة الممتصة أو المشعة $E =$ عدد الفوتونات $\times E$ (الفوتون الواحد) .

و إذا علمت أن سرعة انتشار الموجات الكهرومغناطيسية واحدة وتساوي سرعة الضوء ($c = 3 \times 10^8$ m/s) ، فإن السرعة ترتبط بالطول الموجي (λ) وبالتردد (f) كالتالي :

$$c = \lambda f$$

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

إذن طاقة الفوتون لأي إشعاع هي :

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

(11) مثال

فوتون تردد $h\nu = 7.5 \times 10^{14}$ احسب طاقته وعلوکه الموجي :

$$E = hf$$

$$E = 6.626 \times 10^{-34} \times 7.5 \times 10^{14} = 4.97 \times 10^{-19} J$$

$$eV = 1.6 \times 10^{-19} J$$

$$E = \frac{4.97 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 3.106 eV$$

$$\lambda = \frac{C}{f} = \frac{3 \times 10^8}{7.5 \times 10^{14}} = 4 \times 10^{-7} m = 4000 A^\circ$$



نظرية أينشتين الكهروضوئية وفسر الفلاحة الكهروضوئية

اعتمد العالم الفيزيائي ألبرت أينشتين (Albert Einstein 1879-1955) على فرضية نظرية الكم التي ابتدعها بلاذك ، واقتبس منها أفكارها الرئيسية التي اعتمد عليها في بناء نظريته الشهيرة حول الضوء ، والتي تلخص فيما يلي :

1 - تبعـت الطاقة الضوئـية من مصادرها عـلـى هـيـة فـوتـونـات أو حـزم (Packets) ، وأن طـاقـةـ الـفـوتـونـ تنـاسـب طـرـديـاً مع تـرـددـه (ترـددـ المـوـجـةـ الـكـهـرـومـغـنـاطـيسـيـةـ) $E = hf$ وـأنـ هـذـهـ الفـوتـونـاتـ تـصـرـفـ كـفـوتـونـاتـ حتـىـ بـعـدـ مـغـادـرـتـهاـ لـمـصـدرـ الـضـوءـ .

2 - إذا سقطـتـ فـوتـونـاتـ الضـوءـ عـلـى سـطـحـ فـلـزـ ، فإنـ بـعـضـ هـذـهـ الفـوتـونـاتـ تـمـتصـ بـرـاستـةـ الـإـلـكـتـرـونـاتـ الـحـرـةـ ، بـحـيثـ يـمـتصـ الـإـلـكـتـرـونـ فـوتـونـاًـ وـاحـدـاًـ فـقـطـ .

فـإنـ كـانـتـ الطـاقـةـ الـلـازـمـةـ لـتـحـرـيرـ الـإـلـكـتـرـونـ منـ سـطـحـ الـفـلـزـ (ـدـالـةـ الشـغـلـ)ـ هيـ Φ ـ فـإنـ الـجزـءـ الـمـتـبـقـيـ منـ طـاقـةـ الـفـوتـونـ يـتـحـولـ إـلـيـ طـاقـةـ حـرـكـةـ لـلـإـلـكـتـرـونـ ، بـحـيثـ إـنـ طـاقـةـ الـحـرـكـةـ تـكـوـنـ كـالتـالـيـ :

$$K_{max} = hf - \Phi$$

ويطلقـ عـلـىـ هـذـهـ المـعـادـلـةـ اـسـمـ «ـمـعـادـلـةـ أـينـشـتـينـ الـكـهـرـوـضـوـئـيـةـ»ـ
فـإنـ كـانـتـ $\Phi = hf$ ـ فـإنـ :

$K_{max} = 0$ ـ أيـ أنـ طـاقـةـ الـفـوتـونـ السـاقـطـ عـلـىـ الـفـلـزـ كـافـيـةـ فـقـطـ لـتـحـرـيرـ الـإـلـكـتـرـونـ دونـ إـكـابـهـ طـاقـةـ حـرـكـةـ ،ـ إـذـاـ :

$$\Phi = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

حيـثـ (λ)ـ يـمـثـلـ الطـولـ الـمـوـجـيـ لـلـضـوءـ وـالـذـيـ تـرـددـهـ بـساـويـ تـرـددـ العـتـبةـ وـيـسـمىـ طـولـ مـوـجـهـ تـرـددـ العـتـبةـ ،ـ فـهـوـ أـقـصـىـ طـولـ مـوـجـيـ لـلـضـوءـ السـاقـطـ عـلـىـ الـفـلـزـ بـعـيـنـ يـمـكـنـهـ تـحـرـيرـ الـكـتـرـونـاتـ ضـوـئـيـةـ منـ سـطـحـ الـفـلـزـ دونـ إـكـابـهـ طـاقـةـ حـرـكـةـ .

وـعـنـدـمـاـ تـكـوـنـ طـاقـةـ الـفـوتـونـ السـاقـطـةـ أـكـبـرـ مـنـ قـيـمةـ دـالـةـ الشـغـلـ فـانـهـ :

$$\begin{aligned} K_{max} &= hf - \Phi \\ &= hf - hf_0 \\ &= h(f-f_0) \end{aligned}$$



تفسير ظاهرة الابعات الكهرومغنتوية على أساس نظرية أينشتين الكهرومغنتوية :

- 1 - من المعادلة $(f - f_0) = \frac{h}{K_{\text{osc}}}$ نجد أن (f) يجب أن تزيد عن (f_0) ، ليمكن الإلكترون الضوئي من الانطلاق من سطح الغاز . وهذا يفسر ضرورة أن يسقط الضوء المناسب على سطح الغاز ، كما أنه ليس لأي قسم أن يضمن حدوث الابعات الكهرومغنتوية عند سقوطه على سطح الغاز .
- 2 - لأن كل إلكترون يمتلك فوتوناً واحداً فقط ، فإن شدة الضوء الساقط تناسب طردياً مع عدد الفوتونات التي تعبر عمودياً وحدة المساحات من مقطع الشعاع الساقط خلال وحدة الزمن . إذن عدد الإلكترونات الضوئية المتحركة خلال وحدة الزمن يساوي عدد الفوتونات الساقطة خلال وحدة الزمن ، إذاً : «المعدل الزمني لابعات الإلكترونات الضوئية (شدة التيار الكهرومغنتوي) تناسب مع شدة الضوء الساقط» .
- 3 - عند زيادة شدة الضوء الساقط فإن عدد الفوتونات يزداد ، أما طاقة الفوتون فإنها تبقى ثابتة ، إذن مقدار الطاقة الحرارية لأشعة الإلكترونات الضوئية (K_{osc}) لا يتوقف على شدة الضوء الساقط .
- 4 - من المعادلة $(f - f_0) = \frac{h}{K_{\text{osc}}}$ وحيث ثابت بلاك = h ، إذن : $(f - f_0) = K_{\text{osc}} = h$ ، منطقية الترددات المؤثرة .

إذن الطاقة الحرارية العظمى لأشعاع الإلكترونات الضوئية تناسب طردياً مع تردد الضوء الساقط في حدود منطقية الترددات المؤثرة ، وذلك أيضاً إنفاق تام مع نتائج ظاهرة الابعات الكهرومغنتوية . وعلى الرغم من نجاح نظرية الكم في تفسير الظاهرة الكهرومغنتوية فإنها قد فشلت في تفسير ظواهر أخرى للضوء ، فما الضوء؟ وما حقيقته؟

الضوء يتكون من فوتونات تسلك سلوك الجسيمات المادية عندما تتفاعل مع الأجسام ذات الأحجام الصغيرة جداً كالذرات والإلكترونات وتسلك سلوك الإشعاع الكهرومغناطيسي الموجي عندما تتفاعل مع الأجسام ذات الأحجام الكبيرة ، حيث تجدها تنكسر وتعكس وتندخل .

فالضوء له طبيعة ثابتة مزدوجة تسمى الطبيعة المزدوجة الجسيمية *Wave-Particle nature*.

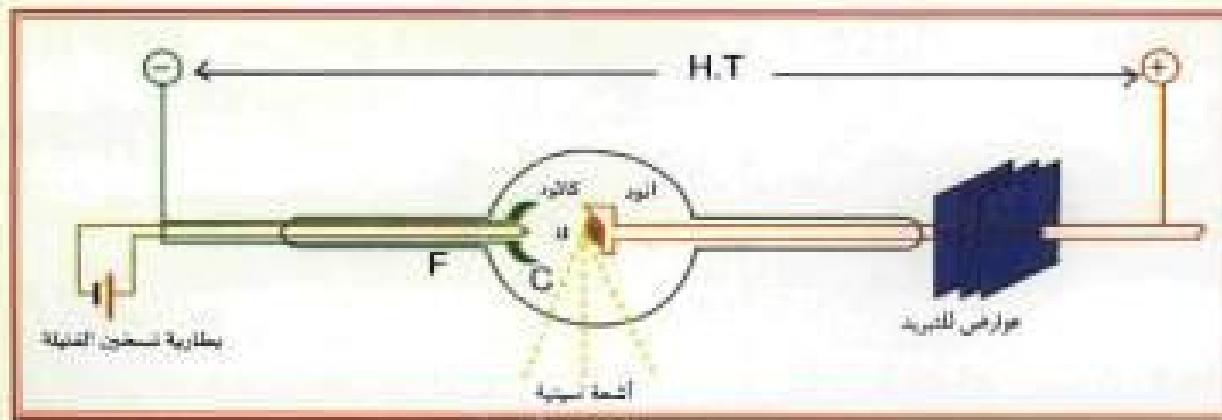


(٤-٦) الظاهرة الكهروضوئية العكسية

استخلصنا من دراستنا لتأثير الكهروضوئي ، أنه يمكن إثراع الإلكترونات من سطح معدن ما بتعريضه لإشعاع كهرومغناطيسي له تردد معين (أكبر من تردد العتبة للسطح) . نسأل الآن هل يمكن أن تنبت الفوتونات عندما تسقط الإلكترونات بطاقة معينة على سطح فلز؟ بعبارة أخرى هل يمكن تحويل طاقة الحركة للإلكترون إلى طاقة إشعاعية للمفوتون؟

أو هل عملية تحويل الطاقة هذه عملية عكوسية (reversible)؟ لقد وجد عملياً أن الإلكترونات المتحركة بسرعة عالية يمكن - عندما تصطدم بسطح فلز ثقيل (عدده الذري كبير) أن تسبب ابعاث الفوتونات من هذا الفلز ، وتسمى هذه الظاهرة بالظاهرة الكهروضوئية العكسية .

وفي الحقيقة سترى في هذا الفصل : أن الظاهرة الكهروضوئية العكسية تختص بالجزء العظيفي المتصل (Continuous Spectrum) المتولد عن الحركة المستمرة للإلكترون .



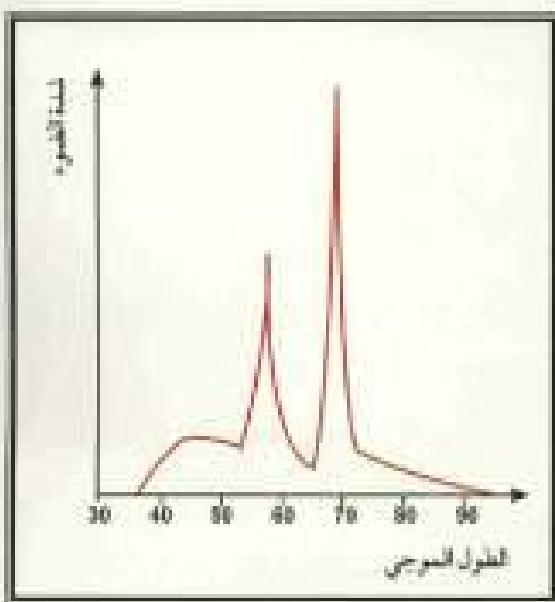
وأول من اكتشف هذه الظاهرة ، مصادفة هو رونتجن (Rontgen) عام (1895) مكتناع عرضي لظاهرة التفريغ الكهربائي خلال الغازات . فقد لاحظ رونتجن أن إشعاعات قوية لها القدرة على اختراق المواد شكل (٩-٦) تنبت عند أند أنبوبة التفريغ الكهربائي ، ولعدم معرفته بطبيعة هذه الأشعة لا يحسب ابعائها سماها أشعة X (أشعة المجهرة) .

ولقد عرف فيما بعد أن هذه الأشعة (تسمى أحياناً أشعة رونتجن ، أيضاً) عبارة عن موجات كهرومغناطيسية عالية التردد طولها الموجي قصير في حدود $0.1\text{ }\mu\text{m}$ ويستخدم لتوليد الأشعة السينية أنبوب كولدج (Caledge) ، وهو أنبوب مطمور لأنبوب التفريغ الكهربائي خلال الغازات .



يحتوي الأنبوب على سلك من التجسّن (درجة الصهار عاليّة) على هيئة فتيل يسخن إلى درجة الترهل بواسطة تيار كهربائي ، ويحتوي على هدف مصنوع من فلز عدده الذري كبير مثل الموليدن (*Molybdenum*) أو التجسّن متصل بالأهداف . تجعل الإلكترونات بعد ابعائتها من الكاثود خلال فرق جهد عالٍ ، ثم تكبح حركتها بتصادمها مع الهدف فتتولد عند ذلك الأشعة السينية .

طيف الأشعة السينية :



شكل (6-10)

تبين الدراسة الطيفية للأشعة السينية أن طيفها يتألف من طيف متصل ، يبدأ عند طول موجي أصغر ، ومركب على هذا الطيف طيف خطى متقطع (يظهر على هيئة قمم أو نتوءات ، في نطاق الطيف المتصل) . شكل (6-10)

ولفهم طيف الأشعة السينية ، نلاحظ أن الأشعة السينية عبارة عن موجات كهرومغناطيسية متولدة عن انتظام الإلكترونات عالية الطاقة بعائق حلب .

ومن المعروف أنه عندما تباطأ شحنة متحركة فإنها تُشع إشعاعاً كهرومغناطيسيًّا متصلًا وعندما يتقدّم الإلكترون الدرة من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أدنى يبتعد منها إشعاع كهرومغناطيسي له تردد محدد (طيف خطى) . اعتماداً على هاتين الحقيقتين يمكننا الآن أن نفسر طيف الأشعة السينية المتصل منه والخطى منه .

فأولاً : يتولد الطيف المتصل نتيجة للحركة المترافقه للالكترون عندما يصطدم بالهدف ويفقد طاقته . ولأن الإلكترون لا يمكنه أن يفقد طاقة أكبر مما اكتسب من فرق الجهد المعدل له ، لذلك يكون هناك قيمة عظمى لتردد الإشعاع الناتج تقابل تحول أقصى طاقة حرارية للالكترون .

يعبر آخرى : هناك نهاية صغرى لطول الموجة وتتوقف هذه النهاية فقط على فرق الجهد المعدل . فإذا رجعنا إلى معادلة لينين في الظاهرة الكهرومغناطيسية تجد أنه عند إهمال دالة الشغل للكاثود بسبب صغرها مقارنة بطاقة الحركة العالية للالكترون ، فإن الطاقة القصوى التي فقدها الإلكترون عند انتظامه بالهدف وتحولت إلى طاقة فوتونية تساوي الطاقة التي اكتسبها الإلكترون من فرق الجهد المعدل :



$$\frac{1}{2} m v_{max}^2 = eV$$

$$eV = hf$$

$$= h \frac{c}{\lambda_{min}}$$

ومنه نجد أن القيمة الصغرى لطول موجة الأشعة السينية هي :

$$\lambda_{min} = \left\{ \frac{hc}{e} \right\} \frac{1}{V}$$

ونحن هذه العلاقة وجود قيمة صغرى لطول موجة الأشعة السينية يعتمد فقط على فرق الجهد المعدل وبالتعريض عن هذا نجد أن :

$$\therefore \lambda_{min} = \frac{3 \times 10^8 \times 6.63 \times 10^{-34}}{1.6 \times 10^{-19} \times V}$$

$$\lambda_{min} = \frac{1.243 \times 10^{-6}}{V} \text{ m}$$

وثانياً : يتولد الطيف الخطي نتيجة للاستثارة بالتصادم بين الإلكترون المرتعض بالهدف وذرات الهدف فعندما تصطدم بعض الإلكترونات بذرات الهدف يمكنها أن تحدث تابناً داخلياً لذرة الهدف بمعنى أن المستوى $n=1$ (المستوى K) يفقد أحد الإلكتروناته مما يسبب استثارة الذرة . ويترجع عن ذلك أن يتغلب أحد الإلكترونات المستويات الأعلى إلى هذا المستوى باعتدالاً إشعاعاً كهرومغناطيسياً ، تردد يساوي الفرق بين طاقتي المستويين (مقسوماً على ثابت بلانك) . وهذا يبين لنا أن الإشعاع الخطي يتوقف على التركيب الذري لمادة الهدف ، ولا يعتمد على فرق الجهد المعدل وسبب تعدد المدارات الإلكترونية في الفلزات الثقلة ، فإن هناك أكثر من تردد للفوتونات المنبعثة .

خواص الأشعة السينية :

يمكننا التلخيص خواص الأشعة السينية على هيئة نقاط :

- 1 - الأشعة السينية هي جزء من الطيف الكهرومغناطيسي تتميز بترددات أعلى من تردد الطيف فوق البنفسجي (*Ultra Violet*) ولها سرعة الضوء نفسها .
- 2 - لا تأثر بال المجال الكهربائي أو المجال المغناطيسي ، فهي على ذلك لا تحمل شحنة كهربائية .
- 3 - يمكن حيودها بالبلورات .



- 4 - لها القدرة على التقادم خلال المواد وتفوق قدرتها قدرة القصو العادي ، فمثلاً يمكنها التقادم من الخشب أو الجسم الحي مثل جسم الإنسان .
- 5 - يمكن أن تسبب توهج المواد (فلورة) ، مثل توهج سلفات الزنك عند تعرضها للأشعة السينية والسبب في ذلك هو قدرتها على استارة الذرات .
- 6 - يمكنها إحداث تأثير في الغازات عند مرورها خلالها .
- 7 - يمكنها تحرير الإلكترونات من سطح المعادن عند سقوطها عليها .
- 8 - يمكن أن تسبب أضراراً في الأنسجة الحية .

استخدامات الأشعة السينية :

بالإضافة إلى الأهمية العلمية البحثية التي قادتنا إلى كثير من الحقائق العلمية التي مرت بنا فإن للأشعة السينية استخدامات عديدة في أغراض شتى ، مثل الطب والصناعة والأمن ، وذلك لما لهذه الأشعة من قدرة عالية على التقادم خلال المواد . وفيما يلي نورد بعضًا من هذه الاستخدامات :

- 1 - تستخدم استخداماً أواسعاً في التشخيص الطبي للكشف عن كسور العظام والأحشاء الغريبة الداخلة في الجسم وأمراض الرئة وفحص الأسنان والفضاء على بعض الخلايا السرطانية .
- 2 - تستخدم في الصناعة للكشف عن العيوب بالمواد المصنعة ، كوجود الخدوش والشقوب والشوائب .
- 3 - تستخدم في الأغراض العلمية لدراسة التركيب البلوري وترتيب الذرات ، وفي دراسة الجزيئات والمركبات وذلك لما لهذه الأشعة من خاصية الحيوذ . ويتم حالياً تصوير القطع الأثرية والبلورات الأخرى الثمينة كوميلة من وسائل حفظها .
- 4 - تستخدم في أغراض أمنية مختلفة ففي المطارارات تستخدم للكشف مثلاً عن الأسلحة والمجوهرات والمواد المنفجرة داخل حقائب المسافرين .



السؤال الأول :

اكتب بين القوسين الاسم أو المصطلح العلمي الذي تدل عليه كل العبارات العلمية التالية :

- (.....) 1- ظاهرة تحرر الإلكترونات من سطوح الفلزات عند إضاهتها بأشعاع كهرومغناطيسي مناسب .
- (.....) 2- أكبر جهد للاثانود (أو أقل جهد سالب للاثانود) يكون كافياً لتحرير الإلكترون .
- (.....) 3- أقل قدر من الطاقة الإشعاعية يمكن أن يتحققها تحرير الإلكترون من سطح الفلز دون إكسابها طاقة حرارية .
- (.....) 4- النسبة بين طاقة الفوتون وتردداته .
- (.....) 5- أقل تردد للأشعة الضوئية الساقطة التي يمكنها تحرير الإلكترونات من سطح فلز بعاث دون إكسابها طاقة حرارية .
- (.....) 6- أكبر طول موجي للأشعة الضوئية الساقطة التي يمكنها تحرير الإلكترونات من سطح فلز بعاث دون إكسابها طاقة حرارية .
- (.....) 7- جسيمات مالية الشحنة تتبعت من سطوح الفلزات عند إضاهتها بأشعاع كهرومغناطيسي مناسب .
- (.....) 8- أقل جهد موجب للاثانود يكون عندها معدل البعاث الإلكترونات من كاثود خلية كهرومغوي مساوياً لمعدل وصولها للاثانود .
- (.....) 9- أصغر مقدار من الطاقة الإشعاعية يمكن أن يوجد مسافة لا وغير قابل للتجزئة أو التقسيم .
- (.....) 10- ظاهرة انبعاث فوتونات (إشعاعات) ذات طاقة وتردد كبير نتيجة اصطدام الإلكترونات معجلة سطح مادة فلزية ثقيلة .
- (.....) 11- أنبوبة مفرغة الهواء تستخدم في توليد الأشعة السينية .

- (.....) 12 - نوع من الطيف الكهرومغناطيسي ترددت أهلى من الأشعة فوق البنفسجية وأقل من إشعاع جاما وله مقدرة عالية على التفاذ خلال الأوساط المادية .

السؤال الثاني :

ضع علامة (✓) بين القويسين أمام العبارة الصحيحة وعلامة (✗) أمام العبارة غير الصحيحة فيما يلي :

- 1 - عند سقوط الأشعة فوق البنفسجية على لوح خارصين مشحون بشحنة موجبة ومتصل بقircuit كثاف كهربائي فإن الفراج ورقبي الكثاف يفل تدريجيا .
- 2 - إذا زادت شدة الضوء الساقط على سطح فلز بعاث لمثلي ما كانت عليه فإن السرعة العظمى لأشعاع الإلكترونات الضوئية المتبعة تزداد لمثلي ما كانت عليه .
- 3 - فلز دالة شغله $2.2V$ ولکي يتحرر الإلكترون واحد من سطحه يمكنه امتصاص فوتونان طاقة كل منهما $7eV$.
- 4 - طاقة الحركة للإلكترونات الضوئية المتبعة من سطح معدني تزداد كلما قيل الطول الموجي للضوء الساقط على السطح .
- 5 - النبار الكهروضوئي لا يمر بدائرة الخلية الكهروضوئية إلا إذا سقط عليها ضوء تردد أكبر من تردد العتبة .
- 6 - دالة الشغل وتردد العتبة وطول موجة العتبة كميات معينة ل النوع مادة الفلز بعاث .
- 7 - الطاقة الإشعاعية الساقطة على سطح ما (من ضوء أحادي اللون) تتناصف طرديا مع عدد الفوتونات الساقطة .
- 8 - لزيادة سرعة الإلكترونات الضوئية التي تتحرر من سطح معين يجب زيادة شدة الضوء الساقط عليه .
- 9 - جهد القطع (الإيقاف) يعتبر مقياس لطاقة الفوتون الساقط على سطح فلز بعاث .
- 10 - الضوء يتكون من فوتونات تسلك سلوك الجسيمات المادية عندما يتفاعل مع الأجسام ذات الأحجام الصغيرة جدا كالذرات والإلكترونات .
- 11 - للضوء صفة ثانية مردودة .
- 12 - طيف الأشعة السينية طيف متراكب .

السؤال الثالث :

أكمل العبارات العلمية التالية بما يناسبها :

- 1 - لتحرير الإلكترون من سطح فلز دون إكسابه طاقة حرارية يجب أن تكون طاقة الفوتون الساقط دالة الشغل .
- 2 - إذا زادت شدة الضوء الساقط على خلية كهروضوئية إلى مثيلها فإن شدة تيار التشعيع إلى
- 3 - تناسب طاقة الفوتون عكساً مع
- 4 - الطاقة الإشعاعية تشع وتمنص بشكل مضاعفات عددية صحيحة لـ
- 5 - فوتون طاقته 7×10^{-17} جول طوله الموجي يساوي
- 6 - تزداد الطاقة الحرارية العظمى للإلكترونات الضوئية المنبعثة من سطح فلز معين باتفاق الضوء الساقط عليه .
- 7 - يغلى (يطلق) كاثود الخلية الكهروضوئية بطبقة من فلز فلوري لأن الفلزات القلوية
- 8 - إذا أبعثت الكترونات ضوئية من خلية كهروضوئية بسرعة مقدارها $m/s (1.32 \times 10^8)$ فإن الجهد اللازم لإيقاف هذه الإلكترونات بوحدة الفولت يساوي
- 9 - عندما يسقط ضوء أحادي اللون على سطح فلز انبعثت منه إلكترونات ضوئية مختلفة في
- 10 - عندما يتفاعل الضوء مع الأجسام ذات الأحجام الكبيرة يسلك سلوكاً بينما عندما يتفاعل مع الأجسام ذات الأحجام الصغيرة جداً كالذرات يسلك سلوك
- 11 - الطول الموجي لأقصر فوتونات الأشعة البنية يتوقف على

السؤال الرابع :

اختر فيما يلي أقرب إجابة وضع علامة (✓) في المربع المقابل لها :

- 1 - عند إسقاط حزمة من الأشعة فوق البنفسجية على لوح الخارجين المشحون بشحنة سالبة والمتصل بقفص كثاف كهربائي فإن الفراغ ورثتي الكثاف :

يقل تدريجياً . لا تتغير .

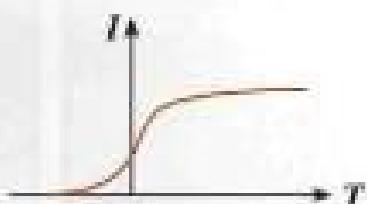
يزداد تدريجياً باستمراً . يقل حتى تطبق ثم يتدرج .

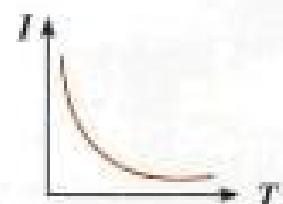
2 - سقط خيوء أحادي اللون شدة (T) على سطح فلز قلم تبعث منه الإلكترونات لكي تتبع منه الإلكترونات بحسب زيادة :

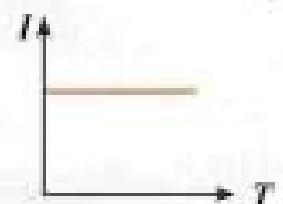
شدة نفس الضوء الساقط يقدر كاف .

طول موجة الضوء الساقط يقدر كاف .

3 - أفضل خط بياني يمثل تغير شدة التيار الكهروضوئي (I) في دائرة خلية كهر وضوئية بتغير شدة الضوء الساقط (T) هو :









4 - سقط شعاع ضوئي أحمر طوله الموجي 8000 A° (وشدة T) على سطح فلز يبعث فانبعاث منه الإلكترونات ، فإذا سقط خيوء بنفسجي طوله الموجي 4000 A° بنفس الشدة (T) على سطح نفس الفلز فإن :

معدل انبعاث الإلكترونات يزداد

طاقة الحركة العظمى لأشعة الإلكترونات الضوئية تقل

شدة التيار الكهروضوئي الناتج تقل

طاقة الحركة العظمى لأشعة الإلكترونات الضوئية تزيد

5 - إذا سقط شعاع ضوئي وجد اللون على سطح فلز يبعث وابعثت منه الإلكترونات ضوئية فإن هذه الإلكترونات تكون :

مختلفة السرعة والكتلة .

متفقة السرعة وكثافة الحركة .

6 - الجدول التالي يبين تغير شدة تيار دائرة خلية كهر وضوئية (I) بتغير جهد أثود الخلية (V) :

$I, \text{ m.A}$	27	2	1.6	0.7	0	0	0	0
$V, \text{ V}$	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5

من الجدول يتبيّن أن جهد الإنفاق لأنود الخلية بوحدة الفولت يساوي :

- 0 - 1 - 2 - 5

7- الخط البياني في الشكل بين الطاقة الحرارية العظمى للإلكترونات الضوئية التي يصدرها سطح فلزى عندما يتعرض لتأثير حزمة ضوئية ذات تردد متغير ومنه يتبيّن أن دالة التشغيل بوحدة الجول تساوى :

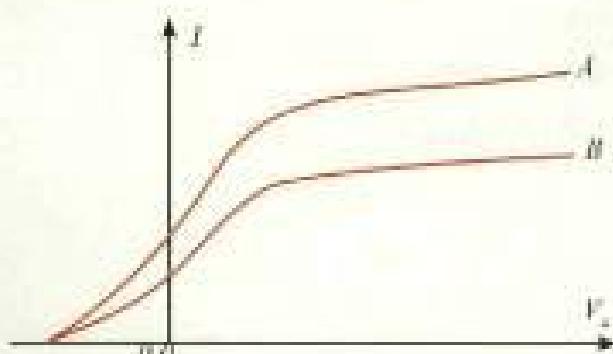


6.6×10^{-19} 0
 6.6×10^{-48} 6.6×10^{20}

8- إذا علمت أن أقل جهد سالب يلزم لمنع مرور الشّيار في دائرة خلية كهروضوئية هو 7.5 V فإن طاقة أسرع الإلكترونات الضوئية المنشعة بوحدة الجول تساوى :

1.6×10^{-19} 8×10^{-19} 32×10^{-19} 5

9- الشكل المقابل يوضح تغير شدة الكهربائي (I) بتغيير جهد الأندود (V_a) في دائرة خلية كهروضوئية عند سقوط ضوئتين مختلفتين على الخلية و من الرسم نستنتج أن :



$T_A < T_B$ $f_A > f_B$ $T_A = T_B$ $f_A = f_B$

10- الشكل المقابل يمثل مجموعة من الأطيف الكهرومغناطيسية والرّمز (س) يشير إلى :

أشعة جاما	س	الأشعة فوق البنفسجية	الغيف السري	الأشعة البنية .	الأشعة البنية .
			أشعة الليزر .	<input type="checkbox"/>	
			الصوّجات الراديوية .	<input type="checkbox"/>	الأشعة الحمراء .

- ١١ - طاقة فوتونات الطيف العذقى للأشعة السينية (المعروف بالأشعة السينية المميزة) تتوقف على :
- فرق الجهد المعدل للإلكترون الصادم .
 - درجة حرارة مادة الهدف لحظة التصادم .
 - التركيب الذري لمادة الهدف .
 - نوع مادة الكاثود التي تبعث منها الإلكترونات .

السؤال الخامس :

عمل لما يلي تعليلاً علمياً دقيقاً :

- ١ - اختلاف سرعات الإلكترونات الضوئية عند مغادرتها سطح الفلز الذي تتعلق منه .
- ٢ - إذا سقطت أشعة فرق بنسجية على قرص كشاف كهربائي يحمل شحنة كهربائية سالبة فإن ورقيه تترسان حتى تطبقاً ثم تعودان لانفراج من جديد .
- ٣ - يصنع انتفاخ الخلية الكهروضوئية من الكوارتز الشفاف أحجاماً .
- ٤ - يتم تفريغ انتفاخ الخلية الكهروضوئية من الهواء .
- ٥ - يصنع أنود الخلية الكهروضوئية على هيئة حلقة مفرغة أو قضيب معدني رفيع .
- ٦ - يعطي السطح الداخلي لكانود الخلية الكهروضوئية بطبقة رقيقة من السيريوم .
- ٧ - زيادة شدة التيار الكهروضوئي بزيادة شدة الضوء الساقط في ضوء نظرية إينشتين .
- ٨ - إمداد تيار مستمر من سائل مبرد في الأسطوانة النحاسية المشبّث بها الأنود في أنبوبة كول狄ج المستخدمة في توليد الأشعة السينية .
- ٩ - طيف الأشعة السينية متراكب .

السؤال السادس :

* وضع بالرسم الأصطلاحى مع كتابة البيانات على الرسم

- ١ - تركيب الخلية الكهروضوئية .
- ٢ - دائرة الخلية الكهروضوئية .

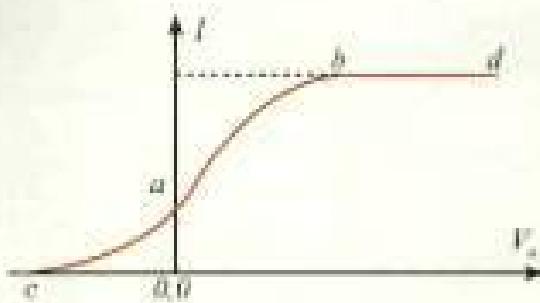
السؤال السابع :

الشكل المجاور يمثل تغير شدة تيار أنود خلية كهروضوئية (A) بتغير جهد الأنود (V_A) عندما يسقط على كاتبودها خصوصاً أحادى اللون شدته T والمطلوب

1 - بماذا تعلل مرور تيار في الدائرة عندما يكون جهد الأنود (صفرًا) النقطة a في الشكل ؟

2 - لماذا ثبتت شدة التيار والذي يوضحه الجزء (b) في الشكل رغم استمرار زيادة جهد الأنود ؟ وماذا تarsi شدة التيار عند ذلك ؟

3 - علام تدل النقطة (c) من المترجني البياني ؟



السؤال الثامن :

عدد ثلاثة فقط من استخدامات الأشعة السينية :

السؤال التاسع :

1 - تبعت من جهاز ليزر (هيليوم - نيون) فوتون حمراء أحمر طوله الموجي m ($\lambda = 6.328 \times 10^{-7}$) احسب :

(1) تردد الفوتون (f)

(2) طاقة الفوتون (E) مقدرة بالجول (J) وبالإلكترون فولت ($e.v$)

الأجوبة : (1) $J = (1.963) e.v$ (2) $(4.74 \times 10^{-2}) Hz$

- 2

لون الطيف	الطول الموجي بالأنجستروم	الأشعة السينية	أطوال الموجات	الأشعة السينية	الأشعة السينية
بنفسجي	4000	4500	5625	5800	6500

* الجدول السابق يوضح مجموعة من ألوان الطيف المرئي والطول الموجي (λ) لكل منها بالأنجستروم (A°) فإذا سقطت هذه الأطيف على سطح كاتبود خلية كهروضوئية دالة شغلها ($\phi = 2.2 ev$) مستعيناً

بالحل الرياضي :

1 - اذكر ألوان الطيف التي إذا سقطت على كاتبود الخلية أبعثت منه الإلكترونات الضوئية .

- 2 - احسب أقصى سرعة للإلكترونات الضوئية المتبعة عندما يسقط الضوء الأخضر على كاثود الخلية .
- 3 - احسب فرق الجهد اللازم لمنع مرور التيار في الخلية إذا سقط عليها الضوء البنفسجي .

الأجوبة : (1) (بنفسجي ، أزرق ، أخضر) ، (2) (صفر) ، (3) $V = 0.893$

- 3 - ميع يصدر عنه الضوء الأخضر فقط والذي طوله الموجي $(5000) \text{ Å}$ فإذا كانت قدرة المتعين $w(100)$ احسب عدد الفوتونات المتبعة من المتعين كل ثانية .

الأجوبة : $(2.5 \times 10^{20}) \text{ photons}$

- 4 - في إحدى تجارب الأبعاد الكهرومغناطيسي لإيجاد العلاقة بين شدة تيار الأتود (I_a) وجهد الأتود (V_a) عند سقوط ضوء أحادي اللون شدته (T) على سطح الكاثود حصلنا على النتائج الموضحة بالجدول التالي :

$V_a (V)$	0	20	40	60	80	100	-1	-2	-3	-4
$I_a (mA)$	2	3	5	5	5	5	1	0.5	0	0

احسب ما يلي :

- المعدل الزمني لأبعاد الإلكترونات من الكاثود .
- طاقة الحركة العظمى لأشعاع الإلكترونات الضوئية المتبعة .
- أقصى سرعة لانطلاق الإلكترونات من سطح الكاثود .
- إذا زيدت شدة نفس الضوء أحادي اللون الساقط إلى مثلث ما كانت عليه (T) فكم يصبح المعدل الزمني لأبعاد الإلكترونات من الكاثود ؟
- وكم تصبح الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتبعة ؟

الأجوبة : (1) 1027105.2 m/s (3) $(4.8 \times 10^{-19}) J$ (2) $3.125 \times 10^{-16} \text{ eVs}$ (1)

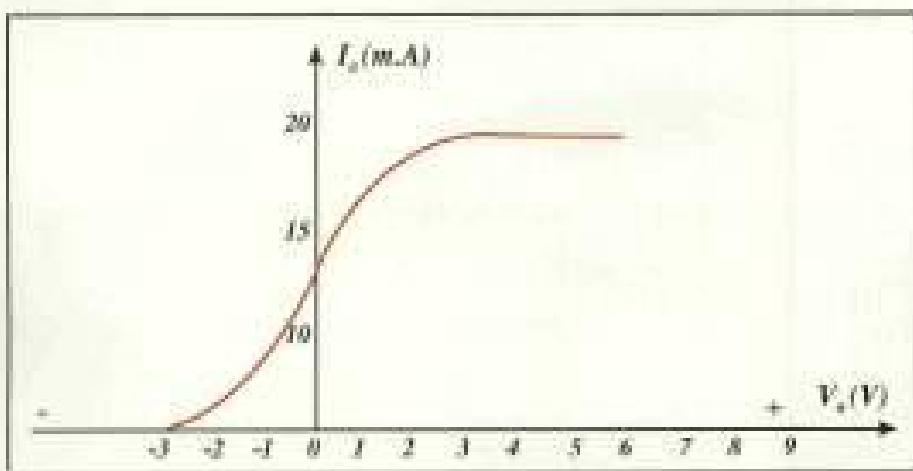
(4) المعدل $(6.25 \times 10^{16}) \text{ m/s}$ ، طاقة الحركة $J = (4.8 \times 10^{-19})$ لا تتغير .

- 5 - إذا علمت أن دالة التشغيل لفلز الصوديوم تساوي 2.31 eV (2.3) وسقط عليه ضوء أحادي اللون طول موجته $m (5 \times 10^7)$ احسب ما يلي :

- 1 - الطاقة الحرارية العظمى لأسرع الالكترونات المنبعثة .
- 2 - جهد الإيقاف (القطع) .

الأجوبة : $(0.175) V$, $2.8 \times 10^{20} J$

- 6 - الرسم البياني المقابل يبين تغير شدة تيار الأئود (I_a) لدائرة خلية كهرومغناطيسية بتغير جهدها (V_a)
احسب ما يلي :



- 1 - السرعة العظمى
للإلكترونات الضوئية
المنبعثة .
- 2 - طاقة فوتون الأشعة
الساقطة إذا كانت
دالة للشغل للسطح
 $(2.3) e.V$.

- 3 - المعدل الزمني لابتعاث الإلكترونات الضوئية من سطح الكاتود .

الأجوبة : $(1) 1.25 \times 10^{17} m/s$, $(2) 10.3 \times 10^3 e/s$, $(3) (8.48 \times 10^{-19}) J$

- 7 - إذا علمنت أن دالة الشغل لفلز الصوديوم تساوي $(2.3) e.V$ فاحسب ما يلي :
- 1 - أكبر طول موجي لإشعاع كهرومغناطيسي يمكنه أن يحرر الإلكترونات الضوئية من سطح الفلز دون أن يكسبها طاقة حرارية .
 - 2 - الطاقة الحرارية لأسرع الإلكترونات الضوئية المنبعثة إذا سلطت عليه أشعة ضوئية طول موجتها
 $(500 \times 10^{-10}) m$.
 - 3 - قيمة جهد الإيقاف لأسرع الإلكترونات الضوئية المنطلقة من سطح فلز الصوديوم .

الأجوبة : $(1) 2.245 V$, $(2) (35.92 \times 10^{19}) J$, $(3) (5.4 \times 10^{-7} m/s)$

- 8 - إذا كان أعلى تردد لفوتون الأشعة البنية الصادر عن أنبوبة كولديج ... $(H_2) 10^{18} \times 4$ احسب :
فرق الجهد المطبق على قطبى الأنبوبة .

$$V = 16500 \text{ V} : \text{الأجوبة}$$

- 9 - أبعث إلكترون من كاتود أتبوره توليد أشعة سينية ، وكان فرق الجهد المطبق على قطبين الأتبوره $K.V (60)$ واصطدم بأول ذرة من ذرات مادة الهدف احسب :
- 1 - السرعة العظمى للإلكtron لحظة الصدم .
 - 2 - إذا توقف الإلكترون فجأة ، ما أقل طول موجي لأشعة السينية التي يمكن أن تبعث من الأتبوره ؟
 - 3 - إذا أبعث فوتون أشعة سينية تردد $H_z (3 \times 10^{18})$ ، ما مقدار طاقة الحركة التي يمتلكها الإلكترون لحظة مغادرته الهدف ؟

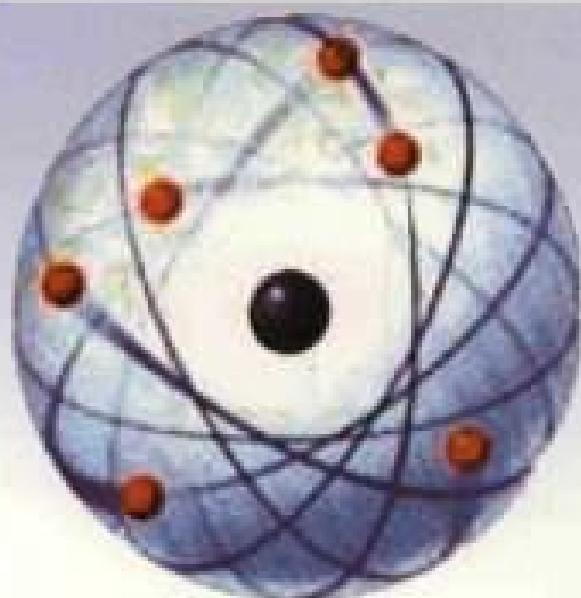
$$\lambda_{min} = 2.06 \times 10^{-11} \text{ m} = 0.206 \text{ Å}^o \quad (2) , \quad V_{max} = 1.452 \times 10^8 \text{ m/s} \quad (1) : \text{الأجوبة}$$

$$. \quad K = 7.62 \times 10^{13} \text{ J} = 47625 \text{ eV} / 12375 \text{ eV} \quad (3)$$

الكتل السابعة

النماذج الذرية

Atomic Models



تهدف دراسة هذا الفصل إلى دراسة النماذج وتطبيقاتها وتموج بور وفرضه الثلاث وتطبيقات على فروض بور ، وطرق إثارة الذرة وكذلك الأطباف وأنواعها وطيف ذرة الهيدروجين وأشعة الليزرو العيوز .



فقدم لها كتاب الكيمياء الموحد للصف العاشر بتألّفه نازريخية عن التطور العلمي لتركيب المادة وبنائها الدراسي .

فلقد رأينا كيف استطاع دالتون (Dalton 1803 ميلادية) أن يصوغ الأفكار الأساسية المتعلقة بالبناء الذري للمادة بعده محدود من الفروض ، مكنت الكيميائيين في عصره من حساب النسب الوزنية للعناصر المعروفة إذ ذاك ، وكذلك استخلاص قوانين الاتحاد الكيميائي ، ومهدت السبيل لبناء الجدول الدوري للعناصر . ولعل من بين أهم تلك الفروض : أن العنصر يتألف من ذرات متشابهة ، وأن الذرة (Atom) جوهر لا يقبل الانقسام ، فهي أثقل بكرة حلبة مصنوعة متاهية في الصغر .

وفي الجانب الآخر كان فاراداي (Faraday 1833 ميلادية) يقوم بتجاربه لدراسة التوصيل الكهربائي للمحاليل الكيميائية ، جعلته يحدس أن الكهرباء ربما تكون أيضاً ذات طبيعة ذرية ، إلا أن ذلك متراجعاً في قبول فكرته إلى أن جاء ستوني (Stoney 1874 ميلادية) ووضع الفرض : أن هناك وحدة طبيعية للكهرباء سماها الإلكترون (Electron) ، وحاول قياس هذه الوحدة الكهربائية ، وحصل اعتماداً على ما توافر له من معلومات في عصره على قيمة لها تقل بعدها بقدر $\frac{1}{2}$ من القيمة الحالية . غير أن دليلاً قاطعاً يصحح وجود الإلكترون كجسيم مستقل وتحديد شحنته لم يتعزز إلا عند عام (1897 م) ، وذلك بعد ظهور التوصيل الكهربائي للغازات المخلخلة بدءاً من عام (1850 م) فكما نعلم فإن الغاز موصل رديء للكهرباء في الحالة الاعتيادية ، ويصبح موصلاً لها عند تأثيره ، فعندما تضع غازاً في أنبوبة زجاجية مغلقة تحتري على قطبين كهربائيين يسمى أحدهما كاثوداً (Mebit Cathode) والآخر أنوداً (Anode) ، تلاحظ مرور الكهرباء خلال الغاز كلما زاد فرق الجهد بين القطبين ويصبح الغاز متأثراً ومتوجهًا وعند خفض ضغط الغاز (إلى أقل من 0.1 ميللي متر زئبق) في حالة الغازات الخامدة يأخذ الناشر بالاختفاء تدريجياً ، حتى إذا انخفض الصغط أكثر (إلى حدود 70^3 أو 10^5 ميللي متر زئبق) بدأ يظهر وميض فلورسيني (Flourecent) على جدار الأنبوبة المقابل للكاثود . لقد سمي هذا النوع من الكهرباء بأشعة الكاثود ، وسميت الأنابيب المستخدمة لهذا الغرض بأنابيب أشعة الكاثود (الأشعة المهبطية) ، لقد استطاع ج . تلسون (J.J. Thomson 1897 ميلادية) بعد تطويره لأنابيب أشعة الكاثود أن يبين : أن أشعة الكاثود عبارة عن سيل من الشحنات الكهربائية السالبة ، ولقد استدل من سهولة مرور هذه الشحنات خلال الغاز على أن حجمها صغير ، ولخص مشاهداته بقوله : ((لدينا في



أشعة الكاثود مادة في حالة جديدة ، حالة يتم فيها تقسيم المادة إلى حدٍ بعد بكثير مما هي عليه في الحالة الغازية المعتادة) . ومن أهم القياسات التي قام بها طسون هي تحديدته التقريري لنسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته ، وخلص من هذه النسبة أن كتلة هذه الجسيمات أصغر بكثير من كتلة الذرة ، كما تبين له أنها إحدى المكونات الأساسية للذرة .

إن اكتشاف الإلكترون كأحد المكونات الأساسية للذرة أدى إلى انهيار النموذج (التصور) الذري للذرر ، القائم على أساس أن الذرة هي أصغر مكونات المادة وأنها جوهر لا ينقسم . لقد كان من تبعات هذا الانهيار أن جد البحث عن نموذج بالحل في الاعتبار مكونات الذرة وبنيتها الداخلية (نظام توزيع مكوناتها الداخلية) ، وعلاقة تركيب الذرة بالخواص الذرية للمادة (كالاحتياط الذري) . ستدرس في هذه الوحدة بعضاً من النماذج الذرية ، وذلك لمعرفة تركيب الذرات ودراسة الأطباق الذرية ، وإيجاد العلاقات التي تربط بين حالات الذرة وأطباقها الذرية .



النموذج المدرية :

(2 - 7)

ستناقش في هذه الفقرة ثلاثة نماذج ذرية هي :

- نموذج طومسون .
- ونموذج رutherford (1911 Rutherford ميلادية) .
- نموذج بور (1913 Bohr ميلادية) .

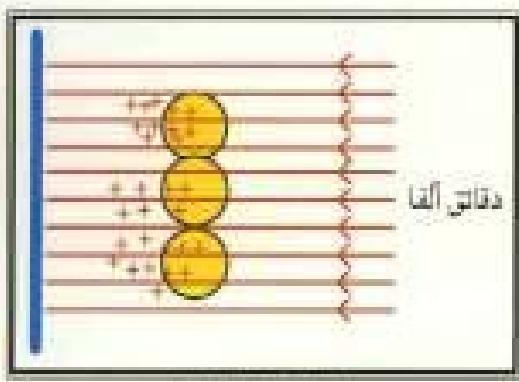
(a) نموذج طومسون : Tomson Model

افترح طومسون ، في العام التالي لاكتشافه الإلكترون نموذجاً مبسطاً للذرة يتعلق بكيفية توزع الشحنة داخلها ، فلقد تصور طومسون أن الذرة عبارة عن جسم كروي توزع فيه الشحنة الموجبة توزيعاً منصلاً ومتقطعاً ، وتخلل الإلكترونات في داخل هذا التوزيع (توزيع البدور في لب بطيخة كروية) ، بكيفية تحقق استقرار الذرة وتعادل شحنتها في الأحوال الاعتيادية .

وقاس طومسون الشحنة النوعية $(\frac{e}{m})$ للإلكترون فوجدها $C/kg (1.76 \times 10^{11})$ وفي عام 1910 ميلادية قاس ميلikan شحنة الإلكترون فوجدها $C (1.6 \times 10^{-19})$ ومن ذلك استنتج العلماء أن كتلة الإلكترون $kg (9.11 \times 10^{-31})$.

وعندما طبق هذا النموذج على الذرة ، وبشكل خاص على تشتت الجسيمات المشحونة (مثل جسيمات ألفا) المعرضة لشريان رقيقة من المعادن كان الفشل نصيبي ، إذ جاءت نتائجه متنافية بشكل قاطع مع النتائج التجريبية (كما سترى في الفقرة التالية) ، غير أن هذا الفشل قد مهد - بحق - السبيل لتصور أعمق للذرة .

(b) نموذج رutherford : Rutherford Model



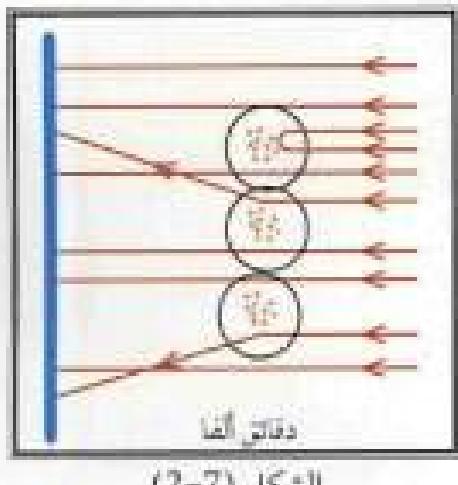
الشكل (1-7)

لقد اضططلع رutherford فيما بين عام 1904 وعام 1911 ، بدراسة خصائص جسيمات ألفا المتبعة من عنصر الراديوم المشع *Radium* ، إذ أن هذا العنصر من أحد المصادر الغنية بانبعاث جسيمات ألفا بطاقة عالية ولقد تبين له من دراسته أن لهذه الجسيمات القدرة على اختراق الهواء لبعد سنتيمترات قبل أن تفقد طاقتها ، وأنها عندما تصطدم ببعض المواد الفلسفورية



(المفلورة) مثل كبريتيد الزنك (ZnS) يصدر عن تصادمها ومقاتلتها موجة مزدوجة .

اقترن رذفورد على معاونيه جايجر (Geiger) ومارسدن (Marsden) التحقق من صحة نموذج أستاذة طمسون ، ووضعه تحت المحك التجاري ، وذلك بتوصيب جسيمات ألفا نحو رقائق من المعدن ، ودراسة نتائج هذه الجسيمات بعد اخترافها لهذه الرقائق



شكل (2-7)

من المعدن شكل (1-7) ، عند توصيب جسيمات ألفا نحو شريحة رقيقة من الذهب ، في إحدى التجارب ، بعثة التتحقق من صحة التوزيع المنفصل بالشحنة الموجبة على جميع حجم الذرة بحسب تصور طمسون ، وجد رذفورد ومعاوناه أن معظم جسيمات ألفا انحرفت بعد مرورها من خلال الشريحة ، عن مسارها الأصلي بزاوية صغيرة (بحدود درجة مئوية) ، وأن بعضاً أقل من ذلك انحراف بزوايا كبيرة ، وأن عدداً قليلاً ارتد على مساره نحو المصدر كما في الشكل (2-7)

لقد لخص رذفورد نتائج تجاريه على نتائج جسيمات ألفا من الرقائق المعدنية بال التالي :

(1) معظم دقات ألفا نفذت من حفيحة الذهب دون انحراف يذكر وهذا يدل على أن معظم الذرة فراغ كبير .

(2) نسبة قليلة جداً من الدقات ارتدت إلى الخلف ، وبعضها نفذت بانحرافات مختلفة في جميع الجهات ، مما يدل على أن الشحنة الموجبة للذرة ، وكذلك كتلتها تتركز في حيز صغير جداً عند مركز الذرة اسماء رذفورد باسم ((النواة)) *Nucleus* . ولذلك فإن الفضل في اكتشاف نواة الذرة يعود إلى رذفورد .

في ضوء نتائج هذه التجربة وفي العام 1911 ميلادية وضع رذفورد نموذجه الذري ، وفيما يلى أهم فروضه .

(1) الشحنة الموجبة للذرة ، وكذلك كتلتها تتركز في حيز صغير جداً عند مركز الذرة ، يسمى ((النواة)) والنواة تشبه كرة صغيرة جداً نصف قطرها في حدود $m (10^{-10})$.

(2) معظم الذرة فراغ .

(3) خارج النواة وعلى أبعاد كبيرة نسبياً منها تدور الإلكترونات في مدارات دائرية أقطارها في حدود $m (10^{-10})$.



(4) مجموع الشحنتين السالبة للإلكترونات يساوي الشحنة الموجبة للنواة ، وعلى ذلك فالدورة معادلة كهربائية لفدياً قد أمكن من خلال هذا النموذج الذري الحصول على نتائج جديدة ، نذكر منها :

أولاً : تقدير نصف قطر النواة :

افرض أن جسيم ألفا صوب نحو النواة بسرعة (v) ، وافرض أن مسافة الاقتراب الدنيا له من النواة هي (r_0) ، وأن شحنة النواة هي (eZ) حيث (Z) العدد الذري للنواة (e) هي شحنة الإلكترون . عندما يتوقف جسيم ألفا عند المسافة (r_0) بسبب التناقض الكهروستاتيكي ، تتحول عنده طاقة الحركة له إلى طاقة كامنة كهروستاتيكية ويكون :

$$\frac{1}{2}mv^2 = k \frac{2e \times eZ}{r} \quad (1)$$

حيث : $k = 9 \times 10^9 Nm^2/C^2$ وبذلك تكون مسافة الاقتراب الدنيا هي :

$$r = \frac{k2e^2 Z}{\frac{1}{2}mv^2} \quad (2)$$

ونلاحظ أن هذه المسافة (r_0) تزداد بزيادة العدد الذري (Z) ، وتقل بزيادة طاقة حركة جسيم ألفا ($\frac{1}{2}mv^2$) وبالتالي أمكن تقدير نصف قطر النواة .

مثال (١)

تلع طاقة جسيمات ألفا (α) الصادرة عن الراديوم (Ra) (7.68) مليون إلكترون فولت ، فإذا سقطت هذه الجسيمات على رقيقة من الذهب (Au) ، فلوجد مسافة الاقتراب الدنيا من مركز النواة (علماً بأن العدد الذري للذهب ($Z=79$) وأن واحد إلكترون فولت (eV) يساوي $J = 1.6 \times 10^{-19}$) .

$$r = \frac{k2e^2 Z}{\frac{1}{2}mv^2}$$

$$= \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times (1.6 \times 10^{-19})^2 \times 79}{7.68 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 2.96 \times 10^{-16} m$$

إن القيمة التقديرية لنصف قطر النواة في حدود (10^{-16}) من حجم الفرزة .



ثانياً : التبرُّ بوجود النيوترونات (Neutrons) :

يمكن من دراسة كتلة ألوية الذرات المختلفة التبرُّ بوجود جسيمات متعادلة كهربائياً داخل النواة ، وتساهم في كتلتها . ولقد عرفت هذه الجسيمات بعد اكتشافها (1932 ميلادية) ((بالنيوترونات)) .

ثالثاً : تقدير شحنة النواة :

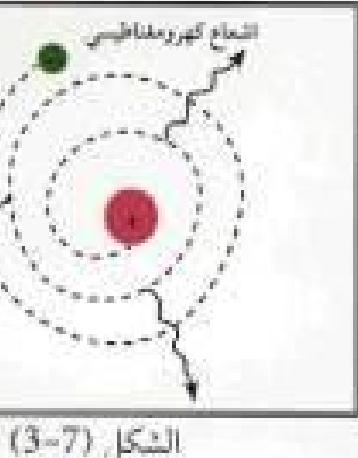
يمكن باستخدام نموذج رذرفلورد أن مقدار شحنة النواة هو مضاعفات عددية صحيحة لمقدار شحنة الإلكترون .

نعرات في نموذج رذرفلورد :

على الرغم من نجاح هذا النموذج في تصور الذرة (نواة - فراغ - مدارات الكترونية) ، إلا أنه فشل في تفسير الكثير من الظواهر الذرية الأساسية ، والتي نذكر منها :

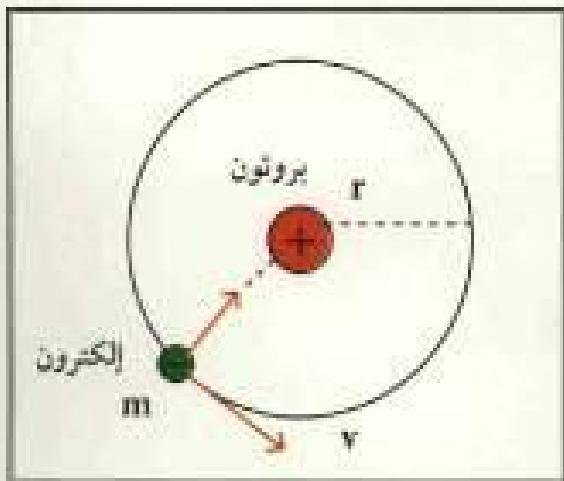
أولاً : لم يقدم النموذج سبباً في إمكانية تواجد البروتونات (ذات الشحنة الموجبة) في حيز صغير دون أن تتناقض ، إذ من المعلوم - تجريبياً - أن الشحنات الكهربائية المتشابهة تتناقض مع بعضها ، غير أن هذا ساهم فيما بعد بتحري وجود قوى أخرى شديدة جاذبة ، وليس ذات طبيعة كهربائية ، تؤثر على مكونات النواة فقط عندما تكون في هذا الحيز ، هذه القوى عرفت فيما بعد بالقوى النووية .

ثانياً : عجز النموذج عن تفسير ثبات الذرة ، ذلك لأن الأجسام المشحونة (كهربائياً) المتسارعة تختلف عن الأجسام المتعادلة الشحنة المتسارعة ، فالجسم المشحون كهربائياً عندما يتسارع يشع طاقة كهرومغناطيسية بشكل مستمر ، وعندئذ تناقص طاقته تدريجياً ، وبما بالاقرَّاب من النواة في مسار حلزوني ، وأخيراً يهرب فيها ممياً الدثار الذرة في فترة وجيزة (في حدود 10^{-16} ثانية) كما في الشكل (3-7) وهو أمر لا يحدث مطلقاً في الأحوال العادية .



الشكل (3-7)

ثالثاً : استعصى على النموذج تقديم أي تفسير للعويف (الخطي) المقطوع للذرات .



الشكل (4-7)

(c) نموذج بور - Bohr Model

لقد أدرك بور في البداية أن النسب الموجهي في إخفاق نموذج رذرفورد الذري في تفسير الأطيفات الذرية ، ليس مردودة الذرة (نواة - فراغ - مدارات إلكترونية) ، بل هو تطبيق النظرية الكهرومغناطيسية بصورةها الكلاسيكية على نظام ذري . وانطلاقاً من هذا الإدراك اعتمد بور عدة فروض لبناء نموذجه الذري لتفسير الأطيفات الذرية ، وبشكل خاص طيف أبسط الذرات المعروفة الا وهي ذرة الهيدروجين .

ونستعرض الآن فروض بور لذرة الهيدروجين :

* الفرض الأول :

يدور إلكترون ذرة الهيدروجين في مدار دائري ثابت لا يشع أي قدر من الطاقة ، وتكون سرعته الخطية متحففة للتساوي بين قوة الجذب الكهرومغناطيسية المتبادلة بينه وبين النواة ، وقوة الجذب المركزية له نحو النواة .

فإذا فرضنا أن (m) هي كتلة الإلكترون ، (v) هي سرعته الخطية في مداره الذي نصف قطره (r) ، هي شحنة كل من الإلكترون والبروتون كما بالشكل (4-7) فإنه يمكن التعبير عن الفرض الأول كالتالي :

$$\text{القوة الجاذبة المركزية} = \text{القوة الجاذبة الكهرومغناطيسية المتبادلة}$$

$$F_c = F_{elec}$$

$$m \frac{v^2}{r} = \frac{Ke^2}{r^2}$$

* الفرض الثاني :

علمت من الفرض الأول لبور ، أنه لمدار معين نصف قطره (r) تكون كل من (E ، U ، K ، V) للإلكترون ذات مقادير ثابتة ، ولا تتغير إلا بتغيير نصف قطر المدار الذي يدور فيه الإلكترون ، وهذا



يعني أن هناك مدارات محددة يتابع للالكترون أن يدور فيها ، وبناء على ذلك وضع بور فرضه الثاني الذي نصه :

((هناك مدارات ذات أنصاف قطر مختلفة متاح للالكترون أن يدور فيها حول النواة ، وفي أي منها تكون كمية الحركة الزاوية للالكترون متساوية مضاعفات صحيحة ثابت بلانك (\hbar) مقسوماً على (2π) .))

ويمكن التعبير عن هذا الفرض كما يلي :

$$\text{كمية الحركة الزاوية} = \text{مضاعفات صحيحة لمقدار} \frac{\hbar}{2\pi}$$

$$mv_n r_n = n / \frac{\hbar}{2\pi}$$

حيث (n) يرمز إلى المدار أو العدد الكمي Quantum Number ، ويأخذ القيم : (1، 2، 3، ، vn) تدل على سرعة الإلكترون في المدار الذي رتبته (n) ونصف قطره (r) .

ويلاحظ في هذا الفرض ما يلي :

1- أنه يمثل تطبيق بور لنظرية الكم ، لأن المقدار $(\frac{\hbar}{2\pi})$ ثابت ، (n) ثابت لمدار معين ، لذلك فإن كمية الحركة الزاوية $(mv_n r_n)$ مكتملة ، بمعنى أنها تتغير بنسبة ((معينة وثابتة)) عندما تتغير رتبة المدار (n) الذي يدور فيه الإلكترون حول النواة .

2- حيث إن رتبة المدار (n) تأخذ أعداداً صحيحة (1، 2، 3،) ، وإن كمية الحركة الزاوية مكتملة ، فإن الإلكترون لا يشغل على الإطلاق أي مكان واقع بين أي مدارين من المدارات المتاحة التي تحددها المعادلة الرياضية السابقة ، بمعنى أن الإلكترون يأخذ مدارات مسموح بها فقط .

• الفرض الثالث :

((لا يشع الإلكترون طاقة عندما يكون متجركاً في أحد مداراته المتاحة حول النواة ، ولكن يمتص (أو يشع) الطاقة بكميات محددة عندما يقفز من مدار إلى آخر ..))

وهذا الفرض يبين أنه عندما يدور الإلكترون في مدار معين حول النواة فإنه لا يشع طاقة ولذلك فإنه يمتلك كمية محددة ثابتة من الطاقة ، وهذا يعني أن المدار يمثل مستوى طاقة .



و بذلك فإن المدارات المتاحة لحركة الإلكترون تمثل ((مستويات الطاقة)) *Energy Levels* ، يمتلك الإلكترون في كل منها كمية ((محددة)) من الطاقة لا تتغير إلا بتغيير رتبة (n) أي بتغيير مستوى الطاقة وأنه كلما ازداد نصف قطر المدار (r) ، أي كلما ازدادت رتبة المدار فإن طاقة الإلكترون تزداد ، وفي ضوء ذلك فإننا نرى أن ذرة الهيدروجين إذا أكتسبت كمية ((محددة)) و ((كافية)) من الطاقة ، فإن الإلكترون يتخل من مستوى طاقة ((متخض)) حيث (n) صغيرة إلى مستوى طاقة ((مرتفع)) حيث (n) كبيرة في هذه الحالة تصبح الذرة مشاركة وغير مستقرة *unstable* ، ولكن سرعان ما يعود الإلكترون إلى وضعه الأصلي قبل الإثارة ، وبصدر عن الذرة ((فوتون)) طاقته تساوي الفرق بين طاقتي الإلكترون في المستويين .

فإذا رمزنا لطاقة المدار الخارجي بالرمز (E_1) ، وطاقة المدار الداخلي بالرمز (E_2) ، فإنه يمكن وضع الغرض الثالث في الصورة الرياضية التالية :

الطاقة الممتصة (أو المشعة) = طاقة الإلكترون في المستوى الخارجي - طاقة الإلكترون في المستوى الداخلي .

فإذا كانت الطاقة الممتصة (المشعة عادة تكون فوتوناً) هي طاقة فوتون تردد (f) فإن :

$$\hbar f = E_2 - E_1$$

حيث \hbar مقدار ثابت يسمى ثابت بلانك .

وبالاحظ في هذا الغرض ما يلي :

1 - تطبيق بور لنظرية الكم .

2 - إذا التزم الإلكترون بالدوران في مدار معين ، فإن طاقته لا تتغير لأنه لا يشع طاقة في أثناء دورانه في المدار ، وهذا يقدم التعليل لثبات الذرة الذي عجز عنه نموذج رذرфорد .

3 - لكي يقفز الإلكترون من مدار داخلي إلى مدار خارجي يلزمته (جرعة) محددة من الطاقة تساوي الفرق بين طاقتي الإلكترون في المستويين ، وعندما يعود إلى وضعه الأصلي فإنه يطلق الطاقة بجرعات محددة أيضاً تساوي الفرق بين طاقتي المستويين اللذين قفز بينهما ، وبذلك تبعث فوتونات ذات طاقات وترددات محددة ، وهذا يقدم التعليل لثبات طيف الذرة الذي عجز نموذج رذرфорد عن تفسيره ، وأنه عبارة عن حلقة خطية .



* ومع هذا النجاح ، إلا أن النموذج لم يستطع تفسير الأخطاء الدرية للدراسات متعددة الإلكترونات ، كما لم يستطع تفسير انتقال بعض الخطوط الطيفية إلى خطين أو أكثر .

والسبب الرئيسي راجع إلى أن بور قد بنى نموذجه على أساس أن الإلكترون جسم مادي محدد الصفات المادية ، فموضعه (معرض عنه بنصف قطر المدار) محدد بدقة ، وكمية حركته (معبر عنها بحاصل ضرب كتلة الإلكترون في سرعته في مدار محدد) كمية محددة بدقة أيضاً .

لكن الإلكترون كما سترى له صفات موجة بالإضافة إلى صفات المادية ، وأن قياس الكميات الميكروسكوبية في الذرة لا يمكن السيطرة عليه لهذه الدرجة من الدقة ، فمهما حاولنا فهناك حدود طبيعية تحد من دقة القياس لهذه الكميات (الموضع وكمية الحركة) . وباستثناء هذه الحقائق يظل نموذج بور لذرة الهيدروجين نموذجاً تعليمياً يفيد الدارس في بناء تصور أفضل للذرة .

تطبيقات على فرض بور :

1 - حساب نصف قطر مدار الإلكترون حول نواة ذرة الهيدروجين بدلالة رتبة المدار .

$$\frac{Ke^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

$$\therefore v^2 = \frac{Ke^2}{mr}$$

وتقسيم الفرض الثاني لبور والتعويض عن (v^2) :

$$\therefore m^2 \times \frac{Ke^2}{mr} \times r^2 = n^2 \frac{h^2}{4\pi^2}$$

(حيث (n) عدد صحيح يمثل رتبة المدار) .

$$\therefore r = n^2 \frac{h^2}{4\pi^2 Kme^2}$$

والنقدار $\frac{h^2}{4\pi^2 Kme^2}$ مقدار ثابت = $0.528A^-$ وساوي نصف قطر المدار الأول في ذرة الهيدروجين (r_1)

$$r_n = n^2 r_1$$

n^2



2 - حساب الطاقة الحركية للإلكترون في مداره حول نواة ذرة الهيدروجين :

$$\frac{Ke^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \quad \text{من الفرض الأول لبور :}$$

$$\therefore m v^2 = \frac{Ke^2}{r}$$

ويضرب طرفي المعادلة في $\frac{1}{2}$:

$$\therefore \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \frac{Ke^2}{r}$$

$$k_e = \frac{1}{2} \frac{Ke^2}{r_n}$$

3 - حساب طاقة الوضع الكهرومغناطيسية للإلكترون في مداره حول نواة ذرة الهيدروجين :

نظراً لوجود الإلكترون في المجال الكهرومغناطيسي للنواة فإنه يكتسب طاقة وضع كهرومغناطيسية

: (U)

$$\therefore U = -eV$$

$$V = \frac{Ke}{r}$$

$$U = -e \times \frac{Ke}{r}$$

$$U_n = \frac{-Ke^2}{r_n}$$

4 - حساب الطاقة الكهربائية للإلكترون في مداره حول نواة ذرة الهيدروجين :

أثناء دوران الإلكترون حول نواة ذرة الهيدروجين ، فإنه يمتلك طاقة حركية (K) ناتجة عن دورانه ، وكذلك طاقة وضع كهرومغناطيسية (U) نتيجة وجوده في المجال الكهرومغناطيسي للنواة .

$$\therefore K = \frac{1}{2} \frac{Ke^2}{r_n}$$

$$U = \frac{-ke^2}{r}$$



$$\therefore E = K + U$$

$$\therefore E = \frac{1}{2} \frac{K e^2}{r} - \frac{K e^2}{r}$$

$$\therefore E_n = \frac{1}{2} \frac{K e^2}{r_n}$$

$$\therefore E_n = -\frac{1}{2} \frac{K e^2}{n^2 r_i}$$

$$-\frac{1}{2} \frac{K e^2}{r_i} = -13.6 \text{ eV}$$

والمقدار :

وهي طاقة الإلكترون في المدار الأول لذرة الهيدروجين

$$\therefore E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ e.V}$$



إثارة الذرة .

(3 - 7)

هي قفز الإلكترون من مستوى طاقة داخلي (أقل طاقة) إلى مستوى طاقة خارجي (أكبر طاقة) في الذرة .

الذرة المثاره : هي الذرة التي يكون فيها الكترون أو أكثر من الكتروناتها في مستوى طاقة أكبر من مستوى الاستقرار .

طرق إثارة الذرة :

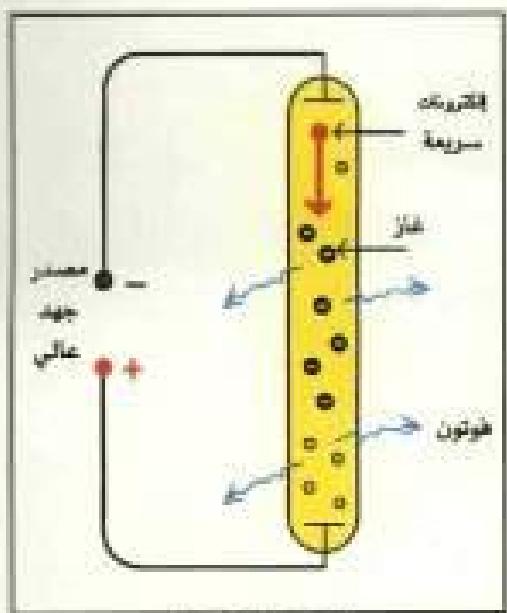
عند إثارة ذرة مستقرة ، فإنها تحتاج إلى جرعة (كم) محددة من الطاقة = فرق طيفي المستويين اللذين يتم بينهما الانتقال . وهذه الطاقة (طاقة الإثارة) يمكن إمداد هذه الذرة بها بعدة طرق :

(1) الطريقة الحرارية : وذلك برفع درجة حرارة المادة المطلوب إثارة ذراتها .

(2) الطريقة الإشعاعية : وذلك بإسقاط إشعاع كهرمغناطيسي مناسب على العنصر المطلوب إثارة ذراته .

(3) الطريقة الميكانيكية : بوضع الغاز المطلوب إثارة ذراته في أنبوب تفريغ كهربائي تحت ضغط مخفف وفرق جهد عالٍ ، حيث تأمين بعض الذرات ، وتنطلق منها الكترونات بطاقة حركية كبيرة ، تتصادم مع ذرات أخرى فتشيرها .

شكل (5-7)



الشكل (5-7)

* عند إثارة الذرة بالطريقة الميكانيكية يجب أن تكون طاقة الإلكترون المستخدم في عملية الإثارة متساوية أو أكبر من الطاقة اللازمة للإثارة .

* وعند إثارة الذرة بالطريقة الإشعاعية ، يجب أن تكون طاقة النورتون المستخدم في الإثارة متساوية تماماً للطاقة اللازمة للإثارة .

* والجدير بالذكر أن الذرة عندما تكون مثارة ، فإنها تكون متჩجة غير مستقرة ، ولذلك فإنها تسعى إلى التخلص من هذه الحالة والعودة إلى حالة الاستقرار ، ويتم ذلك بأن يقفز الإلكترون من مستوى الإثارة إلى مستوى الاستقرار ، وبذلك يفقد الطاقة التي كانت مبياً في إثارة الذرة أصلاً ، والتي تساوي



الفرق بين طاقتي الإلكتروني في المداوين اللذين حدثت بيتهما الإثارة ، أما الطاقة المفقودة فإنها تظهر بصورة فوتون .

وليس من الضروري أن تكون عودة الإلكترون من مستويات الإثارة إلى مستوى الاستقرار هي فقرة واحدة ، ولكنه قد يعود في أكثر من فقرة ، وكل فقرة يتيح عنها إشعاع الذرة لغوتون واحد ، توقف طاقته وتزداد على اتساع الفقرة .

ملاحظات وأمثلة

- ١ - لإثارة ذرة لابد أن تكتب (كم) من الطاقة (على أي صورة من صور الطاقة ميكانيكية أو إشعاعية أو).

حيث يكون مقدار الطاقة اللازمة للإتارة يساوي الفرق بين طاقتى مستوى الإتارة ومستوى الاستقرار .

مثال ۱۲

إذا علمت أن $E = 13.6 eV$ في ذرة الهيدروجين . فاحسب مقدار الطاقة اللازمة لإثارة الذرة لل مستوى $n = 3$.

$$E_s = -\frac{13.6}{9} = -1.5 \text{ e.V}$$

$$E = E_i - E_f = -1.5 + 13.6 = 12.1 \text{ eV}$$

- 2 - لو كانت الذرة مثارة بأن يسلط عليها إلكترون بطاقة حرارية ، فإن الذرة تمتلك من الإلكترون الطاقة اللازمة لإثارتها ، وتنषط الإلكترون بباقي الطاقة .

3 - لو كانت الذرة مثارة بفوتوны ، لابد أن تكون طاقة الفوتوون تساوي الغرق في الطاقة بين طاقة مستوى الإثارة ومستوى الاستقرار بالضبط ، لأن طاقة الفوتوون لا تتجزأ ، فاما أن تمتلك بالكامل أو لا تمتلك تهاباً .

4 - عند إثارة ذرة فإن الإلكترون سرعان ما يعود لمستوى استقراره ، وتشع نفس الكم الذي أكتبه من الطاقة عند إثارتها . والطاقة المشعة تكون على هيئة طاقة ضوئية (إشعاع - فوتونات) . وعودة



الإلكترون المستوى استقراره يمكن أن تتم بقفزة واحدة أو عدة قفزات ، وكل قفزة تعطي فوتوناً بحسب :

$$\text{داخلي } E = E_{\text{خارجي}}$$

مثال (3)

إذا علمنا أن $E_i = -13.6 \text{ e.v}$ في ذرة الهيدروجين . فاحسب الطرل الموجي للفوتون الداير من عودة الإلكترون في ذرة هيدروجين مشاركة من : $n = 3$ إلى $n = 1$

$$E_f = \frac{-13.6}{9} = -1.5 \text{ e.v}$$

$$\therefore E = E_f - E_i \Rightarrow \therefore \frac{hc}{\lambda} = (-1.5 + 13.6) \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$\frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{\lambda} = 19.36 \times 10^{-19} \Rightarrow \lambda = \frac{1.98 \times 10^{-23}}{19.36 \times 10^{-19}} = 1.02 \times 10^{-7} \text{ m}$$

5 - لو اكتسبت ذرة كم من الطاقة ، فانتقل الإلكترون للمستوى ∞ (خارج الذرة) هنا تكون الذرة قد تأببت

مثال (4)

إذا علمنا أن $E_i = -13.6 \text{ e.v}$ في ذرة الهيدروجين المستقرة ، وأن طاقة الإلكترون عند تحرره تتساوى مع الذرة صفر .

فاحسب جهد التأمين للذرة الهيدروجين .

الحل

$$\text{e.v} = E_{\infty} - E_i$$

$$1.6 \times 10^{-19} \times V = (0 + 13.6) \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$\therefore V = 13.6 \text{ V}$$

الأطيف : The Spectra

(4 - 7)

عند مرور ضوء في منشور ثلاثي ، فإن الضوء يتشتت (أو يتحلل) ، وإذا استقبلنا هذا الضوء المشتت على حاجز أو بوساطة مجمع المطياف أو أخذت له صورة ، فلأننا نحصل على شريط لوبي مكون من لون واحد أو عدة ألوان ، ويطلق على هذا الشريط اسم ((الطيف)) .
ويختلف الطيف باختلاف مصدر الضوء والوسط الذي يتشر فيه الضوء .

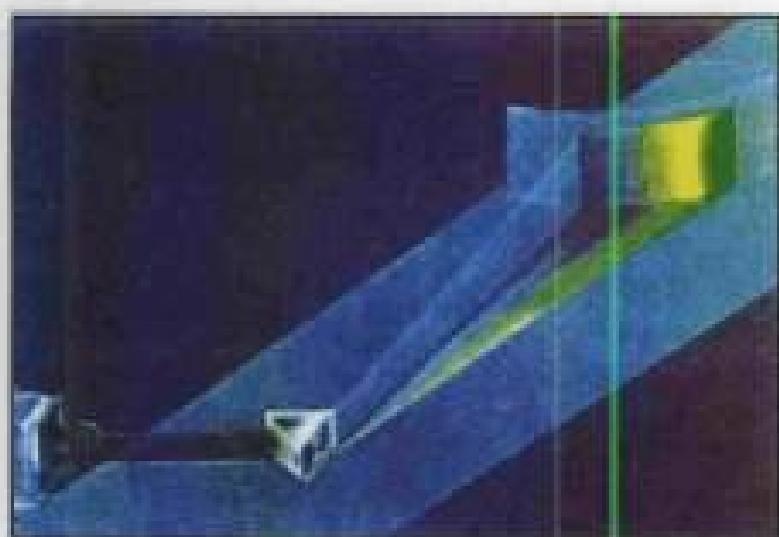
نوع الطيف

إن الطيف المرئي يتكون من الألوان السبعة ، ويمكن رؤيته لأنه يؤثر على أعضاب العين وهو نوعان :

- 1 - طيف الأبعاث (الإشعاع) .
- 2 - طيف الامتصاص .

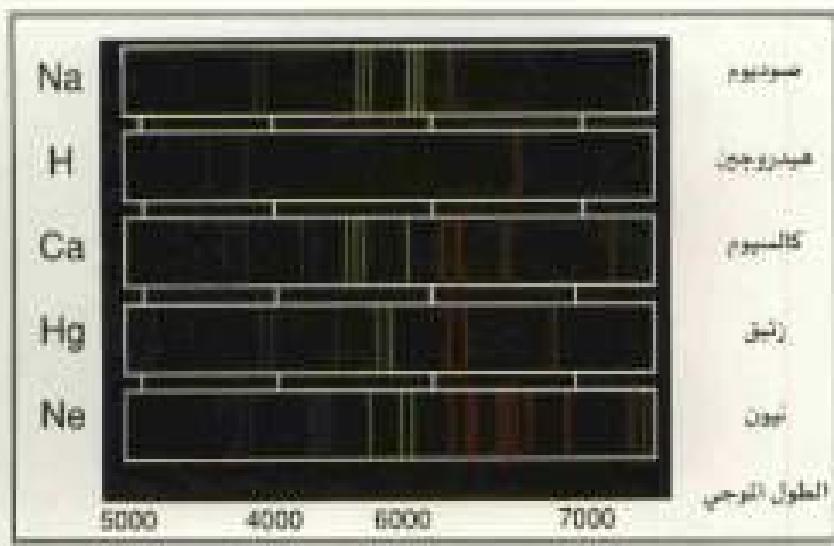
أولاً : طيف الأبعاث (طيف الإشعاع) Emission Spectrum

قم بتسخين جسم حصلب إلى درجة البياض ، مثل الجير الحبيبي المتوجه ، وحلل الضوء المنبعث منه بجهاز المطياف ، تشاهد طيفاً فيه الألوان السبعة بالتتابع دون القطاع من الأحمر إلى البنفسجي يسمى بالطيف المستمر (Continuous Spectrum) .



الشكل (7)

أما إذا وضعت مادة مركب لأحد العناصر في لهب بترن غير المضيء كملح الطعام ، وحللت الأشعة الناشطة عنها باستخدام جهاز المطياف ، تشاهد أن الطيف الناتج لا يظهر من ألوان الطيف المستمر ، بل يظهر فيه خطان صفراء وان في مكان الطيف الخططي المعروف للصوديوم ، فإن ذلك يدل على وجود عنصر الصوديوم في هذه المادة ، أي أن هذا الطيف يتأخذ



الشكل (7-7)

خطوطاً حادة ملونة على أرضية قائمة يعرف بطيف الأبعاد الخطى وتسمى هذه الطريقة بالتحليل الطيفى .

والشكل (7-7) يوضح أطيف الأبعاد الخطية لبعض العناصر .

و عند تسخين عنصر ما إلى درجة التوهج بين الأحمر والأبيض يظهر هنا الطيف على شكل عدد من الأشرطة الملونة على أرضية قائمة ، يعرف بطيف الأبعاد الشريطي .

نجد أن طيف الأبعاد يمكن تقسيمه إلى :

- 1 - طيف الأبعاد المستمر .
- 2 - طيف الأبعاد الخطى .
- 3 - طيف الأبعاد الشريطي .

Absorption Spectra: ثالثاً : طيف الامتصاص

مثال (١٥)

ضع لوحاً زجاجياً ملوناً بلون أحمر بين منبع ضوء أبيض وفتحة جهاز المطياف ، سوف تلاحظ أن الطيف المستمر اختفت بعض ألوانه مما خدأ اللون الأحمر ، وللوضوح محلول بمنتجات البروتاسيوم بين منبع الضوء أبيض وفتحة جهاز المطياف ، تحصل على طيف امتصاص يحتوى على خمسة خطوط امتصاص من منطقة الأخضر .

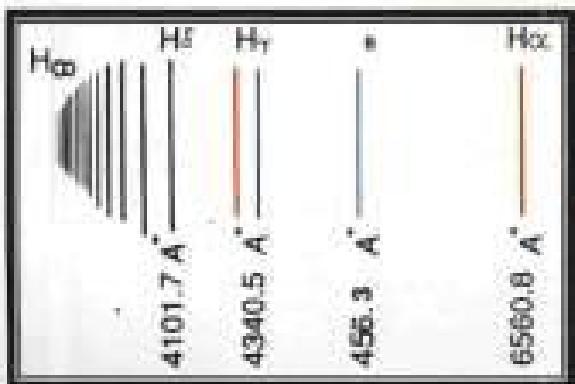
ونتيجة لذلك نجد أن طيف الامتصاص هو ((طيف مستمر ، تتخلله خطوط معتمدة نتيجة لمراور الضوء أبيض خلال الأجسام الصالبة أو السائلة أو الغازية)) .

وينقسم إلى نوعين :

- 1- طيف الامتصاص الخطى .
- 2- طيف الامتصاص الشريطي .



طيف ذرة الهيدروجين (5 - 7) Hydrogen Spectrum

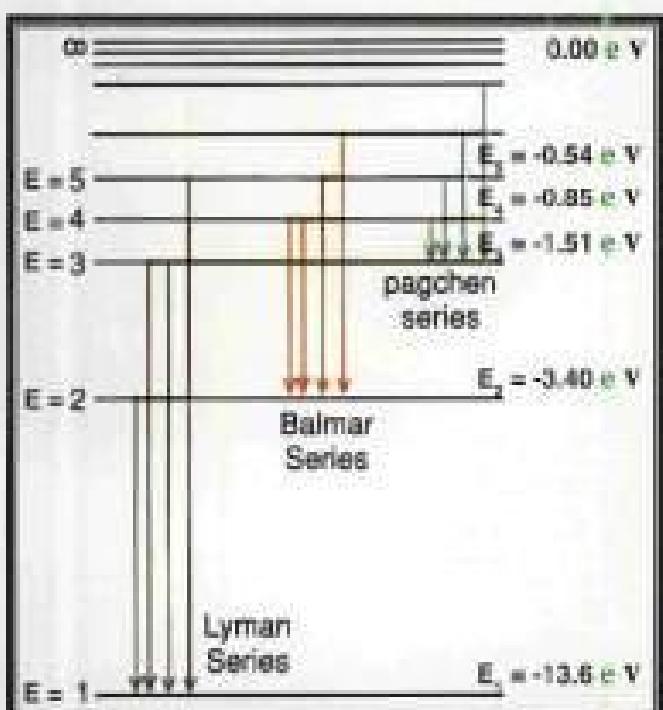


الشكل (8-7)

عند إحداث تفريغ كهربائي في أنبوبة تحت ضغط بعض ملياترات من الغاز الهيدروجين تحت ضغط بعض ملياترات من الزئبق وتوصيل أنود وكاثود الأنبوبة بطارفي مصدر جهد عالي ، فإننا عند توجيه الضوء المنبعث من الغاز على فتحة المعيار ، نحصل على طيف الأبعاد الخطية للهيدروجين . شكل (7-7) .

وعند فحص طيف الأبعاد الخطية لغاز الهيدروجين

، فإننا نجده مكوناً من خطوط مقصورة بعضها عن بعض بمسافات تتناسب تدريجياً كلما قل طولها الموجي ، إلى أن تصبح الخطوط متراحمه متجمعة لا تستطيع تمييزها لأنها تقع في المنطقة فوق البنفسجية غير المرئية من الطيف . انظر الشكل التخطيطي شكل (8-7) .



الشكل (9-7)

أما الخطوط التي يمكن تمييزها ورؤيتها بشكل واضح ، فهي ذات ترددات وأطوال موجية مختلفة وعددتها أربعة خطوط هي :

الخط الأول : ويقع في النهاية الحمراء من الطيف المرئي ، ويعطي الرمز H_{α} .

الخط الثاني : ويقع في المنطقة الخضراء من الطيف المرئي ويعطي الرمز H_{β} .

الخط الثالث : ويقع في المنطقة الزرقاء من الطيف المرئي ويعطي الرمز H_{γ} .

الخط الرابع : ويقع في المنطقة البنفسجية من الطيف المرئي ويعطي الرمز H_{δ} .

وتسمى مجموعة هذه الخطوط باسم ((سلسلة بالمر)) *Balmer Series* نسبة إلى مكتشفها الفيزيائي السويدي بالمر ، شكل (9-7) .



ولقد استطاع رايدبيرج (Rydberg 1896 ميلادية) أن يعبر عن سلسلة بالمرتبة مقلوب طول الموجة .

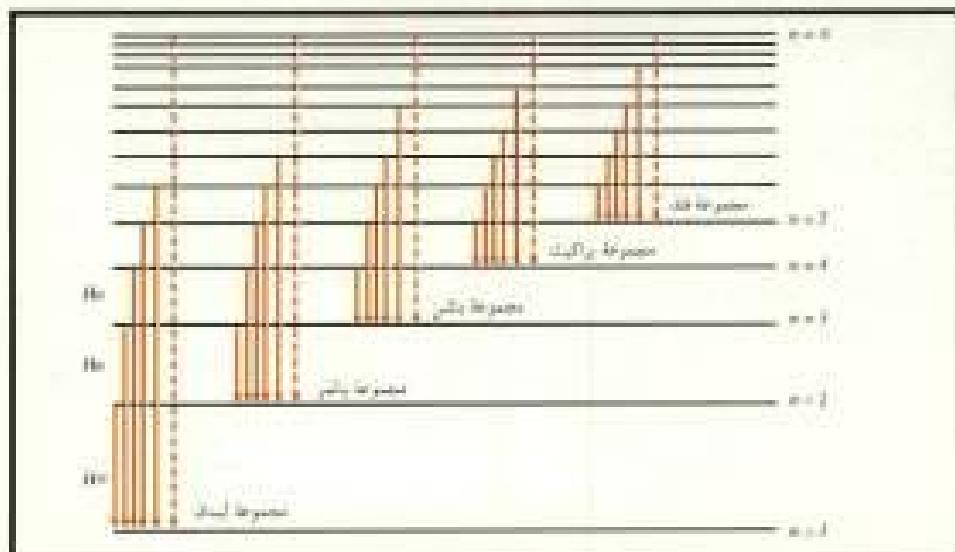
$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{2^2} \right) \quad \text{حيث تأخذ } n \text{ القيم } 3, 4, 5, \dots$$

(R_H) ثابت يسمى ثابت رايدبيرج وقيمة هي : $1.096776 \times 10^{-7} \text{ m}^{-1}$ فمثلاً عندما $n = 3$ مثلاً نجد أن الطول الموجي للخط الأحمر : $\lambda = 6565 \text{ Å} = \text{ن}$ وعندما $n = 6$ مثلاً نجد الطول الموجي للخط البنفسجي $\lambda = 4103 \text{ Å} = \text{ن}$ وعندما تكون $n = \infty$ نجد نهاية السلسلة (فرق البنفسجي) $\lambda = 3647 \text{ Å} = \text{ن}$.

ويمكن تعريف معادلة رايدبيرج لزيادة الطول الموجي لأي خط طيفي كما يلي :

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right)$$

حيث (n_i) زرقة العدار الداخلي ، (n_f) زرقة العدار الخارجي ، والمقدار ($\frac{1}{\lambda}$) يسمى الرقم الموجي . من ذلك نرى أن نظرية بور قد نجحت نجاحاً منقطع النظير في تفسير السمات العامة المعروفة لطيف ذرة الهيدروجين ، وتنبأت بسلسل طيفية أخرى تناظر قيمًا مختلفة للمعدل n وتسمي هذه السلسل باسم مكتشفها شكل (10-7) . ويلاحظ أن سلسلة بالمرتبة n تقع في نطاق الضوء المرئي ، ولعل هذا بين السبب في عدم اكتشاف بقية الأطيف إلا بعد ما تنبأ به النظرية . إن الخطوط الطيفية المستجدة من المعادلة تتفق تماماً مع القياسات التجريبية ، كما أنها تعطي قيمة دقيقة لثابت رايدبيرج . ولقد أمكن من خلال تموذج بور تفسير الخطوط الطيفية لبعض الذرات الشبيهة بذرات الهيدروجين (*hydrogen-like*) ، والتي يكون لها إلكترون واحد في مدارها الأخير ، مثل أيون الهليوم He^+ والليثيوم Li^+ .



الشكل (10-7)



أشعة الليزر والميذر :

(6 - 7)

(1) أشعة الليزر :

تعلمنا من دراستنا لإثارة الذرات حقائق عدّة منها :

- 1 - عندما تكون الذرة في مستوى طاقة مستشار بالنسبة لمستوى طاقة آخر لها فإنها لا تلبث بعد فترة وجيزة أن تبعث تلقيات بفوتوны له طاقة محددة هي الفرق بين طاقتي هذين المستويين ، يسمى هذا النوع من الأبعاث بالابعاث التلقائي (*Spontaneous Emission*) .
- 2 - عندما تكون الذرة في مستوى طاقتها الأرضية (غير المستشار) فإنه يمكن استثارتها بعملية الامتصاص لفوتون ساقط عليها له طاقة هي الفرق بين طاقة المستوى المستشار وطاقة المستوى الأرضي .
- 3 - في عملية الامتصاص إما أن يمتص الفوتون كاملاً أو لا يمتص مطلقاً . وفي عملية الأبعاث إما أن ينبعث الفوتون كاملاً أو لا ينبعث مطلقاً .

نظر الآن إلى وضع ثالث : يمكن أن تكون فيه الذرة في حالة مستارة ، في الوقت نفسه يسقط عليها فوتون له طاقة فوتون الحالة المستارة نفسها ، نطرح السؤال التالي :

ماذا يحدث لهذا الفوتون عند مروره بهذه الذرة ؟ وماذا يحدث لهذه الذرة المستارة عند مرور هذا الفوتون ؟

في خواص الحقائق التي ذكرناها ستكون إجابتنا الأولى للسؤال المطروح هي : أن ذلك الفوتون لن يتعرض للامتصاص في أثناء مروره في تلك الذرة وإن الذرة متبعث بفوتوتها المساويا في الطاقة لهذا الفوتون ، وسيكون لدينا في النهاية فوتونان لهما الطاقة نفسها ، هذه الإجابة وأن تكون صحيحة إلا أنها غير كاملة .

إذ تبين الدراسة الدقيقة لهذه الحالة أنه عند سقوط فوتون على ذرة مستارة - له طاقة فوتون الحالة المستارة نفسها - فإن الفوتون الساقط يحرض فوتون الحالة المستارة على الأبعاث في وقت أسرع من الزمن اللازم لعوده الذرة المستارة إلى حالة أقل استقرار (كالحالة الأرضية) .

تسمى العملية التي يتم فيها تحريض ابعاث فوتون من ذرة مستارة بتصويب فوتون له طاقة فوتون



الشكل (11-7)

الحالة المستارة نفسها بعملية الأبعاد المستحدثة (Stimulated Emission). واضح أنه إذا كان هناك أكثر من ذرة لها الظروف نفسها من الاستارة فإن فوتوناً واحداً حالاً سبب عنه أبعاد مستحدثة متسللة.

يمتاز الأبعاد المستحدثة بعزمها عدداً، فأولاً يكون تردد الفوتون العادي وتردد الفوتون المنبعث متساوين، وثانياً يتحرك هذان الفوتونان معاً بالطور نفسه وبالاتجاه نفسه كما في الشكل (11-7)، إن الأبعاد المستحدثة المتسلسلة هو الأساس الذي يقوم عليه عمل الليزر فما هو الليزر؟

خواص أشعة الليزر :

الليزر حزمة ضوئية، ويتميز ضوء شعاع الليزر بعزمها عدداً أساسية هي :

- 1 - الشدة الإشعاعية (Intensity): تكون شدة شعاع الليزر عالية مقارنة بشدة الضوء العادي.
- 2 - ترابط الحزمة الضوئية (Coherence): تتمتع الحزمة الضوئية الليزرية بالترابط الزمانى والمكانى خلافاً للحزم الضوئية العادية التي لا تختص بهذه الخاصية. و بسبب هذا الترابط فإن فوتونات الحزمة يغتري بعضها ببعض لتعطى طاقة أكبر من طاقة الضوء العادي.
- 3 - صغر الانشار الزاوي (Angular Spread): فالحزمة الليزرية تكون مركزة في حزمة ضيقة و الفوتونات التي تميل عن محور الحزمة يتم طردتها من الحزمة.
- 4 - شعاع الليزر أحادي اللون، بمعنى أن تردد الإشعاع الليزري يكون ثقاباً غير مختلط بترددات أخرى، خلافاً لما هي الحال في الحزمة الضوئية العادية.

و المصطلح ليزر (Lazer) هو كلمة مشتقة من الأحرف الخمسة الأولى للكلمات المولفة للجملة :

Light Amplification by Stimulated Emission Radiation

والتي تعرب بالمعنى : **تضخيم الضوء بالأبعاد المستحدثة للإشعاع**.

وتصمم في الوقت الحاضر أنواع عديدة من أجهزة الليزر وهناك الليزرات الغازية مثل ليزر غاز الهليوم-



نيون ليزر غاز الأرجون ، وليزر الياج $Nd: Yag$ وليزر الرجال وهناك ليزرات الصبغة السائلة *Liquid dye*

وأخيراً يجب التأكيد بأن أجهزة الليزر تعمل عمل محولات للطاقة ، وليس مولدات لها .

الاستخدامات الليزر :

لليزر استخدامات واسعة توقف على نوع الليزر المستخدم ومن بين هذه الاستخدامات نذكر :

- 1 - يستخدم الليزر في إظهار الصور ثلاثية الأبعاد والملونة وسمى هولوغرام *Holograms* وذلك بتسجيل شدة الموجة وطورها .
- 2 - يمكن استخدامها في تحفيز التفاعلات التروية الاندماجية .
- 3 - تستخدم ككاشفات للتلوث في الغلاف الجوي .
- 4 - تستخدم في الطب في جراحة العيون والقلب وتفتيت حصوات الكلى والمرارة .
- 5 - تستخدم في الصناعة لقطع المعادن وحفر التفوب المتأهية في الصقر .
- 6 - تستخدم في الأغراض الحربية في تحديد المدى وتوجيه الصواريخ .

(2) الليزر Maser

لا يختلف الليزر عن الليزر إلا في نطاق الطيف الكهرمغناطيسي المستخدم ، ففي الليزر يكون نطاق الطيف مؤلفاً من الموجات الدقيقة الميكرويف (*Microwaves*) حيث يتم تضخيم الموجات المتأهية في الصقر بطريقة الابعاد المستحدثة للإشعاع .



السؤال الأول

اكتب بين القوسين الاسم أو المصطلح العلمي الدال على كل عبارة من العبارات التالية :

- 1 - جسم مركزي في الذرة يحوي معظم كتلتها ، وكل شحنتها (.....) الموجة .
- 2 - نوع من الأطيف يمكن الحصول عليه من تحليل الفوء الصادر عن الأجسام المزروحة لدرجة البياض (.....)
- 3 - نوع من الأطيف يظهر على هيئة شريط قائم اللون تخلله خطوط براقة ملونة (.....)
- 4 - يدور إلكترون ذرة الهيدروجين في مدار ثابت بعد عن النواة ، ولا يشع أي قدر من الطاقة وتكون سرعته الخطية متحففة للتساوي بين قوة الجذب الكهرومغناطيسية بين الإلكترون والنواة وقوة المركبة (.....)
- 5 - موجات كهرومغناطيسية تنشأ نتيجة تكبير الفوء بوساطة ابتعاث الحرض بالإشعاع (.....)

السؤال الثاني

أكمل الفراغات في العبارات التالية بما يناسبها علمياً :

- 1 - النموذج الذري الذي تقع أن شحنة الذرة الموجة والمسالمة موزعة بشكل متناسق على جميع أنحاء الذرة هو نموذج
- 2 - نجع النموذج الذري لرذوفورد في و و
- 3 - الطيف المميز لنوع مصدره هو الطيف
- 4 - يدور إلكترون ذرة الهيدروجين في مدارات دائيرية محددة الطاقة حيث تساوي

مخاعقات عدديه صحيحة لثابت بلاتك (h) مقصو^{ما} على (2π) .

5 - عملية انتقال الإلكترون من مستوى طاقة منخفض إلى مستوى طاقة آخر أعلى منه نتيجة اكتساحاً كما محدداً من الطاقة تعرف بعملية

6- إذا ظل (يتعيّن / استتم) الإلكترون متتحرّكاً في مدار محدد فإنّ حلاطته

7 - عند عودة (رجوع) الإلكترون الوحيد للذرة الهيدروجين العادي من مستوى إثارة إلى مستوى استقراره يتم فوتون يزيد تردداته بزيادة .

8 - فشل التموذج الذري ليور في تفسير

٩- إذا كان نصف قطر المدار الأول لإلكترون ذرة الهيدروجين (٢) فإن نصف قطر المدار الثالث (٢) بدلالة (٢) يساوي _____.

10 - كلما زادت رتبة مدار الإلكترون في ذرة الهيدروجين فإن طاقة حركته وحالة وضعه الكهرومغناطيسي وعلاقته الككلية

11 - تمهيل فوتوغراف شعاع الميرر بأنها متفقة في

السؤال السادس

ضع علامة (√) في الدائرة الواقعه أمام العبارة الصحيحة علمياً ، وعلامة (✗) في الدائرة الواقعه أمام العبارة غير الصحيحة علمياً فيما يلى :

١- في تجربة رذوفورد ثقى معظم جسيمات ألفا الموجة مع حدوث انحرافات بزوايا صغيرة في مساراتها سببه الشحنة السالبة للإلكترونات .

2 - حسب نموذج طومسون للثرة فإن الشحنات السالبة (الإلكترونات) تتوزع في المحيط بالمنطقة .

3 - فجع طومسون في التنبؤ بوجود النيوترونات أثناء تفسيره للتوزيع المتجانس لشحنة الذرة.

- 5 - أكبر قيمة لطاقة الإلكترون عندما تكون رتبة المدار ($\infty = r$) وتساوي صفرًا وأقل قيمة لهذه الطاقة في المدار الأول ($r = \infty$) .
- 6 - يتقلل الإلكترون من مستوى الإثارة إلى مستوى الاستقرار مروزاً على جميع المستويات بينهما بالتتابع وهذا يفسر الطيف المستمر للذرة .
- 7 - نصف قطر المدار المتأرجح للإلكترون حول نواة الهيدروجين يتضامب طردياً مع رتبة هذا المدار .
- 8 - إذا كان نصف قطر أحد المدارات المتأرجحة لـ الإلكترون ذرة الهيدروجين 8.448 A° فإن رتبة هذا المدار (r) تساوي (4) .
- 9 - القيمة المطلقة للطاقة الكلية للإلكترون في ذرة الهيدروجين تساوي طاقة حركته في نفس المدار .
- 10 - شعاع الليزر متربط لأن جميع فوتوناته متفقة الطور وتتدخل فيما بينها تداخلاً بناءً .
- 11 - ساهم اكتشاف الليزر في تطوير صناعة الإلكترونيات لاستخدامه في الحفر الدقيق للدواوين المتكاملة على الشريحة الرقيقة .

السؤال الرابع

ضع علامة (√) في المربع المجاور لأسباب إجابة لكل من العبارات التالية :

- 1 - النموذج الذي يعتبر الذرة ككرة متناهية الصغر كتلتها وشحنتها (السلبية والموجبة) موزعة بانتظام على جميع أجزائها هو النموذج الذي افترضه :
- دالتون بور رذرفورد

- 2 - توقع رذرفورد وفقاً لنموذج طومسون أن جميع دقائق ألفا الموجبة المصوبة نحو شريحة رقيقة من الذهب يجب أن :

- تمر عبر الشريحة دون أن تعاني أي انحراف
 ترتد في عكس الاتجاه القادمة منه
 تمر عبر الشريحة وتعاني انحرافاً بزوايا كبيرة
 تمر عبر الشريحة وتعاني انحرافات بزوايا صغيرة

3 - لم يحقق المروج الذري لرذوفورد تجاحاً يذكر في :

- التبؤ بوجود التبوترونات
- تقدير نصف قطر النواة
- حل مشكلة طيف الدرة

4 - الطيف الناتج عن تحليل القوه الصادر نتيجة لعبور (مرور) ضوء مصباح عادي خلال بخار مادة غير متوجه هو طيف :

- انتصاف خطى
- ابعاد خطى
- ابعاد شريطي

5 - واحد (فقط) من الأخطاف التالية غير مميز لمصدره وهو طيف :

- الأبعاد الشريطي
- الانتصاف الخطى
- الأبعاد المستمر

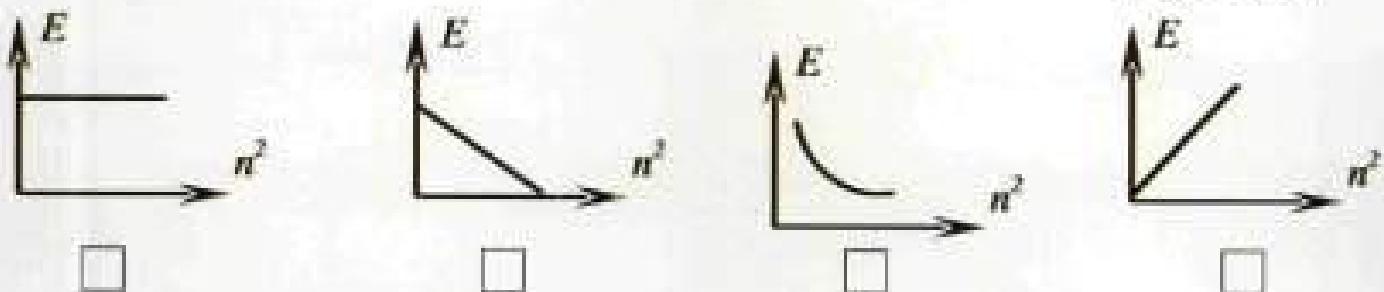
6 - إذا كان نصف قطر المدار الأول في ذرة الهيدروجين ($A^0 = 1$) وكان نصف قطر المدار الذي يدور فيه الإلكترون ($A^0 = 4.752 \text{ fm} = 4.752 \times 10^{-15} \text{ m}$) فإن رتبة هذا المدار تساوي :

9 4 3 2

7 - الطاقة الكلية للكترون ذرة الهيدروجين هي أحد مداراته المتاحة تساوي :

- نصف طاقة حركته في نفس المدار
- نصف طاقة وضعه الكهرومغناطيسية في نفس المدار
- طاقة وضعه الكهرومغناطيسية في نفس المدار
- مثلث طاقة حركته في نفس المدار

8 - أفضل منحنى بياني يعبر عن العلاقة بين القيمة المطلقة لطاقة الإلكترون الكلية ورتب المدارات المتاحة هو :



9 - واحدة فقط من الخصائص التالية تمثل الاختلاف بين الفضاء العادي (الطيف العادي) وأشعة الليزر وهو :

أشعة الليزر	الفضاء العادي
تداخلها هدام دائمًا	تداخل تداخل هدام ومتاه
غير مترابطة	مترابطة
شدة متغيرة ويمتد لمسافات كبيرة	شدة متغيرة ويمتد لمسافات قصيرة
غير مولني	مولني

10 - عند مقارنة خصائص أشعة الليزر بخصائص الأشعة السينية فإن واحداً فقط مما يليه صحيح هو :

الأشعة السينية	أشعة الليزر	وجه المقارنة
إلكترونات معجلة	فوتونات	الطبيعة
متراكب	خطي	نوع الطيف
وحيدة التردد	متعددة التردد	التردد
عالية	منخفضة	الشدة

السؤال الخامس

على لما يلي تعليلأ علمياً دقيقاً :

- نفاد جزء ضئيل من جسيمات ألفا المضوية نحو رقيقة من الذهب منحرفاً بزايا كبيرة .
- عدم قبول العلماء لنموذج رذرفلورد رغم اعتماده على تجربة عملية ناجحة .
- الطيف الخطى معين لمصدره ، بينما الطيف المستمر غير معين لمصدره .
- رغم التجارب العديدة التي حققتها النموذج الذري لور ، إلا أنه لم يعم طويلاً .
- إشعاع الليزر وحيد اللون ومترابط .

السؤال السادس

١ - أثبت أن :

(١) نصف قطر المدار المنتاج للإلكترون حول النواة في ذرة الهيدروجين يتناسب طردياً مع مربع رتبة هذا المدار .

(٢) القيمة المطلقة للطاقة الكلية للإلكترون في أي من مداراته المتشابهة حول نواهه تتناسب عكساً مع مربع رتبة مداره .

٢ - استخرج تعبيراً رياضياً لحساب كل من :

ـ طاقة حركة الإلكترون (K_e)

ـ طاقة الوضع الكهرومغناطيسية للإلكترون (U_e)

ـ الطاقة الكلية للإلكترون (E_e)

ـ بدلالة شحنة الإلكترون (e) ونصف قطر المدار الذي يدور فيه (r_e)

السؤال السابع

عدد ثلاثة فقط من استخدامات أشعة الليزر .

السؤال الثامن

حل المسائل التالية :

حيثما لزم الأمر اعتبر

$h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$	$K = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$
$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$	$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$
$me = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$	$r_i = 0.528 (\text{A}^\circ)$
$1 \text{ A}^\circ = 10^{-10} \text{ m}$	$1 \text{ e.v} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

- 1 - إذا علمت أن طاقة تأين ذرة الهيدروجين $E_1 = -13.6 \text{ e.v}$ احسب طاقة الإلكترون في المستوى الرابع $(n=4)$

$$\text{الاجوبة: } E_4 = -0.85 \text{ e.v} = -1.36 \times 10^{-19} \text{ J}$$

- 2 - أثير الكترون ذرة هيدروجين إلى المستوى الثاني ، فإذا عاد هذا الإلكترون لمستوى استقراره مرة أخرى ، احسب تردد وطول موجة الفوتون المتبقي علماً بأن $(E_2 = -13.6 \text{ e.v})$

$$\text{الاجوبة: } f = 2.47 \times 10^{15} \text{ Hz}, \lambda = 1.214 \times 10^7 \text{ m} = 1214 \text{ Å}$$

- 3



شكل a يمثل الطيف الكهرومغناطيسي للضوء وعلاقته بالطول الموجي .
وشكل b يمثل ثلاثة احتمالات لعودة الإلكترون المثار لذرة الهيدروجين إلى مستويات أدنى من مستوى إثارة $(n = 4)$ أبين حسابياً في أي منطقة من مطابق الطيف يقع كل خط من الخطوط الثلاثة الموضحة بالشكل b .

$$\text{الاجوبة: } \lambda_{\text{red}} = 1.875 \times 10^7 \text{ m} = 18750 \text{ Å} \quad \text{منطقة الطيف تحت الحمراء}$$

$$\lambda_{\text{green}} = 4.852 \times 10^7 \text{ m} = 4852 \text{ Å} \quad \text{منطقة الطيف المرئي}$$

$$\lambda_{\text{violet}} = 9.705 \times 10^7 \text{ m} = 970.5 \text{ Å} \quad \text{منطقة الطيف فوق البنفسجية}$$

- 4 - إذا كان نصف قطر المدار السادس للكترون ذرة الهيدروجين ... (19.008 Å) احسب :

1) نصف قطر المدارين الثالث والرابع

2) سرعة الإلكترون في المدارين الثالث والرابع

(3) طاقة وضع وطاقة حركة الإلكترون في المدار الخامس

$$\text{الأجوبة: } (1) V_r = 546825.18 \text{ m/s}, 729101.05 \text{ m/s} (2), r_r = 4.752 \text{ A}^{\circ}, r_r = 8.448 \text{ A}^{\circ}$$

$$(3) K_r = 0.8721 \times 10^{-19} \text{ J} = 0.545 \text{ e.V}, U_r = -1.745 \times 10^{-19} \text{ J} = -1.09 \text{ e.V}$$

5 - ذرة هييدروجين مستقرة في الظروف العادية (من الصفر ودرجة الحرارة) فإذا أثيرت إلى مستوى طاقته ... (1.51 e.v) احسب :

1) رتبة مستوى الإثارة

2) طاقة الوضع وطاقة الحركة للإلكترون في هذا المستوى

3) نصف قطر هذا المستوى

4) كمية الحركة الزاوية للإلكترون في هذا المستوى

$$\text{الأجوبة: } (1) n=3, (2) K_r = 2.424 \times 10^{-19} \text{ J} = 1.51 \text{ e.V}, U_r = -4.8 + 8.4 \times 10^{-19} \text{ J} = -3.0 \text{ J e.V}$$

$$(3) L_r = 3.15 \times 10^{-34} \text{ kg.m}^2/\text{s} (4), r_r = 4.76 \times 10^{-10} \text{ m} = 4.76 \text{ A}^{\circ}$$

6 - إذا كان نصف قطر المدار الأول في ذرة الهيدروجين " A° " (0.528) ، فاحسب ما يلي :

1) سرعة الإلكترون في المدار الأول .

2) الطاقة الككلية للإلكترون في المدار الأول .

3) كمية الحركة الزاوية للإلكترون في المدار الثاني .

$$\text{الأجوبة: } (1) L_r = 2.1 \times 10^{-34} \text{ kg.m}^2/\text{s} (2), E_r = -2.18 \times 10^{-19} \text{ J} (3), V_r = 2.187 \times 10^6 \text{ m/s}$$

7 - إذا كانت طاقة الإلكترون في المدارين الأول والرابع في ذرة الهيدروجين هي ، (21.76×10^{-19})

(0.85 e.V) على الترتيب ، وقفز الإلكترون من المدار الرابع إلى المدار الأول في قفزة واحدة .

فاحسب :

1) تردد الفوتون الممبعث من الذرة .

2) طول موجة الفوتون المنبعث .

3) وإذا أصلحتم الفوتون المنبعث بلذرة هييدروجين أخرى مستقرة فماذا يحدث ؟

$$\text{الأجوبة: } (1) f = 3.09 \times 10^{15} \text{ Hz}, (2) \lambda = 9.7 \times 10^{-7} \text{ m} = 970 \text{ A}^{\circ}$$

(3) هذا يعني أن طاقة الفوتون تغير الإلكترون وأمن من مستوى طاقة الاستقرار إلى مستوى الطاقة الرابع

8 - إذا كانت طاقات الإلكترون في ذرة الهيدروجين في مستوى الاستقرار ومستوى الإثارة الأول ، ومستوى الإثارة الثاني تساوي على الترتيب :

(e.v) 1.5 , -3.4 , -13.6 ، وكانت طاقة الإلكترون عندما يتحرر تماماً من الذرة تساوي الصفر ، فاحسب :

- 1) جهد التأين لذرة الهيدروجين .
- 2) الأطوال الموجية لثلاث خطوط في طيف البعاث الهيدروجين .

الأجوبة :

$$\lambda_1 = 1.213 \times 10^7 \text{ m} = 1213 \text{ Å} , \lambda_2 = 6.51 \times 10^{-7} \text{ m} = 6513 \text{ Å} = (2) , V = 13.6 \text{ V} (1)$$

9 - إذا كان نصف قطر المدار الثالث في ذرة الهيدروجين يساوي A^0 (4.752) فاحسب :

- 1) نصف قطر كل من المدارين الأول والثاني .
- 2) سرعة الإلكترون في كل من المدارين الأول والثاني .
- 3) طاقة وضع الإلكترون في كل من المدارين الأول والثاني .
- 4) كمية الحركة الزاوية للإلكترون في المدار الأول .
- 5) طاقة الإلكترون في المدار الأول .

$$r_1 = 0.528 \times 10^{-10} \text{ m} , r_2 = 2.112 \times 10^{-10} \text{ m} (1)$$

$$V_1 = 2.186 \times 10^6 \text{ m/s} , V_2 = 1.093 \times 10^6 \text{ m/s} (2)$$

$$U_1 = -4.36 \times 10^{-18} \text{ J} , U_2 = -1.09 \times 10^{-18} \text{ J} (3)$$

$$E_1 = -2.176 \times 10^{-18} \text{ J} (5) , L_1 = 1.05 \times 10^{-34} \text{ kg.m}^2/\text{s} (4)$$

10 - إلكترون طاقة الحركة (20) e.v اصطدم مع ذرة هيدروجين مستقرة فأثارها إلى مستوى معين ، وتشتت الإلكترون الصادم بسرعة أقل من سرعته قبل الصدام . وعندما عادت الذرة إلى حالة الاستقرار بعثت فوتوناً طول موجته (1.216×10^7) احسب السرعة التي تشتت بها الإلكترون الصادم .

$$V^* = 1.85 \times 10^6 \text{ m/s} : \text{الأجوبة}$$

11 - الشكل التالي يبين مستويات الطاقة في ذرة الهيدروجين . احسب الأطوال الموجية للإشعاعات التي تصدر عن الذرة انتقل له الإلكترون بحسب الأسماء المعرفة (1) ، (2) ، (3) ، (4) .

$$\text{اعتبر أن : } h = 6.6 \times 10^{-4} \text{ J.s}$$

$E_4 = (-0.38) \text{ e.v}$					$n = 6$
$E_3 = (-0.54) \text{ e.v}$					$n = 5$
$E_2 = (-0.85) \text{ e.v}$					$n = 4$
$E_1 = (-1.51) \text{ e.v}$					$n = 3$
$E_0 = (-3.39) \text{ e.v}$	(1)	(2)	(3)	(4)	$n = 2$
$E_{-1} = (-13.68) \text{ e.v}$					$n = 1$

$$\lambda_1 = 6.582 \times 10^7 \text{ m} = 6582 \text{ A}^\circ, \lambda_2 = 4.872 \times 10^7 \text{ m} = 4872 \text{ A}^\circ \quad \text{الأجوبة :}$$

$$\lambda_3 = 4.342 \times 10^7 \text{ m} = 4342 \text{ A}^\circ, \lambda_4 = 4.111 \times 10^7 \text{ m} = 4111 \text{ A}^\circ$$

12 - إذا وضعت ذرة هيدروجين في ظروف جعلت الكترونها في مستوى الطاقة الذي رتبته ($n = 4$) ، ثم فقد هذا الإلكترون طاقته عن طريق الإشعاع عند عودته إلى مستوى الاستقرار الذي رتبته ($n = 1$) ، فاحسب :

1 - أكبر وأقل عدد من الفوتونات يمكن للذرة أن تشغليها في هذه الحالة .

2 - أي هذه الفوتونات له أكبر تردد ، وما مقدار تردداته .

3 - أي هذه الفوتونات له أكبر طول موجي ، وما مقدار طولها الموجي .

$$\text{علمًـاً بأن : } E_1 = (-13.6) \text{ e.v}$$

الأجوبة : (أ) أكبر عدد للفوتونات هو نلات وأقل عدد هو واحد .

(ب) الفوتون الذي يشتمل على الانتقال بين الرابع والثالث له أكبر تردد : $f = 3.09 \times 10^{15} \text{ Hz}$

(ج) الفوتون الذي يشتمل على الانتقال بين الرابع والثالث له أكبر طول موجي :

$$\lambda = 1.875 \times 10^9 \text{ m} = 18750 \text{ A}^\circ$$

- 13 - ذرة هيدروجين مستقرة في الظروف العادلة من الضغط ودرجة الحرارة ، سلط عليها ما يلي :
- 1 - فوتون طاقته $e.v = 12.2$.
 - 2 - إلكترون متحرك طاقته $e.v = 12.2$.

اذكر مع التعبيل ما يحدث في كل من الحالتين السابقتين ، مستعيناً بالبيانات على الشكل التالي :

$E_1 = -0.85 \text{ e.V}$	_____	$n = 4$
$E_2 = -1.5 \text{ e.V}$	_____	$n = 3$
$E_3 = -3.4 \text{ e.V}$	_____	$n = 2$
$E_4 = -13.6 \text{ e.V}$	_____	$n = 1$

- الأجوبة : (1) لا تثار الذرة لأن طاقة الفوتون لا تغزا .
 (2) تثار الذرة لأن طاقة الإلكترون تغزا إلى مستوى الإثارة الثاني .

- 14 - اصطدم إلكترون طاقة حركته $e.v = 12.3$ بذرة الهيدروجين مستقرة ، مستعيناً بالبيانات على الشكل المقابل احسب :
- 1) رتبة العدار الذي يشار إليه إلكترون ذرة الهيدروجين .
 - 2) الطاقة التي ينتشر بها إلكترون الصادم .

الأجوبة : $n = 3 + 0.2 e.v$

الفصل السادس

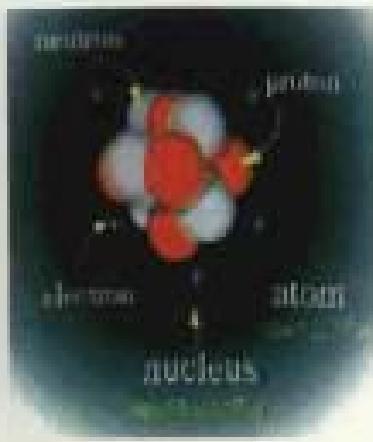
الفيزياء النووية

NUCLEAR PHYSICS



يهدف هذا الفصل إلى التعرف على مكونات النواة وطاقة الربط النووية . كما يوضح ظاهرة النشاط الإشعاعي وتفسير التحلل النووي واستخداماته المختلفة ومخاطر الإشعاعات النووية وطرق الوقاية منها .

ويتناول أيضاً دراسة التفاعلات النووية والمقابل النووي كمصدر للطاقة . وكذلك يتعرض لهذا الفصل للاعتماد النووي حيث أنه المصدر الأساسي للطاقة الشمسية (وهي أصل كل الطاقات) وهو التفاعلات الاندماجية .



تمهيد :

(1-8)

لقد سبق أن تعرفت في كتاب الكيمياء للصف العاشر على ظاهرة النشاط الإشعاعي *Radio Activity* ، ودرست كيف تمكّن العالم الإنجليزي رذرفلورد عام 1907 من اكتشاف الجسيمات والإشعاعات التي تصدر عن الأتومية المشعة وهي "الفا ، بيتا ، جاما" .

وفي العام 1930 قام "بيث وبيكر" في المانيا بقذف العناصر الخفيفة مثل الليثيوم والبريليوم بجسيمات ألفا المنبعثة من البولونيوم ، حيث لاحظوا نتيجة لذلك ابعاد إشعاع له نفاذية عالية لدرجة تمكّنه من اختراق عدة سنتيمترات من الرصاص بسهولة . وقد اعتقادا في بادئ الأمر أن الإشعاع الناتج هو إشعاع جاما ، ولكن هذه الفرضية لم تنجح في تفسير نتائج تجاربهم .

وفي نهاية سنة 1933 أجرى العالم "شادويك" سلسلة من التجارب أثبت فيها أن هذا الإشعاع المجهول ليس إشعاع جاما ، إنما هو جسيمات لها صفة مادية وغير مشحونة ، وكتلة كل منها تقارب كتلة البروتون ، وأطلق على هذه الجسيمات اسم "النيوترونات" .

وبناءً على هذا الاكتشاف اتضح أن الذرة تتركب من :

الثواة وهي تحتوي على بروتونات ونيوترونات ، يدور حولها الإلكترونات في مستويات طاقة مختلفة ، ويتساوى عدد الإلكترونات مع عدد البروتونات .

مكونات الثواة :

(2-8)

الجسيمات الأساسية الثلاثة التي تتكون منها ذرات العناصر هي : الإلكترون (*Electron*) والبروتون (*Proton*) والنيوترون (*Neutron*) ، ويمكن مقارنتها كالتالي :

الشحنة الكهربائية	الكتلة	الجسم
$-1.602 \times 10^{-19} C$	$9.11 \times 10^{-31} kg$	الإلكترون
$+1.602 \times 10^{-19} C$	$1.673 \times 10^{-27} kg$	البروتون
0	$1.675 \times 10^{-27} kg$	النيوترون



ومن هذا الجدول تستنتج ما يلي :

- 1) معظم الكتلة الذرية لأي عنصر تتركز في النواة ، لأن كتلة الإلكترون صغيرة جداً إذا قورنت بكتلة كل من البروتون والبيوترون . وعلى هذا فإنه يمكن بامكاننا اعتبار كتلة نواة الذرة تعادل كتلة الذرة نفسها تقريباً .
 - 2) لما كانت شحنة الإلكترون مساوية في المقدار لشحنة البروتون ومختلفة لها في النوع ، ولما كان عدد البروتونات في نواة الذرة مساواً للعدد الإلكترونات خارجها ، فإننا نستنتج أن الذرة في الظروف المعتادة متعددة من الناحية الكيميائية . ويطلق على كل من البروتون والبيوترون في النواة اسم " جسيم نوي " أو "نيوكليون" (Nucleon) .
- كما يطلق على " عدد البروتونات في النواة " اسم " العدد الذري " للعنصر (Atomic Number) ، ويرمز له بالرمز (Z) ويرمز لعدد البيوترونات بالرمز (N) أما " عدد النيوكليونات في النواة " فيطلق عليه اسم " العدد الكتلي " للعنصر (Mass Number) ويرمز له بالرمز (A)
- ومن ذلك يتضح أن :

عدد البيوترونات في النواة = العدد الكتلي - العدد الذري

$$N = A - Z$$

والرموز التي اعتاد الكيميائيون على كتابتها للتعبير عن فرات العناصر ، هي نفسها التي يستخدمها الفيزيائيون للتعبير عن أنوية هذه العناصر . ولكن يمكن الرمز مثراً عن تركيب النواة تماماً ، فقد حرت العادة على كتابة " العدد الذري " أصل الرمز جهة اليسار ، و " العدد الكتلي " أعلى الرمز من جهة اليسار أيضاً .

فالرمز (H_1) مثلاً يدل على نواة الهيدروجين العادي الذي عدده الذري (1) . والرمز (He_4) يدل على نواة الهيليوم الذي عدده الذري (2) وعده الكتلي (4) . وهكذا .

والرموز التالية هي للمكونات الأساسية الثلاثة لندرات العناصر :

الرمز	الجسم
e^-	الإلكترون
H_1	البروتون
n^0	البيوترون



وحدة الكتل الذرية (lu) Atomic Mass Unit

كتلة الذرة (أي ذرة) صغيرة جداً، بحيث لا يمكن تقديرها بوحدة الكتل العيارية الدولية (kg). لذلك بدأ العلماء منذ اكتشاف مكونات الذرة باختيار وحدة عيارية مناسبة لتقدير وقياس كتل ذرات العناصر، وقد أطلق على هذه الوحدة اسم "وحدة الكتل الذرية" (u).

وقد اتفق العلماء على اعتبار كتلة ذرة الكربون (C^{12}) متساوية u (12) أي أن :

وحدة الكتل الذرية تساوي $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون (C^{12}). ولذلك نعرف ما تساويه وحدة الكتل الذرية من وحدات الكتل العيارية أو الطاقة ، فإنك تعلم أن الكتلة الذرية الجرامية لأي عنصر تحتوي على عدد ثابت من الذرات هو "عدد أفراد جادرو = (6.02×10^{23}) ذرة".

كل (12) جم من الكربون (C^{12}) تحتوي على (6.02×10^{23}) ذرة كربون .

$$\text{في كتلة ذرة الكربون} = \frac{12}{6.02 \times 10^{23}} \text{ g}$$

$$\left(\frac{12}{6.02 \times 10^{23}} \right) \text{ kg} =$$

$$\text{كتلة وحدة الكتل الذرية} = \frac{1}{12} \times \frac{12}{6.02 \times 10^{23}} = 1.661 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

وإذا قدرت كتل المكونات الأساسية الثلاثة للذرة بوحدة الكتل الذرية فإننا نجد لها كالتالي :

الكتلة بوحدة (u)	الجسيم
0.00055 u	الإلكترون
1.0073 u	البروتون
1.0087 u	النيوترون

$$E = mc^2$$

ومن معادلة أينشتاين

$$\therefore E = 1.661 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2$$

$$= 1.4949 \times 10^{-10} \text{ J} \approx 1.49 \times 10^{-10} \text{ J}$$

$$= \frac{1.49 \times 10^{-10}}{1.6 \times 10^{-19}} \times 10^{-4} = 931.25 M \text{ eV} = 931 M \text{ eV}$$



النظائر

(3-8)

سبق لك أن درست في مقرر الكيمياء للصف العاشر أن هناك عدة صور لبعض العناصر : فالهيدروجين مثلاً يوجد كالتالي :



والكلور مثلاً يوجد كالتالي :



وهذه الصور للعنصر الواحد كما درست تسمى "النظائر" .

النظائر : هي ذرات العنصر الواحد التي تتسارى في العدد الذري (Z) ، وتحتفي العدد الكتلي (A) .

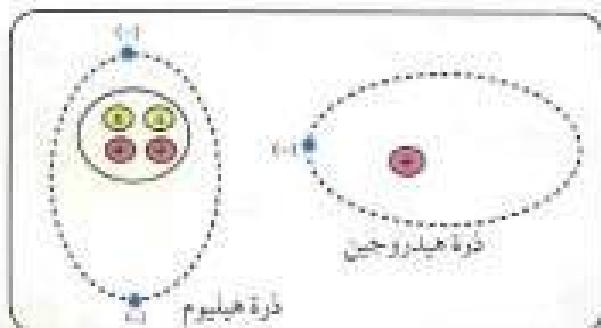
أي أنها تتساوي في عدد البروتونات ، وتحتفي في عدد النيترونات . أي أن لها نفس الخواص الكيميائية ، ولكن تختلف في الخواص الفيزيائية .

فالهيدروجين كما قدمت له ثلاثة نظائر ، والكلور له تسع نظائر وهكذا . ولقد أثبتت البحوث التي أجريت باستخدام مطياف الكتلة - والذي سبق لك دراسته في الجزء الأول - أنه يوجد في الطبيعة ما يقرب من 280 نظيرًا مختلفاً ، وقد أمكن تقدير كتل هذه النظائر في مطياف الكتلة . وقد وجد أن نظائر العنصر الواحد لاستواجد في الطبيعة في آية عينة من العنصر بنسبي متساوية ، فالكلور مثلاً يتواجد نظيراه $({}_{17}^{37}Cl, {}_{17}^{35}Cl)$ على الترتيب بنسبة 3:1 في آية عينة منه .

وعلى ذلك فإنه من أجل حساب الكتلة الذرية لأي عنصر لا بد من الأخذ في الاعتبار نسبة وفرة النظير في العينة ، وبالتالي فإن :

الكتلة الذرية لعنصر هي متوسط كتل نظائر العنصر بحسب نسب وجودها في الطبيعة . أي أن :

$$\text{الكتلة الذرية للعنصر} = \frac{\text{مع} (\text{كتلة النظير} \times \text{نسبة وجوده في العينة})}{\text{مجموع النسب}}$$



الشكل (1-8)


مثال (١)

الحديد الطبيعي مزلف من النظائر التالية في الجدول :
احسب الكثافة الذرية للحديد الطبيعي .



الكتلة الذرية u	وزن %	النطير
53.9396	5.28	^{54}F
55.9349	91.66	^{56}F
56.9354	2.19	^{57}F
57.9333	0.33	^{58}F

$$\therefore \text{الكتلة الذرية للحديد} =$$

$$\frac{53.9396 \times 5.82 + 55.9349 \times 91.66 + 56.9354 \times 2.19 + 57.933 \times 0.33}{5.82 + 91.66 + 2.19 + 0.33}$$

$$= 55.8473 \text{ u}$$

طاقة الربط النووية Nuclear Binding Energy
(4-8)

من دراستك لأنوية مختلف ذرات العناصر "باستثناء ذرة الهيدروجين (H_1)" ، عرفت أنها تتكون من النيوترونات عديمة الشحنة ، والبروتونات موجبة الشحنة ، وقطر النواة صغير جداً ، وبالتالي فعن المتوقع أن تكون بين مكونات النواة قوى تناقض كبيرة جداً ، ومن المتوقع كذلك أن تؤدي هذه القوى إلى تفتقذ النواة وبعثرة مكوناتها ، ولكن أنوية العناصر شديدة التمسك ، والسؤال الآن كيف يمكن تفسير ذلك ؟ وللإجابة على هذا السؤال ، نأخذ مثلاً ذرة الهيليوم (4He) حيث تحتوي نواتها على (2) بروتون ، (2) نيوترون .

مجموع كتل مكونات النواة = عدد البروتونات × كتلة البروتون + عدد النيوترونات × كتلة النيوترون .

$$= 2 \times 1.0073 + 2 \times 1.0087 = 4.032 \text{ u}$$



ولكن كتلة نواة الهليوم الفعلية "من مطابق الكتلة تساوي $u = 4.0015$ " ، فمن ذلك نلاحظ أن هناك نقصاً في كتلة النواة الفعلية عن مجموع كتل مكوناتها .

النقص في الكتلة = مجموع كتل مكونات النواة - كتلة النواة الفعلية

$$\Delta m = 4.032 - 4.0015$$

$$= 0.0305 \text{ } u$$

هذا النقص في الكتلة أكبر من أن يعزى إلى الخطأ التجريبي ، فماين إذن يذهب هذا النقص في الكتلة (Δm)

ولقد قدم لنا العالم أينشتين تفسير ذلك ، حيث إن الكتلة والطاقة يمكن تحول كل منها إلى الأخرى حسب المعادلة $(E = mc^2)$

وبالتالي فإن هذا النقص في كتلة النواة عن مجموع كتل مكوناتها لابد أن يظهر على شكل طاقة تربط مكونات النواة معاً ، تسمى "طاقة الربط النووي" حيث :

طاقة الربط النووية للعنصر هي الطاقة التي تربط مكونات النواة ببعضها البعض ، أو هي الطاقة اللازمة لفصل مكونات النواة عن بعضها البعض فصلاً تاماً .

مثال (2)

احسب متوسط طاقة الربط النووية لنواة الليثيوم 7Li
على أساس كتلتها $u = 7.01816 \text{ MeV}$



$$\begin{aligned} \text{مجموع كتل مكونات النواة} &= \text{عدد البروتونات} \times \text{كتلة البروتون} + \text{عدد النيترونات} \times \text{كتلة النيترون} \\ &= 3 \times 1.0073 + 4 \times 1.0087 \\ &= 7.0567 \text{ } u \end{aligned}$$

طاقة الربط النووية (Δm) = مع كتل مكونات النواة - كتلة النواة الفعلية

$$= 7.0567 - 7.01816$$

$$= 0.03854 \text{ } u$$

$$= 0.03854 \times 931 = 35.88074 \text{ MeV}$$



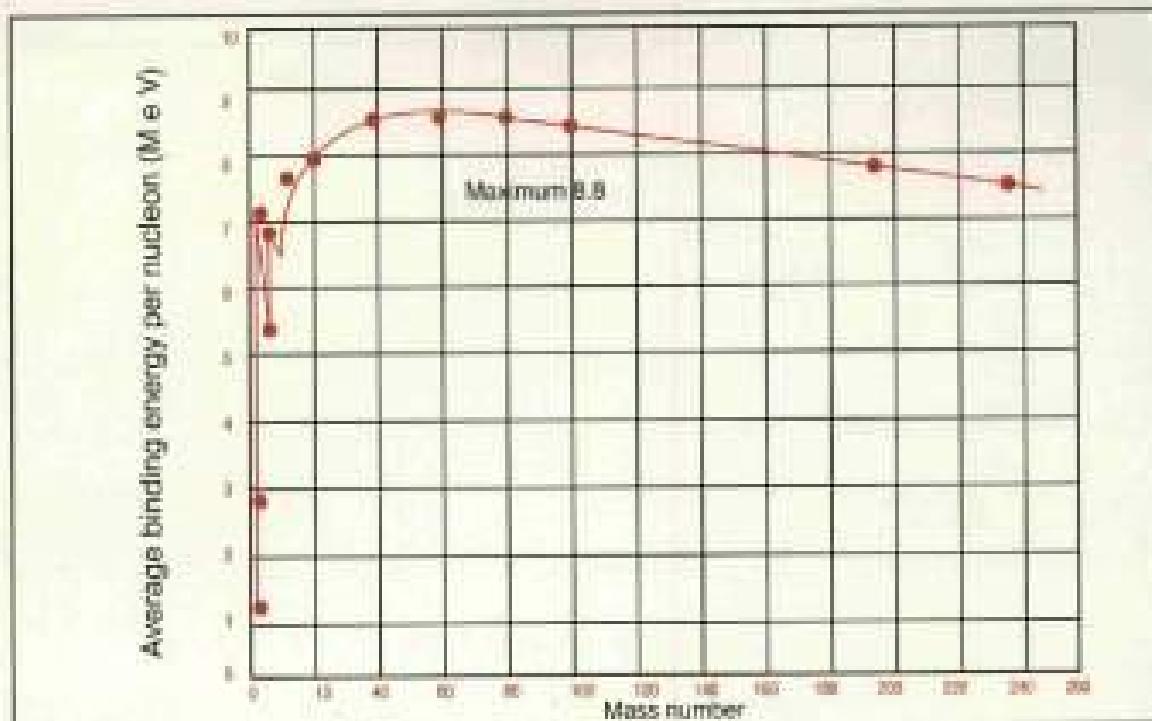
وتزداد طاقة الربط النوية بزيادة مقدار التعرض في الكتلة . ولكن ، هل يمكن الحكم على مدى تماسك مكونات النواة من معرفة طاقة الربط النوية للنواة فقط ؟ في المثال السابق حسبنا طاقة الربط النوية لنواة الليثيوم ، ونواة الليثيوم تحتوي على (7) جسيمات نوية يسمى كل منها (نيوكليون) ، وبالتالي يمكن حساب طاقة الربط لكل نيوكليون واحد من مكونات النواة كما يلي :

$$\text{طاقة الربط لكل نيوكليون} = \frac{\text{طاقة الربط النوية}}{\text{العدد البيركليونات}} = \frac{35.88074}{7} = 5.12582 \text{ MeV}$$

حيث تسمى هذه الطاقة "متوسط طاقة الربط النوية" ، وهي طاقة الربط النوية لكل نيوكليون في النواة .

وقيمة متوسط طاقة الربط النوية للعنصر تبين مدى ارتباط النيوكليون بالنواة ، وبالتالي مدى استقرار وتماسك مكونات النواة .

فكلما زاد متوسط طاقة الربط النوية للعنصر ، كان هذا العنصر أكثر استقراراً . ويتغير "متوسط طاقة الربط النوية" للعناصر بتغير "العدد الكتلي" بحسب الخط البياني الموضح بالشكل :



(الشكل (2-8)



ومن هذا الخط البياني يتضح لنا ما يلي :

١ - يتراوح متوسط طاقة الربط التروية للعناصر بين (صغر للهيدروجين العادي) (H_1) ،

$^{63}_{28}Ni$ 8.8 MeV

٢ - أكثر العناصر استقراراً هي "العناصر المتوسطة" في الجدول الدوري ، وهي تلك العناصر التي أعدادها الكتلة تتراوح بين (120 ، 40) ، وهذه العناصر كما يتضح من الخط البياني تمتلك أكبر متوسط طاقة ربط نوية ولكنها على آية حال ليست على درجة واحدة من الاستقرار ويعتبر الحديد $^{56}_{26}Ni$ من بين أكثر العناصر المتوسطة استقراراً .

٣ - العناصر التي يزيد عددها الكتلي عن (120) ، والتي تعرف بالعناصر "الثقيلة" في الجدول الدوري ، يقل متوسط طاقة ربطها التروية عن العناصر المتوسطة ، ولذلك فإنها تكون أقل استقراراً من العناصر المتوسطة ففي حالة اليورانيوم (U^{238}) مثلاً ، والذي يقع عند نهاية الخط البياني ، نجد أن متوسط طاقة الربط التروية له يساوي حوالي 7.6 MeV . وسعاً وراء الاستقرار ، فإن أثوية هذه العناصر الثقيلة تحاول الاقتراب من العناصر المتوسطة ، وذلك بتقليل أعدادها الكتلة .

ولهذا السبب ، فإن أثوية العناصر الثقيلة ، إذا هُبّت لها الظروف المناسبة ، تكون ميالة إلى "الانشطار Fission" ، كما أن الكثير منها تكون لديها خاصية النشاط الإشعاعي الطبيعي ، وكل ذلك في سبيل زيادة متوسط طاقة ربطها التروية ، والاقتراب تدريجياً من الأثوية المتوسطة لتكون أكثر استقراراً .

وسواء أكان تحول الأثوية "الثقيلة" إلى "متوسطة" عن طريق الانشطار ، أم عن طريق النشاط الإشعاعي ، فإنها تتعلق طاقة هائلة .

٤ - العناصر التي يقل عددها الكتلي عن (40) ، والتي تُعرف بالعناصر "الخفيفة" في الجدول الدوري ، أقل استقراراً من العناصر المتوسطة ، لأن متوسط طاقة ربطها التروية أقل من متوسط طاقة الربط التروية لتنك العناصر المتوسطة .

ولكى تقترب أثوية هذه العناصر (الخفيفة) من وضع الاستقرار ، فإنها تحاول الاقتراب من العناصر المتوسطة بزيادة عددها الكتلي . ولهذا السبب فإن أثوية العناصر الخفيفة ، إذا هُبّت لها الظروف المناسبة ، تكون ميالة إلى الاندماج Fusion . كما أن بعض هذه الأثوية لديها خاصية النشاط الإشعاعي الطبيعي . وسواء أكان تحول الأثوية "الخفيفة" إلى "متوسطة" عن طريق الاندماج ، أم عن طريق النشاط الإشعاعي ، فإنها تتعلق طاقة هائلة .



هذا وسدرس ، بشي ، من التفصيل في الفصلين القادمين ، الاستطار النووي والاندماج النووي ، وكذلك النشاط الإشعاعي الطبيعي .

مثال (٣)

بين أي النوافتين $[O^{16}]$ ، $[Ag^{107}]$ أكثر استقراراً ، إذا علمنا أن :

$$^{16}O = 16.0039 \text{ a.m.u.}, Ag = 106.9387 \text{ u.} = 1.0073 \text{ u}$$

$$u_n = 1.0087 \text{ u} \quad u = 931 \text{ MeV}$$

الحل

$$N_p = 8, N_n = 16 - 8 = 8 \quad \text{بالنسبة للنواة } (O^{16}) :$$

$$= 8 \times 1.0073 + 8 \times 1.0087 = 16.128 \text{ u.} \quad \text{كتلة المكونات}$$

$$\text{طاقة الربط النووية} = \text{كتلة المكونات} - \text{كتلة النواة}$$

$$16.128 - 16.0039 = 0.1241 \text{ u.} \quad \text{طاقة الربط النووية}$$

$$\frac{\text{طاقة الربط النووية}}{\text{العدد الكلى}} = \frac{\text{متوسط طاقة الربط النووية}}{\text{}}$$

$$= \frac{0.1241}{16} = 7.756 \times 10^{-3} \text{ u.}$$

$$= 7.756 \times 10^{-3} \times 931$$

$$= 7.22 \text{ MeV}$$

$$N_p = 47, N_n = 107 - 47 = 60 \quad \text{بالنسبة للنواة } (Ag^{107}) :$$

$$= 47 \times 1.0073 + 60 \times 1.0087 = 107.8651 \text{ u.} \quad \text{كتلة المكونات}$$

$$107.8651 - 106.9387 = 0.9264 \text{ u.} \quad \text{طاقة الربط النووية}$$

$$\frac{0.9264}{107} = 8.658 \times 10^{-3} \text{ u.} \quad \text{متوسط طاقة الربط النووية}$$

$$= 8.658 \times 10^{-3} \times 931$$

$$= 8.06 \text{ MeV}$$

وبمقارنة متوسطي طاقتي الربط للنواتين نجد النواة Ag^{107} أكثر استقراراً من النواة O^{16} .



القوى النووية :

(5-8)

إن نواة الذرة تجذب ما حولها من الكترونات بقوى كهرومغناطيسية تخضع لقانون كولوم ، ويسبب هذه القوى تكون الذرة مستقرة .

وفي داخل النواة أيضاً قوى تناقض كهرومغناطيسية متبادلة بين البروتونات ، وهذه القوى تمثل إلى جعل النواة غير مستقرة ، إلا إننا رأينا في الفصل السابق أن نيوكليليونات النواة (من بروتونات ونيوترونات) تعيش معاً داخل النواة متألفة مترابطة ترابطاً وثيقاً ، على الرغم من قوى التناقض الكهرومغناطيسية المتبادلة بين البروتونات . وذكرنا أن هذا الترابط ناشئ عن نقص كتلة النواة عن مجموع كتل مكوناتها من النيوكليليونات .

من هنا نستنتج أنه لا بد من قوى جذب هائلة تربط بين نيوكليليونات النواة ، تمكنها من التغلب على قوى التناقض الكهرومغناطيسية بين البروتونات ، وهذه القوى هي القوى النووية .

ومعنى ذلك أن القوى النووية هي "قوى التجاذب بين نيوكليليونات النواة"

وعلى الرغم من أن طبيعة هذه القوى غير معلومة حتى الآن ، إلا أنها بالتأكيد تختلف عن القوى الأساسية الأخرى في الطبيعة ، وهي القوى الكهربائية وقوى الجذب المادية .⁽¹⁾

وقد وجد العلماء أن القوى النووية تتميز بالخصائص الفريدة التالية :

1 - القوى النووية لا تميز بين البروتون والنيترون ، فهي بذلك لا تعتمد على الشحنة الكهربائية *Charge Independent* ببوتوني أو القوة بين بروتون ونيترون .

2 - القوى النووية قصيرة المدى (Short Range)

فقد وُجد أن القوة النووية بين نيوكليليونين من نيوكليليونات النواة تتلاشى تماماً عندما يصبح البعد بينهما أكبر من $m (1.4 \times 10^{-15})$. وهذا يعني أنه في الأئمة الكثيرة لا يرتبط النيوكليليون الواحد بجميع نيوكليليونات النواة ، بل إنه يرتبط فقط بمجموع النيوكليليونات التي تحيط به ضمن كرة نصف قطرها لا يتجاوز $m (1.4 \times 10^{-15})$ ، ولا يرتبط بالنيوكليليونات التي تخرج عن نطاق الكرة .

(1) القوة الكهربائية بين شحنتين $-q_1 q_2 = F$ (قانون كولوم)

القوة الكهربائية بين جسمين $\frac{m_1 m_2 G}{r^2}$ (قانون الجذب الكوني ل牛顿)



وهذا يعني أيضاً أن القوة النووية لا تخضع لقانون التربيع العكسي ($\frac{1}{r^2}$) الذي تخضع له القوى الكهرومغناطيسية والقوى المادية . فالقوة الكهرومغناطيسية مثلاً ، ليست قصيرة المدى ، فنجد نجد أن أي بروتون داخل النواة توجد بينه وبين أي بروتون آخر في النواة قوة تناول كهرومغناطيسية مهما كان البعد بينهما ، كما أن هذه القوة يمكن تأثيرها للتخرج عن نطاق النواة ، لتؤثر على الإلكترونات المحيطة بها فتعمل على جذبها .

حاجز الجهد النووي : nuclear potential barrier :

(6-8)

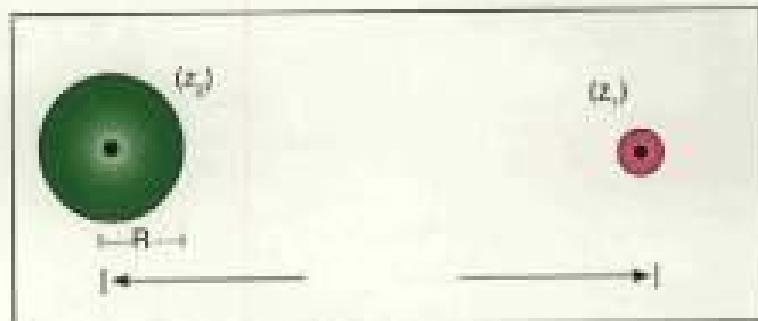
إذا قذف جسيم موجب الشحنة وعدد ذرته (Z_1) باتجاه نواة ثقيلة عددها الذري (Z_2) ، فإن طاقة حركة الجسيم (K) تقل تدريجياً نتيجة قوة التناول الكهرومغناطيسية بينه وبين النواة . وتبعاً لذلك تزداد طاقة الوضع الكهرومغناطيسية (U) ، بحسب قانون حفظ الطاقة في المجال الكهربائي .

فإذا سكن الجسيم على بعد (r) من مركز النواة ، قبل أن يصل إلى جدارها ،

شكل (3-8) ، فإن كل طاقة الحركة تحول إلى طاقة وضع كهربائية .

أي أن :

$$\begin{aligned} K &= U \\ &= q \times V \\ &= Z_1 e \times \frac{K(Z_2 e)}{r} \\ \therefore U &= Z_1 Z_2 \times \frac{K(e)^2}{r} \end{aligned}$$



شكل (3-8)

وإذا أريد لهذا الجسيم أن يصل إلى (جدار) النواة ، فإنه يعني أن يمتلك طاقة حركية أكبر ، ويفرض أن أقل قيمة للطاقة الحركية التي توصل الجسيم إلى جدار النواة هي (K) وأن نصف قطر النواة هو (R) فإن

$$= Z_1 Z_2 \times \frac{K e^2}{R}$$



وإذا أطلقنا على الجسيم اسم "قذيفة" *Projectile* ، وعلى التواه التقبلية اسم "الهدف" *Target* ، فإننا نطلق على أقل طاقة حرارية للقذيفة تمكّنها من بلوغ جدار الهدف باسم " حاجز الجهد النووي" *Nuclear Potential Barrier*

ولما كان المقدار $(Z_1 Z_2 \times \frac{K(e)^2}{R})$ هو أكبر قيمة لطاقة الرقص الكهربائية للقذيفة في مجال الهدف ، فإننا نستنتج أن حاجز الجهد النووي :

"هو أقل طاقة حرارية للقذيفة تمكّنها من بلوغ جدار الهدف"

أو "هو أكبر طاقة وضع كهربائية تمتلكها القذيفة في مجال الهدف".

ويمكن حساب حاجز الجهد النووي للقذيفة من العلاقة التالية :

$$\text{حاجز الجهد النووي} = Z_1 Z_2 \times \frac{K(e)^2}{R}$$

مما سبق تصبح لنا الحقائق التالية :

1) لكي تتمكن القذيفة من الوصول إلى جدار الهدف ، وبالتالي تتمكن من إحداث تفاعل نووي لابد أن تكون :

K (لقذيفة) \leq حاجز الجهد النووي .

2) يستحيل حدوث تفاعل نووي بين القذيفة والهدف إذا كانت K (لقذيفة) $>$ حاجز الجهد النووي .

3) إن زيادة مقدار حاجز الجهد النووي بين قذيفة وهدف ، معناه زيادة الطاقة الحرارية اللازمة للقذيفة لأشمام التفاعل النووي بينهما ، وفي هذه الحالة نقول إن التفاعل النووي يكون أكثر صعوبة .

4) لذا كان (حاجز الجهد النووي) $= \frac{K(e)^2}{R} \times (Z_1 Z_2)$ ، فإننا نرى أن هذا "الحاجز" يتاسب طردياً مع العدد الذري لكل من القذيفة والهدف ، ومن هنا نستنتج أن التفاعلات النووية تصبح أكثر صعوبة ، كلما زاد العدد الذري للهدف ، وكلما زاد العدد الذري للقذيفة .

5) إذا كانت القذيفة هي "البيترون" (1/1) فإن حاجز الجهد النووي له بالنسبة لأي هدف يساوي صفرأ ، لأن البيترون لا يحمل شحنة كهربائية ، فلا تحدث بينه وبين الهدف قوة تناقض كهروستاتيكية ، ولذلك فإنه يصل إلى جدار الهدف ويصطدم به بالطامة الحرارية التي قذف بها ، ولهذا السبب يعتبر البيترون أفضل قذيفة نووية .



وإلى جانب النيترون ، هناك عدد من الفدائيات النووية الأخرى المألفة المستخدمة في التفاعلات النووية المختلفة ، مثل البروتون (H^+) ، الديوترون (D^+) ، ونظير الهيليوم (He^+) ، وجسيم الفا (α) (نواة الهيليوم) ، ويختلف استخدام هذه الفدائيات بحسب اختلاف نوع الهدف وبحسب الغرض الذي من أجله يُجري التفاعل النووي .

مثال ١٤

إذا علمنت أن حاجز الجهد التوري للبروتون بالنسبة لنواة هذف معين هو (K_1) ، فما حاجز الجهد التوري للكل من الديوترون وجسيم الفا بالنسبة للنواة نفسها؟

الحل

$$\therefore K_1 = \frac{z_p z_{\text{target}} k e^2}{R}$$

$$K_2 = \frac{z_d z_{\text{target}} k e^2}{R}$$

$$\frac{k_2}{k_1} = \frac{z_d}{z_p} = \frac{2}{1} \Rightarrow k_2 = 2 k_1$$

للبروتون k_1 ديوتون k_2

وبالمثل يمكن إثبات أن

Nuclear Reactions : التفاعلات النووية

(7-8)

أنت تعلم أن التفاعلات الكيميائية (Chemical Reactions) بين المواد تتم عن طريق الإلكترونات في مستويات الطاقة ، وبخاصة تلك الموجودة في المستويات الرئيسية الأخيرة .

فعند اتحاد الذرات بعضها مع بعض اتحاداً كيميائياً ، فإن ذلك يكون بكسر بعض الروابط وتكون روابط أخرى جديدة بين الذرات المتفاعلة ، ولكن دون المساس بأنوية هذه الذرات .

ولذلك فالتفاعلات الكيميائية تؤثر في الكترونات الذرات المتفاعلة ، ولكنها لا تؤثر على جوهر الأنوية وتركيبها .

أما إذا حدث تفاعل معين لذرة عنصر معين ، ولم تلعب الإلكترونات دوراً فيه ، وأدى هذا التفاعل



إلى تغيير عدد نوكليونات النواة ، فإن مثل هذا التفاعل يسمى "تفاعلًا نوويًّا" *nuclear reaction* . فإذا كانت نتيجة التفاعل النووي تغير عدد البروتونات (العدد المزدوج) لعنصر ما ، فإن العنصر يتحول إلى عنصر جديد .

وإذا أدى التفاعل النووي إلى تغيير عدد البروتونات في أنوية عنصر معين دون تغيير العدد المزدوج ، فإن نتيجة هذا التفاعل هي الحصول على تغير لهذا العنصر . مما سبق نستنتج : أن التفاعل النووي " هو التفاعل الذي يتغير النواة " .

وقد ذكرنا في الفصل السابق أن أنوية العناصر الثقيلة والخفيفة في الجدول الدوري أقل استقراراً من أنوية العناصر المتوسطة . وسعاً وراء الاستقرار ، فإن الأنوية غير المستقرة تكون مهيأة للدخول في تفاعلات نووية تجعلها أكثر استقراراً .

وقد يتم التفاعل النووي لعنصر معين بشكل تلقائي طبعي دون مؤثر خارجي ، وفي مثل هذا التفاعل يطلق أنوية هذا العنصر جسيمات مادية وطاقة إشعاعية بصورة تلقائية ، ويسمى مثل هذا التفاعل باسم "الانحلال النووي" (*Nuclear Disintegration*) ، وهو يحدث عادة للنظائر المشعة ، ولذلك يطلق عليه اسم "النشاط الإشعاعي" *Radio activity* .

هذا وقد يحدث التفاعل النووي بشكل صناعي ، أي بتدخل عوامل ومؤثرات خارجية ، وفي هذه الحالة يسمى التفاعل باسم "التفاعل النووي الصناعي" *Artificial Nuclear Reaction* .

التفاعل النووي الصناعي

(8-8)

كان العالم رutherford هو أول من أجرى تفاعلاً نووياً اصطناعياً .

ففي عام 1919 صوب هذا العالم وبالأداة من جسيمات ألفا (أنوية الهيليوم) نحو أنوية النيتروجين ، فحصل على أنوية الأكسجين وبروتونات .

ومن ثمما يعبر عن التفاعلات الكيميائية بمعادلات ، فكذلك الحال بالنسبة للتفاعلات النووية .

وعلى ذلك يعبر عن تفاعل رutherford السابق بالمعادلة التالية :





و مثلما توزن المعادلات الكيميائية ، فإن المعادلات النووية يراعى فيها الاختزال بحسب قوانينبقاء الناتية :

(1) قانون بقاء الشحنة (العدد الذري) :

يجب أن يكون مجموع الأعداد الذرية للنوى الداخلة في التفاعل مساوياً لمجموع الأعداد الذرية للنوى الناتجة من التفاعل .

ففي التفاعل السابق مثلاً ، مجموع الأعداد الذرية للنوى المتفاعلة $= 2 + 7 = 9$

ومجموع الأعداد الذرية للنوى الناتجة $= 1 + 8 = 9$

(2) قانون بقاء العدد الكتلي :

يجب أن يكون مجموع الأعداد الكتيلية للنوى المتفاعلة مساوياً لمجموع الأعداد الكتيلية للنوى الناتجة من التفاعل .

ففي تفاعل رذروزد السابق ، مجموع الأعداد الكتيلية للنوى المتفاعلة $= 14 + 4 = 18$

ومجموع الأعداد الكتيلية للنوى الناتجة $= 17 + 1 = 18$

(3) قانون بقاء الكتلة والطاقة :

فقد وجد أن هناك فرقاً ملحوظاً بين مجموع كتل النوى المتفاعلة ، ومجموع كتل النوى الناتجة من التفاعل النووي . وهذا الفرق في الكتلة يظهر في صورة طاقة بحسب مبدأ تكافؤ (الكتلة والطاقة) لابنشتاين . وبناء على ذلك ففي التفاعلات النووية ينبغي تطبيق قانون بقاء الكتلة والطاقة في الصورة التالية :

$\text{مجموع كتل وطاقات النوى المتفاعلة} = \text{مجموع كتل وطاقات النوى الناتجة}$.

هذا وقد جرت العادة على تسمية النواة الثقيلة الداخلة في التفاعل النووي باسم "الهدف" (Target) ، كما تسمى النواة الخفيفة (أو الجسيم) الداخلة في التفاعل باسم القذيفة (Projectile) أما النواة الثقيلة الناتجة من التفاعل فتسمى النواة المتبقية (Residue) والنواة الخفيفة (أو الجسيم) الناتجة فهي تسمى الجسيم المنبعث (Ejected Particle) . وإذا أرمزا للطاقة الناتجة من التفاعل النووي بالرمز (E) ، فإنه يمكن توضيح هذه التسميات على التفاعل السابق بالصورة التالية :





(الجسيم المنبعث) (النواة المتبقية) (الهدف) (القذيفة)

وفي هذا التفاعل وغيره من التفاعلات النووية ، إذا اعتبرنا نواة الهدف ساكنة ، فإن القذيفة يجب أن تمتلك طاقة حرارية (K) كافية للتغلب على حاجز الجهد النووي ، واحداث التفاعل المطلوب . أما الطاقة الناتجة من التفاعل (E) ، فإنها تجزأ بين النواة المتبقية والجسيم المنبعث على هيئة طاقة حرية لكل منهما .

هذا وتجدر الإشارة إلى النقاط التالية :

- 1 - إذا كانت $E = 0$ (الصفر) ، فإن التفاعل النووي يتم . ويكون التفاعل طارداً للطاقة (Exothermic) . إذا كانت ($K < E$) ، على حين يكون التفاعل ماصاً للطاقة (Indoothermic) إذا كانت ($K > E$) . إما إذا كانت $K = E$ ، فإن التفاعل لا يكون ماصاً ولا طارداً للطاقة .
- 2 - إذا كانت $E > 0$ (أي موجبة) ، فإن التفاعل لا يتم ، لأن (K) للقذيفة لا تكون كافية . وفي هذه الحالة ينبغي زيادة قيمة (K) بمقدار مناسب إذا أرد للتفاعل أن يتم .

مثال (٥)

احسب الطاقة الناتجة من تفاعل رذوفورد التالي :



إذا علمنت أن :

النواة N ساكنة وكل منها $14.0075 u$

كتلة $He = 4.0015 u$ وطاقة حراري $7.7 MeV$

كتلة $O = 17.0045 u$

كتلة $H = 1.0073 u$



الحل

مجموع طاقات وكتل النوى الناتجة = مجموع طاقات وكتل النوى المتفاعلة .

$$14.0075 + 4.0015 + \frac{7.7}{931} = 17.0045 + 1.0073 + E$$

$$\therefore 18.017271 = 18.0118 + E$$

$$\therefore E = 5.47067 \times 10^{-3} \text{ u}$$

$$= 5.47067 \times 10^{-3} \times 931$$

$$= 5.1 \text{ MeV}$$

ولاحظ أن $E > K$ للقدية ، ومن ذلك تستنتج أن التفاعل ماض للطاقة .

الاشطار النووي Nuclear Fission

(9-8)

في عام 1939 وجد العلماء أنه إذا قذفت نواة اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ بنيوترون بطيء ، فإن النيوترون يدخل النواة ، وتحول إلى نواة نظير جديد غير مستقر لليورانيوم ، هي النواة $^{236}_{92}\text{U}$ ونتيجة لذلك فإن النواة $^{236}_{92}\text{U}$ سرعان ما تنشطر إلى نوتين متوازن متospطي الكتلة ، هما نواة الباريوم $^{141}_{56}\text{Ba}$ ، ونواة الكربتون $^{92}_{36}\text{Kr}$ ، وينطلق معهما ثلاثة نيوترونات سريعة جداً .

ونفذ أطلق العلماء على هذه العملية اسم الاشطار النووي ، أي أن الاشطار النووي هو :

”نشطار نواة ثقيلة إلى نوتين متوازنين نتيجة تفاعل نووي“ .

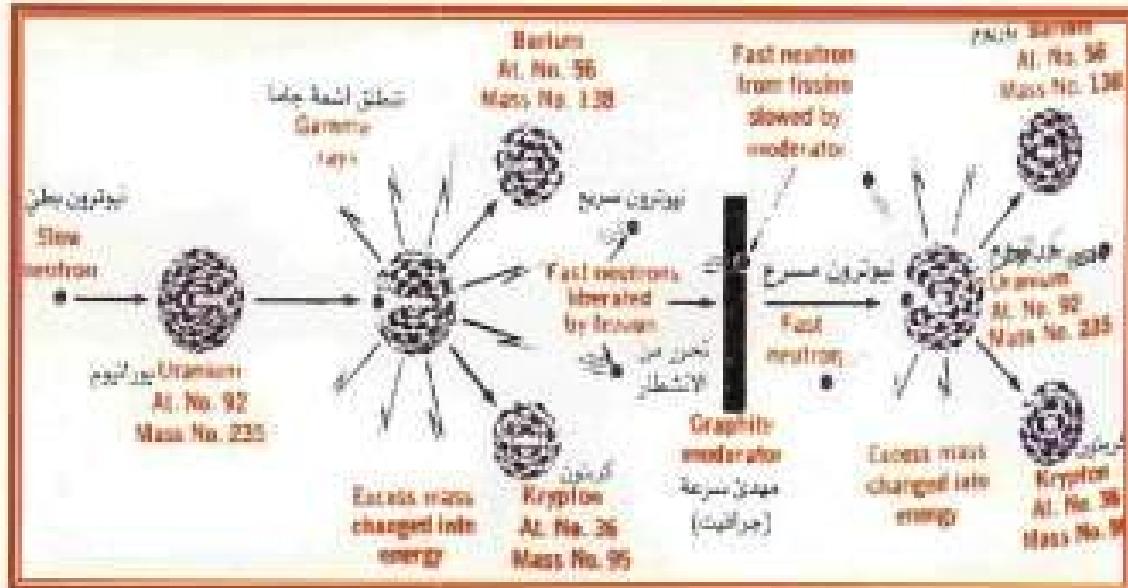
ويمكن تمثيل الاشطار النووي السابق بالمعادلة التالية :



وإذا حسبنا الطاقة الناتجة من هذا التفاعل ، فإننا نجد أنها حوالي $V = 200 \text{ MeV}$. وهذه الطاقة تعتبر هائلة جداً إذا قورنت بالطاقة الناتجة عن احتراق الوقود العادي ، فقد وجد أن الطاقة الحرارية الناتجة عن انشطار كجم (1) من اليورانيوم ، تعادل الطاقة الحرارية الناتجة عن حرق كجم (2000000) من الفحم .



وإذا تم إعطاء النيوترونات السريعة الناتجة من الانشطار النووي السابق ، فإن كل واحد منها يستطيع أن يُشطر نواة جديدة من أُنوية اليورانيوم U_{92}^{235} . وهكذا يتبع لدينا تفاعل نووي متسلسل (Nuclear chain Reaction) شكل (4 - 8)



شكل (4 - 8)

ويتضح عن التفاعل المتسلسل قدر هائل من الطاقة يتزايد باستمرار حدوث التفاعل ، وإذا تم التحكم في عدد النيوترونات المشاركة في التفاعل ، فإنه يكون بالإمكان التحكم في الطاقة الناتجة والسيطرة عليها واستغلالها في العديد من الأغراض ، وهذا ما يحدث فعلاً في المفاعل النووي .

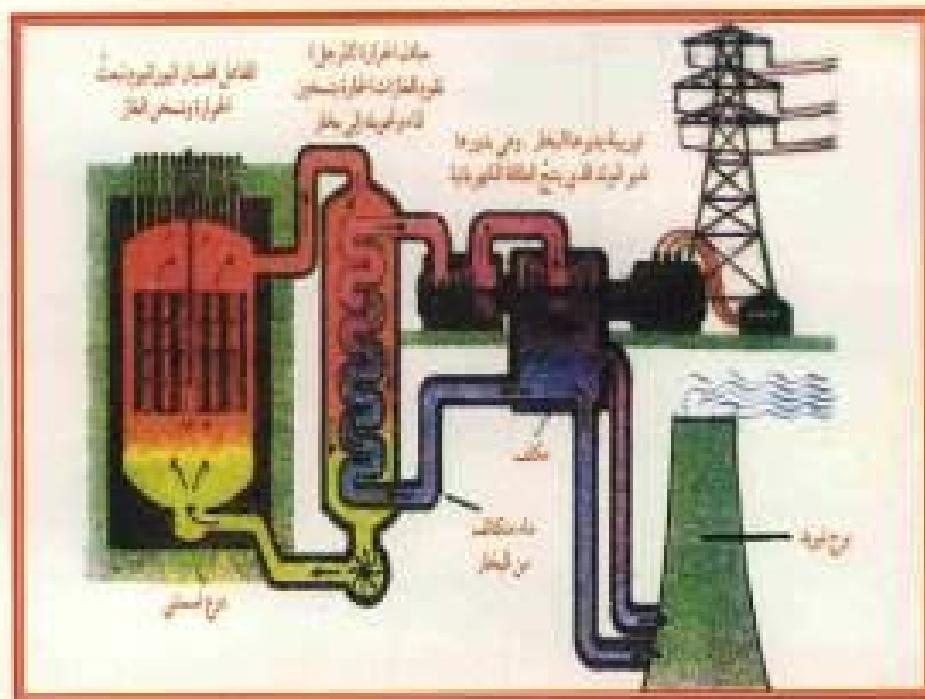
المفاعل النووي Nuclear Reactor (10 - 8)

أُنشئ أول مفاعل نووي في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1942 . والمفاعلات النووية بصورة عامة تستغل الطاقة النووية الناتجة عن الانشطار النووي في العديد من مجالات الحياة ، أبرزها المجالات التالية :

- 1 - الأبحاث العلمية .
- 2 - توليد الطاقة الكهربائية التي تستغل في الإنارة والتدفئة وتسيير السفن والغواصات .
- 3 - تحلية مياه البحر .
- 4 - إنتاج النظائر المشعة .



والشكل (8-5) يوضح نموذجاً للمفاعل النووي في محطة طاقة نووية .



الشكل (8-5)

ويتكون قلب المفاعل من الوقود النووي القابل للاشتعار ، وهو غالباً اليورانيوم U^{235} الذي يكون على هيئة قضبان أسطوانية . وتغمر هذه القضبان في الماء الثقيل (أو الغاز أو الحرافيت) الذي يعمل كمهدي Moderator للنيترونات السريعة الناتجة عن الاشتعار . ويقوم المهدي بذلك بحمل الطاقة الحرارية الهائلة الناتجة عن الاشتعار إلى العبادل الحراري Heat Exchanger الذي يتم فيه تبخير الماء العادي ، أما بخار الماء الناتج فإنه يتدفق نحو التوربينات ليدفع المولدات الكهربائية Electric Generators . ومن أجل السيطرة على التفاعل المتسلسل يحدث في قلب المفاعل ، والتحكم في درجة الحرارة الناتجة ، تستخدم قضبان الكادميوم (أو البورون) التي لها القدرة الكبيرة على امتصاص النيترونات وإيقاف التفاعل ، ولهذا السبب فإنها تسمى "قضبان التحكم" .

ويبدأ تشغيل المفاعل برفع قضبان التحكم ببطء من قلب المفاعل ، باستخدام محركات كهربائية بسيطة ، وعندئذ يبدأ التفاعل المتسلسل ، ويبدأ معه إنتاج الطاقة النووية الهائلة . وهذه الطاقة تحول إلى طاقة حرارية تسخن الماء الثقيل الذي يتدفق نحو العبادل الحراري ، وفي العبادل الحراري يسخن الماء العادي متحولاً إلى بخار ماء عالي الضغط . ويستخدم هذا البخار في تحريك التوربينات التي تدير ملفات المولدات الكهربائية ، ومن هذه المولدات تنتج الطاقة الكهربائية التي ترسل من محطة التوليد إلى أماكن استعمالها في العديد من أغراض الحياة .



ويحافظ المفاعل بغاز أسمتي فتحم لمنع تسرب الإشعاعات الثورية المركزية والنيوترونات من داخله إلى الخارج ، وذلك لحماية العاملين في المفاعل والشرين على تشغيله من أخطارها .

الاندماج النووي Nuclear Fusion

(11-8)

علمت أن بعض الأنواء الثقيلة مثل U^{235} تتشATTER إلى نوتين متوضعتين إذا أقفلت بنيوترون بطيء ، وعلمت أن مثل هذا التفاعل يسمى "الانشطار النووي"

وعكس هذا التفاعل ، أي "دمج نوتين خفيفتين معاً لتكوين نواة أثقل يسمى الاندماج النووي" .

وفي الاندماج النووي كما هو الحال في الانشطار النووي ، تنطلق طاقة هائلة مصدرها نقص كتلة النواة الناتجة عن مجموع كتلتي النوتين المتدمجين معاً .

ومن أمثلة الاندماج النووي التفاعلات التاليان لأنوية الهيدروجين لإنتاج أنوية الهيليوم :



والطاقة الناتجة من التفاعل الأول تساوي $M_eV = 24$ ، بينما الطاقة الناتجة عن التفاعل الثاني تساوي $M_eV = 17.6$.

ونظراً لقوى التناور الكهرومغناطيسية بين النوبات الخفيفة المطلوب دمجها معاً ، فإنه يكون من الصعب جداً البدء في إحداث اندماج نووي . ولهذا السبب فإنه من أجل إحداث اندماج نووي لا بد من توفير الظروف التالية :

1 - حصر الأنوية الخفيفة في حيز صغير جداً لزيادة إمكان تصادمها والتحامها معاً .

2 - زيادة الضغط الواقع على الأنوية الخفيفة زيادة كبيرة .

3 - رفع درجة حرارة الأنوية الخفيفة إلى رتبة (10^7) درجة سيلزية ، وذلك لاكتسابها طاقة حرارية عالية .

وبسبب صعوبة توفير كل هذه الظروف ، وبخاصة درجة الحرارة المرتفعة ، كان من الصعب تحقيق الاندماجات النووية في المختبرات العلمية . إلا أن الاندماجات النووية تحدث بشكل طبيعي داخل الشمس ومعظم النجوم الأخرى ، حيث تبلغ درجة الحرارة ملايين الدرجات السيلزية .



هذا وقد نجح العلماء في احداث الاندماج نووي محدود في القنبلة الهيدروجينية *Hydrogen Bomb* التي وقودها الهيدروجين . ويلزم لتفجير القنبلة الهيدروجينية احداث انفجار نووي فيها ، يوفر الضغط الشديد والحرارة الكافية التي ترفع درجة حرارة نوبات الهيدروجين بمقادير عالية تمكنها من الاندماج .

الطاقة الشمسية Solar Energy

(12-8)

إن الطاقة الشمسية (من حرارة وضوء) ضرورية لاستمرار الحياة على وجه الأرض ، ومن دون هذه الطاقة لن تتمكن النباتات الخضراء من القيام بعملية البناء الضوئي التي تشكل المصدر الرئيسي لغذاء وتفس الكائنات الحية جمِيعاً ، ودون هذه الطاقة كذلك تبرد الأرض ويلفها الظلام ، ولا تعود صالحة للحياة بأي شكل من الأشكال .

والسؤال هو : كيف تنتج الشمس هذه الكميات الهائلة من الطاقة؟

نظرًا لـكبير كتلة الشمس وجاذبيتها ، فإنها تحيط بعلاف غازي كبير حولها ، كما تحيط على كمية هائلة من الهيدروجين تقدر بحوالي (2×10^{33}) ذرة لكل جرام واحد من كتلتها ، وإن كبير سعك العلاف الغازي حول الشمس يجعل الضغط على سطحها كبيراً جداً . ويقدر العلماء درجة الحرارة في باطن الشمس في حدود $(20-10)$ مليون درجة سيلزية .

وإن كبير الضغط وارتفاع درجة الحرارة في باطن الشمس ، جعل العالم بيته Bethe يفترض أن مصدر الطاقة الشمسية هو الاندماج النووي الذي يحدث بين نووية الهيدروجين لتكوين نووية الهيليوم ، وفي أثناء ذلك تنتج الطاقة الشمسية الهائلة . وفي تقديره أن الشمس تشع طاقة مقدارها $J/s (3.8 \times 10^{26})$ ، ولا يصلت منها على سطح الأرض سوى جزء بسيط فقط .

وقد اقترح العالم بيته أن ما يحدث في باطن الشمس من اندماجات نووية يكون وفق المعادلات التالية :





النشاط الإشعاعي : radio activity

(13-8)

وهو ابعاد جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة جاما من نواة العنصر المشع .

* ملاحظات عن النشاط الإشعاعي :

1 - العنصر المشع جميع مركباته مشعة .

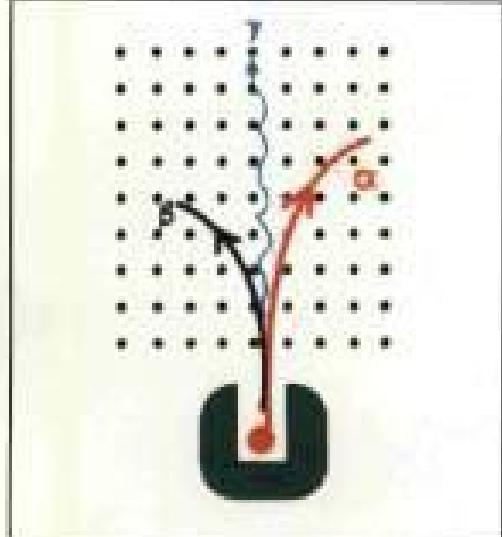
2 - العنصر المشع يكون مشعاً في جميع حالاته (صلبة - سائلة - غازية) .

3 - الإشعاعات الصادرة من نواة عنصر مشع هي :

- جسيمات ألفا α ^{4}He .

- جسيمات بيتا β ^{1}e

- أشعة جاما



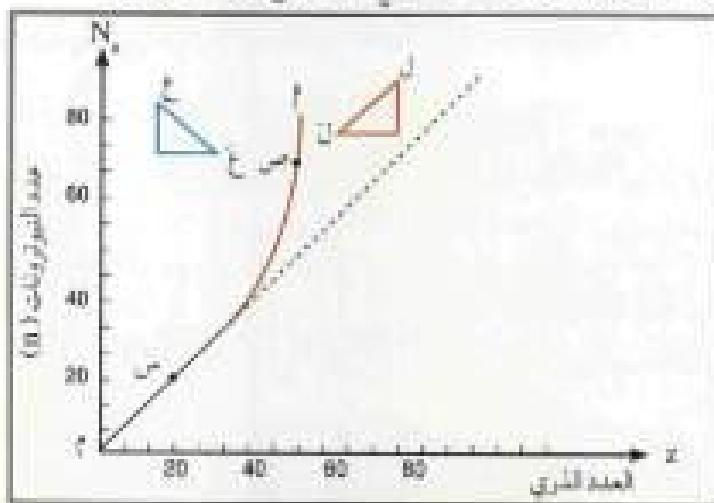
الشكل (6-8)

4 - نواة العنصر المشع لا تصدر جسيمات ألفا وجسيمات بيتا معاً في وقت واحد ، ولكن قد تصدر جسيمات ألفا أو جسيمات بيتا ، وقد يصاحب كلاً منها انطلاق إشعاعات جاما .

5 - معدل النشاط الإشعاعي لعينة مشعة لا يتأثر بالظروف الخارجية من ضغط أو درجة حرارة ، ولكنه يتوقف فقط على نسبة العنصر المشع في العينة .

6 - ابعاد جسيم بيتا أو جسيم ألفا من نواة العنصر المشع يحولها إلى نواة عنصر آخر .

عند رسم العلاقة البيانية التي توضح تغير عدد البيورونات (N) بتغير عدد البروتونات (Z) لأنواع النظائر (العناصر) المختلفة ، فلما نلاحظ كما في الشكل (8-7) أن :



الشكل (7-8)



1 - أنواع العناصر التي تقع على منحنى الاستقرار : هي أنواع مستقرة (غير مشعة) ، وهذه تقسم إلى :

أ - أنواع العناصر التي تقع على الجزء المستقيم (m س) من المنحنى حيث النسبة $\frac{N_0}{Z} = 1$

ب - أنواع العناصر المتوصلة والثقبة : والتي تقع على الجزء (m ص) من المنحنى حيث النسبة $\frac{N_0}{Z} > 1$.

2 - أنواع العناصر التي تقع أعلى منحنى الاستقرار : هي أنواع لعناصر مشعة (غير مستقرة) ، حيث النسبة أكبر من نسبة الاستقرار .

ولكي تستقر يجب خفض هذه النسبة ، ويتم ذلك بتحطيل أحد النيوترونات إلى بروتون والكترون ينطلق على شكل جسيم بيتا : ${}^7H + {}^0e \rightarrow {}^1n + {}^3H$ وبالتالي فإن النسبة $\frac{N_0}{Z}$ تقل ، وتحول نواة عنصر المشع إلى عنصر آخر أكثر قرباً من منحنى الاستقرار .

3 - أنواع العناصر التي تقع أسفل منحنى الاستقرار : هي أنواع لعناصر مشعة (غير مستقرة) ، حيث النسبة $(\frac{N_0}{Z})$ أقل من نسبة الاستقرار .
ولكي تستقر يجب زيادة هذه النسبة ، ويتم ذلك باتحاد : (2) بروتون مع (2) نيوترون داخل النواة لتكوين جسم ألفا الذي ينطلق من النواة عند تكونه :



وبالتالي فإن النسبة $(\frac{N_0}{Z})$ تزيد ، وتتحول نواة عنصر المشع إلى نواة عنصر آخر أكثر قرباً من منحنى الاستقرار .

ملاحظات :

1 - للحكم على مدى استقرار النواة يجب معرفة :

- متوسط طاقة الرابط النوية .

• النسبة $(\frac{N_0}{Z})$.

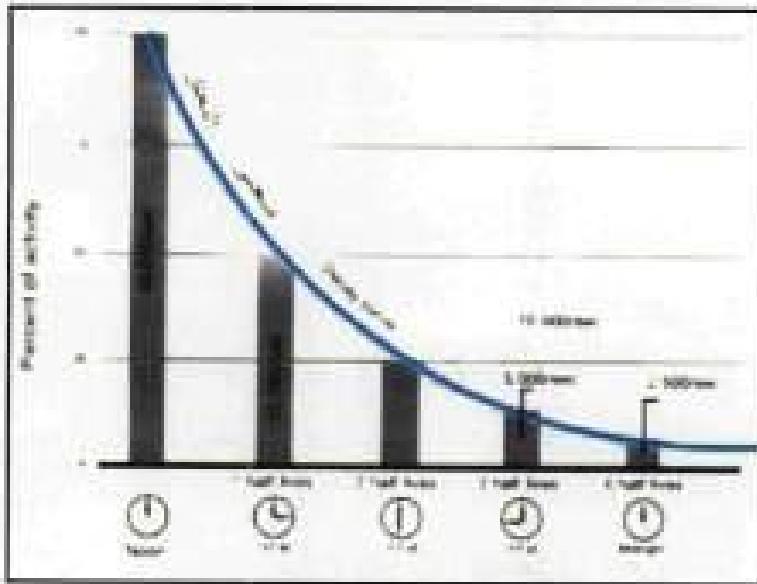
2 - من منحنى الاستقرار يمكن الحكم على :

- عنصر مشع أو غير مشع .
- عنصر مشع له جسيمات بيتا أو ألفا .



radioactive disintegration chains سلاسل التحلل الإشعاعي (14-8)

- سلسلة التحلل الإشعاعي :
- هي مجموعة التحولات التي تحدث لنواة العنصر المشع حتى تحول في النهاية إلى نواة عنصر مستقر .
- توجد ثلاث سلاسل لعملية التحلل الإشعاعي هي :
 - سلسلة اليورانيوم
 - سلسلة الثوريوم
 - سلسلة الأكتينيوم
- تحول إلى أحد نظائر الرصاص المستقر .



(شكل 8-8)

- ملاحظات على عمليات التحلل الإشعاعي :
- 1) عملية التحلل الإشعاعي لا تتم بسرعة "لو كانت هذه العملية تم بسرعة لما وجدت على سطح الأرض عناصر مشعة أثقل من عنصر الرصاص " .
- 2) لا يحدث التحلل لجميع أنواع العنصر المشع في العينة في نفس الوقت .
- 3) عدد الأنوية المتحللة من العنصر المشع في العينة تتناقص خلال الفترات الزمنية المتاوية .
- بينما : النسبة المئوية المتحللة من العنصر المشع ثابتة خلال الفترات الزمنية المتاوية .



- 4 - عمر النصف : *Half Life Period* : الزمن اللازم لكي يتم تحلل نصف عدد أئرية العنصر المشع في العينة . أو : الزمن الذي يقل فيه النشاط الإشعاعي لعينة مشعة إلى النصف .
- 5 - عمر النصف ثابت للعنصر الواحد (يتوقف على نوع العنصر) .
- 6 - يتم التحلل لأئرية العنصر المشع في العينة عشوائياً .
الزمن الكلي = عمر النصف × عدد مرات التكرار .

مثال (١٦)

عينة من عنصر مشع تحتوي على 8×10^4 gm منه و عمر النصف له (7) أيام ، كم يتبقى من العنصر المشع بعد مرور (28) يوماً

$\frac{28}{7} = 4$ مرات - عدد مرات التكرار

$$\frac{1}{2} \times 10^4 \rightarrow 1 \times 10^4 \rightarrow 2 \times 10^4 \rightarrow 4 \times 10^4 \rightarrow 8 \times 10^4$$

$$= 5 \times 10^3 \text{ gm} = \text{الكمية المتبقية}$$

مثال (١٧)

عينة من عنصر مشع تحتوي على (3600) نواة منه تبقى منها (450) نواة بعد مرور (ساعة) على تحضيرها . أوجد عمر النصف للعنصر .

$$3600 \rightarrow 900 \rightarrow 450$$

عدد مرات التكرار = 3 مرات

$$\frac{1}{3} = \frac{1}{3} hr \times 60 = 20 min = \text{عمر النصف .}$$



مثال (٨)

عينة من عنصر مشع تبقى $\frac{1}{32}$ منها بعد مرور (15) يوماً من تحضيرها أو بعد عمر النصف للعنصر؟

$$\frac{1}{32} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$$

عدد مرات التكرار = 5 مرات

$$\therefore \text{عمر النصف} = \frac{15}{5} = 3 \text{ days}$$

تطبيقات على عمر النصف:

١ - تقدير عمر الأرض :

- ينتشر اليورانيوم بكثرة على سطح الأرض وفي باطنها .

- اعتقد العلماء أن اليورانيوم موجود منذ نشأة الأرض .

- بأخذ عينة من صخور القشرة الأرضية ، وتعيين نسبة اليورانيوم والرصاص في العينة ، ومعرفة عمر النصف لليورانيوم يمكن العلماء من تعين عمر الأرض .

وسمى هذا العمر :

"العمر الإشعاعي للأرض" .

٢ - التاريخ بالكربون :

تقوم الأشعة الكونية بتحويل ذرات النيتروجين (N_2) إلى ذرات الكربون المشع (^{14}C)

- تقوم الرياح بتوزيع الكربون المشع على هيئة (CO_2) بشكل متجانس في الغلاف الجوي .

- يتناول النباتات الكربون المشع على شكل (CO_2) في عملية البناء الضوئي ، ويتناوله الإنسان والحيوان في عملية التنفس والغذاء .

- نسبة الكربون المشع (^{14}C) تظل ثابتة في الجسم مادام الكائن حياً .

- عند وفاة الكائن الحي تبدأ نسبة ^{14}C في جسمه تتناقص . ومعرفة نسبة الكربون المشع في عينة معينة ، وبالرجوع إلى منحنى التحلل الإشعاعي للكربون المشع (فتره عمر النصف له 5700 سنة) ، يمكن معرفة الزمن الذيقضى على الوفاة .



(15 - 8) استعمالات النظائر المشعة

رأينا أنه يتواجد في الطبيعة العديد من النظائر المشعة الطبيعية التي تقوم بنشاطها الإشعاعي بشكل تلقائي . ولكن العلماء والباحثين استطاعوا تحضير نظائر مشعة في المعامل والمصانع بطرق عددة ، منها تصويب قذائف مناسبة على أنوية بعض العناصر غير المشعة . وأفضل القذائف المستخدمة كما نعلم هي النيوترونات تليها البروتونات ثم الديوترونات .

فلو قذف النيوترون ($n^{\frac{1}{2}}$) على نواة تغیر الكبريت ($S^{\frac{34}{35}}$) غير المشعة مثلاً فإنه يسجع لدينا النظير المشع ($S^{\frac{35}{36}}$) وفق المعادلة التالية :



وأهم النظائر المشعة هو نظير الكوبالت ($Co^{\frac{60}{60}}$) الذي يبعث بجسيمات (β) وأشعة (γ) ذات الطاقة العالية ، التي تُستخدم عادة في علاج الأورام السرطانية .

وقد اتسع نطاق استعمال النظائر المشعة في العديد من مجالات الحياة الطبيعية والزراعية والصناعية ، ويمكن إيجاز بعض هذه الاستعمالات فيما يلي :

أولاً : استخدام النظائر المشعة في الأغراض الطبية :

- 1 - استخدام نظير الراديوم المشع في علاج السرطان ، إذ تعمل إشعاعاته الراديوم الفورية على إتلاف الأنسجة المصابة .
- 2 - استخدام نظير الفوسفور المشع في علاج سرطان الدم ، بإعطاء المريض جرعات خاصة تحتوي على نظير الفوسفور المشع ($P^{\frac{32}{32}}$) ، حيث يحدد من إنتاج كرات الدم الحمراء .
- 3 - استخدام نظير اليود المشع في علاج مرض الغمول الذهني الذي يتعذر عن تناقص كمية اليود الموجودة في جسم الإنسان ومعظمها في الغدة الدرقية . فإذا أعطي المريض جرعات من اليود المشع ، فإن الدم يحمله إلى أنسجة الغدة الدرقية حيث يمتص . كما تعمل الإشعاعات الصادرة منه على قتل الخلايا المصابة لتعود الغدة إلى نشاطها .



- 4 - يستعمل نظير الصوديوم المشع كقضمacher للأثر . فإذا أعطي المريض كمية من ملح (كلوريد الصوديوم) الذي يحتوي على الصوديوم المشع فإن الدم يمتصه ، ويستطيع الطبيب باستخدام (عداد جيجر) أن يقتفي أثره ، ويعرف ما إذا كان دم المريض يساب بصورة طبيعية في أوعيته الدموية أم أنه يتباطأ عند نقطة معينة ، ومن ثم تحديد الموضع بدقة .
- 5 - يستخدم النظير المشع للكربيلت (^{60}Co) في إبادة الجراثيم والهيكلات التي قد تحيطها الأدوات الطبية ، كالحقن الطبية والإبر والأسرة وغيرها .

ثانياً : في مجال الزراعة :

- 1 - باستخدام الأسمدة الإشعاعية تتمكن العلماء الإيطاليون من إنشاج القمح في مدة لا تتجاوز 64 يوماً ، بينما هو في الحالة الطبيعية ينضج في (7) أشهر .
- 2 - زيادة المحصول باستخدام الأسمدة الإشعاعية ، وكذلك تحسين الأ نوع بالحصول على أنواع أفضل من الأرض والقمح والشعير بفضل التغيرات الناتجة بالتأثير الإشعاعي .
- 3 - إبادة الحشرات ووقاية الأغذية من التلوث وحفظ الأغذية .
- 4 - استخدام إشعاع الكربيلت في تغيير لون البلاستيدات الملونة ، وذلك يتعرىض النبات لفترات مختلفة للإشعاع ، مما يتيح وجود أزهار بألوان مختلفة على النبات نفسه .

ثالثاً : استخدام النظائر المشعة في التاريخ :

- 1 - استعمل نظير الكربون المنع (^{14}C) في التاريخ الزمني لل MATERIALS الحية ، لتقدير عمر الوفاة ، ومعرفة عمر الجثث والمقابر الأثرية .
- 2 - استخدم البيرانيوم لتقدير عمر الأرض ، حيث تم توضيح ذلك في تطبيقات على عمر الصخور .

أخطار الإشعاعات النووية والوقاية منها . (16-8)

نوافع النشاط الإشعاعي الثلاثة ذات طاقات عالية ، ولذلك فهي ضارة بالأنسجة الحية ، حيث إنها تعمل على تفكيك جزيئاتها المعقّدة فتسبّب الخلايا الحية أو تحرقها أو تضعف أداؤها لموظّفتها .

ومن سوء حظ ماري كوري ، أنها لم تكن تدرك أخطار هذه الإشعاعات ، فدفعت حياتها وحياة ابنتها وأبنتها المتّبعة باهظاً بسبب تعرّضهم المستمر للمواد المشعة .

وتحتّل آثار نوافع الإشعاع الثلاثة باختلاف نوعها وطاقتها وشدةّها وزمن تعرّض الكائن الحي لها . فجسيمات (α) مثلاً ، قدرتها على التقادم في الجسم الحي صغيرة ، وبخاصة إذا كانت طاقتها صغيرة ، وذلك يكُون أثراً أقل خطراً من جسيمات (β) وأأشعة (γ) .

وجسيمات (β) قدرتها على التقادم في الجسم الحي أكبر من قدرة جسيمات (α) ، ولذلك يكون خطراً أكبر .

أما أشعة (γ) فأخطارها أكبر من جسيمات (α) وجسيمات (β) ، لأن قدرتها على التقادم في الجسم الحي أكبر بكثير ، وقد تؤدي إلى أمراض مختلفة وعاهات مستديمة عند الكائن الحي إذا تعرّض لها لفترات زمنية طويلة .

ومن جهة أخرى ، فإن العالم يتجه إلى زيادة استخدام المواد المشعة في العديد من الأبحاث العلمية والأغراض الصناعية والزراعية ، كما أوضحنا في البند السابق .

وقد اهتمت الأمم والشعوب المختلفة والهيئات الدولية المتخصصة وغير المتخصصة بالوقاية من الإشعاع ، فعقدت لذلك المؤتمرات التي أقرت الاتفاقيات الخاصة بالشروط المتعلقة باستخدام المواد المشعة واحتياطات السلامة ، والقوانين الخاصة بحماية العاملين في ميادين الإشعاع ، وفي محطّات الطاقة النووية ، والوقاية منها .

والجدير بالذكر أن هناك فسماً خاصاً بالوقاية من الإشعاع تابعاً لوزارة الصحة العامة بدولة الكويت ومن أهم أهدافه توعية الجمهور بأخطار الإشعاع والوقاية منه .

ومن أهم الشروط والاحتياطات الواجب اتخاذها في مجال الوقاية من الإشعاع ما يلي :

- 1 - ضرورة حفظ المواد المشعة في أماكن خاصة ، مع استخدام المغلفات العزودجة عند نقل المواد المشعة .



- 2 - تغطية المنشآت والطاولات بطبقة من مواد ماصة للإشعاع تسهل التخلص منها في حالة التلوث .
- 3 - تزويد أماكن العمل بحواجز وقائية ذات سلك كافٍ يمنع تسرب الإشعاع إلى العاملين .
- 4 - فحص العاملين بصورة دورية واستخدام أفلام الوقاية وأجهزة كشف الإشعاع .
- 5 - فحص جميع الأماكن التي يمكن أن تصل إليها الإشعاعات النوية بصورة دورية لتقدير مستوى الإشعاع بها .
- 6 - عمل فحص دوري لأجهزة الوقاية وصيانتها ، بحيث تكون صالحة للعمل عند أي طارئ .
- 7 - ترك ملابس الوقاية في أماكن العمل ، وعدم الخروج بها حتى لا تنتقل الإشعاعات التي قد تكون عالقة بها .



السؤال الأول

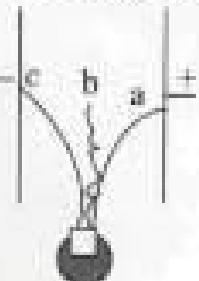
اكتب بين الفوسين الاسم أو المصطلح العلمي الذي تدل عليه كل من العبارات التالية :

- 1 - اسم يطلق على كل من البروتون والنيوترون داخل النواة . ()
- 2 - عدد البروتونات داخل نواة عنصر . ()
- 3 - عدد البروتونات والنيوتونات (نيوكليونات) داخل نواة عنصر . ()
- 4 - ذرات أو أيونات العنصر الواحد وهي متساوية في العدد الذري و مختلفة في العدد الكتلي . ()
- 5 - متوسط كتل نظائر العنصر بحسب نسب وجودها في الطبيعة . ()
- 6 - الطاقة التي تربط نيوكليونات النواة ببعضها البعض . ()
- 7 - الطاقة اللازمة لفصل نيوكليونات النواة عن بعضها البعض فصلًا تامًا . ()
- 8 - طاقة الرابط النووي لكل نيكليون في النواة . ()
- 9 - ظاهرة انطلاق جسيمات ألفا (α) وجسيمات بيتا (β) وأشعة جاما (γ) بصورة تلقائية من أنوية العناصر المشعة . ()
- 10 - مجموعة التحولات التي تحدث لنواة مشعة حتى تستقر . ()
- 11 - مجموعة العناصر المشعة التي يتحلل أحدها ليعطي عنصراً آخر () بحيث تنتهي بعنصر مستقر . ()
- 12 - الزمن اللازم لتحلل نصف عدد أنوية العنصر المشع . ()
- 13 - أقصى مسافة يقطعها الإشعاع النووي داخل الوسط المادي . ()
- 14 - الفوتونات ذات الطاقة العالية والتي تنطلق من أنوية العناصر المشعة . ()
- 15 - قوى التجاذب بين نيوكليونات النواة . ()
- 16 - أقل طاقة حرارية للقديفة تمكّنها من بلوغ جدار الهدف . ()
- 17 - أكبر طاقة وضع كهربائية تمتلكها القديفة في مجال الهدف . ()
- 18 - التفاعل الذي يغير نواة الذرة المتفاعلة . ()
- 19 - مجموع الأعداد التزية للأثيرية المتفاعلة يساوي مجموع الأعداد الذرية للأثيرية الناتجة من التفاعل . ()

- (.....) 20 - مجموع الأعداد الكتيلية للأذoria المتفاعلة يساوي مجموع الأعداد الكتيلية للأذoria الناتجة من التفاعل .
- (.....) 21 - مجموع كتل وطاقات الأذoria المتفاعلة يساوي مجموع كتل وطاقات الأذoria الناتجة من التفاعل .
- (.....) 22 - انتشار نوأة ثقبة إلى نوافين متوضعتين نتيجة تفاعل نووي
- (.....) 23 - دمج نوافين خفيفتين معًا لتكوين نوأة أثقل .
- (.....) 24 - أحد النظائر المشعة التي تستخدم لعلاج الخمول الذهني

السؤال الثاني

ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (✗) أمام العبارة غير الصحيحة فيما يلي :

- (1) عدد البروتونات في نوأة العنصر $X^{29}_{\text{pro}} = 29$ نيوتروناً .
- (2) إذا كانت طاقة الربط النووي للعنصر X^v هي MeV فإن متوسط طاقة الربط له تساوي $MeV (14)$.
- (3) إذا كان متوسط طاقة الربط النووية لنوأة ذرة الليثيوم Li^7 يساوي $MeV (5.1)$ فإن طاقة الربط لنوأة الذرة تساوي (35.7) .
- (4) عدد البروتونات و البروتونات في نوأة ذرة الباريوم Ba^{85}_{pro} على الترتيب $(85, 56)$.
- (5) طاقة الربط النووية هي الطاقة التي تلزم لفصل جميع الكترونات الذرة فصلًاً تامًاً .
- (6) كتلة نوأة أي عنصر تكون دائمًا أقل من مجموع كتل مكوناته من النيو كلينونات .
- (7) الرسم المقابل يوضح أن (a) جسيم بيتا ، (b) أشعة جاما ، (c) جسيم ألفا .
- 
- (8) التحلل الإشعاعي لعينة مشعة يتم بصورة عشوائية ، ولا يتم بسرعة .
- (9) عينة من عنصر مشع تبقى منها $(\frac{1}{8})$ العينة الأصلية بعد مرور (36) يوماً ، فإن عمر النصف لهذا العنصر يساوي (18) يوماً .

- (10) لا يتأثر معدل النشاط الإشعاعي لعنصر مشع ما بتغير درجة الحرارة ، أو بتغير الضغط الواقع عليه .
- (11) عينة من عنصر مشع تكون من (12×10^7) ذرة ، فإذا كان عمر النصف لهذا العنصر (60) يوماً ، فإن ما تبقى من هذه العينة بعد مرور (180) يوماً يساوي (1.5×10^7) ذرة
- (12) كتلة من عنصر مشع مقدارها $g (0.08)$ ، وبعد مضي (120) يوماً تحلل منها $g (0.06)$ فإن عمر النصف للعنصر يساوي (60) يوماً .
- (13) تبعث جسيمات β من نواة عنصر مشع نتيجة تحول جسم ألفا إلى بروتون والكترون .



- (14) العنصر (A) في الشكل المقابل يطلق نوأة هيلبوم حتى يصبح أكثر استقراراً .
- (15) القوى النووية قوى كهربائية .
- (16) كلما قلل حاجز الجهد النووي كان التفاعل النووي أكثر سهولة .
- (17) يعتبر النيوترون أفضل قذيفة نوية .
- (18) حاجز الجهد النووي للقذيفة $(H^1 + H^2)$ بالنسبة لهدف معين متباين قد تؤدي التفاعلات النووية إلى تغيير في عدد الإلكترونات للذرات المتفاعلة .
- (19) إذا تغير عدد البروتونات داخل نواة عنصر معين نتيجة تفاعل نووي ، فإن هذا العنصر يتتحول إلى أحد نظائره .
- (20) إذا تغير عدد النيوترونات داخل عنصر معين نتيجة تفاعل نووي طبيعي ، فإن العنصر يتتحول إلى عنصر آخر .
- (21) تلاًلاً النجوم في السماء نتيجة حدوث انتشارات نوية فيها .
- (22) يستخدم الماء الثقيل في المفاعل النووي للتحكم في سرعة الانتشار .
- (23) من المحتمل حدوث التفاعل النووي التالي : $H^1 + He^4 \rightarrow He^4$
- (24) من المحتمل حدوث التفاعل النووي التالي : $He^4 + Li^7 \rightarrow 2 He^4 + Li^7$
- (25) من السهل حدوث الدمج النووي في المختبرات العلمية .

السؤال الثالث

أملأ الفراغات في العبارات التالية بما يناسبها علمياً :

- 1 - تساوى نظائر عنصر الواحد في
- 2 - يتوقف استقرار نواة عنصر ما على و
- 3 - يطلق على ذرات (أو أيونات) عنصر الواحد المتساوية في العدد الذري والمختلفة في العدد الكتلي
- 4 - إذا كان النظيران X^{77} ، X^{73} متواجدان في عينة من العنصر بنسبة 25% ، 75% على الترتيب فإن الكتلة الذرية للعنصر تساوي $\frac{1}{2}$
- 5 - انطلاق جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة جاما من أنوبي العناصر المشعة يعرف بظاهرة
- 6 - يزداد العدد الذري لعنصر مشع بمقدار (1) إذا انطلق من نواهه
- 7 - عند انطلاق جسيم ألفا ثم جسيمين بيتا من نواة العنصر Th^{234} ، فإن نواهه تحول إلى نواة عددها الذري وعدها الكتلي
- 8 - في انتهاء عملية اتحلال نواة ذرة يورانيوم إلى بلوتينيوم وفقاً للمعادلة التالية :
عدد من جسيمات ألفا + $(^{92}_{40}Po) + 2^{235}_{92}U \rightarrow ^{231}_{90}Po$ يكون عدد جسيمات ألفا المنتجة منها يساوي
- 9 - إذا أبعث من نواة ذرة عنصر مشع جسيم بيتا ، فإن العدد الكتلي لهذه الذرة وعدها الذري
- 10 - عند تحول نواة ذرة الثور يوم Th^{234} إلى نواة ذرة البروتاكتنيوم Po^{234} ينبع منها
- 11 - الفترة الزمنية اللازمة ليصل عدد الأنوبي المشعة في عينة من عنصر مشع إلى $(\frac{1}{8})$ ما كانت عليه هي (240) سنة ، فإن عمر النصف لهذه العينة يساوي سنة
- 12 - تحول نواة الثوريوم Th^{234} إلى نواة اليورانيوم U^{234} ياطلاق - 13 - $^{9Be} + \rightarrow ^{10}_{6}C + ^{1}_{0}n$



17 - القوى النووية ذات مدى

18 - إن أفضل قذيفة للتفاعلات النووية هي

19 - تستخدم قضبان الكادميوم في المفاعل النووي في

20 - مصدر الطاقة الشمسية هو

21 - من شروط إحداث اندماج نووي

22 - الطاقة الناتجة عن الانشطار النووي مصدرها

السؤال الرابع

ضع علامة (✓) في المربع المقابل لأشب إجابة لكل من العبارات التالية :-

1 - جميع أنواع ذرات العنصر الواحد :

متساوية في الكتلة .

مختلفة في الكتلة والشحنة .

2 - العدد الذري لعنصر هو عدد :

النيوكليونات في النواة .

البروتونات في النواة .

3 - العدد الكتلي للعنصر هو عدد :

البروتونات والنيوترونات .

البروتونات والإلكترونات .

4 - نظائر العنصر الواحد تتشابه في :

عدد البروتونات .

عدد النيوكليونات .

5 - نظير الأكسجين (^{16}O) هو :



6 - عدد النيوترونات في ذرة الثوريوم ($^{230}_{90}\text{Th}$) هو :

$320 \quad \square$

$2 \quad \square$

$140 \quad \square$

$90 \quad \square$

7 - كتلة نواة العنصر :

أكبر من مجموع كتل مكوناتها من النيوكليلونات .

أصغر من مجموع كتل مكوناتها من النيوكليلونات .

تساوي مجموع كتل مكوناتها من النيوكليلونات .

تساوي مجموع أعداد النيوكليلونات المكونة لها .

8 - طاقة الربط النووية هي الطاقة التي :

تحفظ الإلكترونات مكونات النواة .

تتطلق من النواة حين تتشطر .

9 - متوسط طاقة الربط النووية هو طاقة الربط :

للإلكترون الحر في الذرة .

في نواة عنصر متوسط .

بين النواة والإلكترونات المحيطة بها .

لكل نيوكليلون في النواة .

10 - العنصر الذي متوسط طاقة ربطه النووية بساوي (الصفر) هو :



11 - إذا كانت كتلة النواة (X^{19}) أقل من كتل مكوناتها بمقدار $v M_e v$ (20) فإن متوسط طاقة الربط النووية لها بوحدة $M_e v$:-

$4 \quad \square$

$2 \quad \square$

$0.5 \quad \square$

$0.25 \quad \square$

12 - إذا كانت طاقة الربط النوية للأثربة التالية مقدرة بوحدة MeV هي كما يلي ، فإن أكثرها استقراراً هي :

9Be	7Li	4H	2H	نواة :
54	35	28	2.2	طاقة الربط :
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

13 - القوى النووية :

- قوى مغناطيسية .
- قوى كهربائية .
- ليست أبداً معاكسة .
- قوى مادية .

14 - حاجز العهد النووي بين قاذفة وهدف يتوقف على :

- العدد الذري للقاذفة فقط
- العدد الذري للهدف فقط
- نصف قطر نواة الهدف فقط .
- كل ما سبق .

15 - نسب الجسيمات التالية تصاعدياً بحسب أفضليتها ، كتقادس نووية لهدف معين كما يلي :

1H -	2H -	1n -	1H	<input type="checkbox"/>
2H -	1H -	1n -	1H	<input type="checkbox"/>
1n -	1H -	2H -	1H	<input type="checkbox"/>
1H -	2H -	1H -	1n	<input type="checkbox"/>

16 - في المعادلة : $^{235}_{92}U + ^1_n \rightarrow ^{90}_{38}Sr + ^{136}_{54}Xe + X^1_n$:

الرمز (x) يساوي :

8 6 4 2

17 - عند قذف تيورون نحو نواة الأرجون حدث التفاعل التالي :



وفي هذا التفاعل قيمة (A) تساوي :

16 15 14 صفر

18 - في التفاعل السابق قيمة (Z) تساوي :

30

29

2

1

19 - يتم شطر النواة U^{235} باستخدام :

النيوترون البطيء .

النيوترون السريع .

البروتون .

الإلكترون .

20 - مصدر الطاقة الشمسية :

اندماجات نووية .

انفجارات كيميائية .

21 - الوقود المستخدم في المفاعل النووي هو :

قضبان الكادميوم .

قضبان اليورانيوم U^{235} .

22 - إذا قذف بروتون نحو كل من النواةين Li^7 ، F^{19} المتساويتين في نصف القطر ، وكان حاجز الجهد له بالنسبة لهما هما (K_1 , K_2) على الترتيب فان :

$$2 K_2 = K_1 \quad \square$$

$$K_2 = K_1 \quad \square$$

$$3 K_2 = K_1 \quad \square$$

$$\frac{1}{3} K_2 = K_1 \quad \square$$

23 - إذا قذف كل من جسيم ألفا ونواة البريليوم Be^7 نحو نواة النيتروجين N^{14} ، وكان حاجز الجهد النووي لجسيم ألفا $= K_1$ وحاجز الطاقة النووية لنواة البريليوم هو K_2 فان :

$$2 K_2 = K_1 \quad \square$$

$$K_2 = K_1 \quad \square$$

$$\frac{14}{9} K_2 = K_1 \quad \square$$

$$\frac{1}{3} K_2 = K_1 \quad \square$$

24 - يكون التفاعل النووي ماصاً للطاقة ، إذا كانت طاقة حركة أنوية للمواد الناتجة :

أكبر من طاقة حركة أنوية للمواد المتفاعلة .

أقل من طاقة حركة أنوية للمواد المتفاعلة .

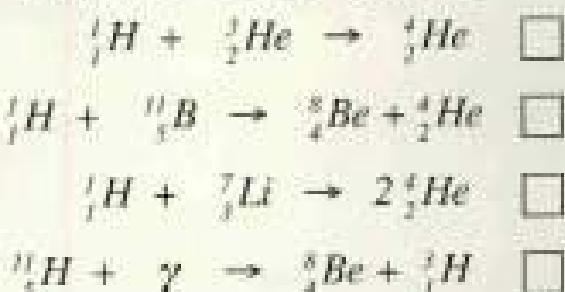
مثلي طاقة حركة أنوية للمواد المتفاعلة .

متساوية لطاقة حركة أنوية للمواد المتفاعلة .

25 - المادة التي تخضع من سرعة البيوترونات في المفاعل النووي هي :

- الماء الثقيل
- الكادميوم
- بخار الماء.
- الاليورانيوم

26 - التفاعل النووي الذي لا يمكن أن يتم من التفاعلات المقترنة التالية هو :



27 - إذا فقدت نواة مشعة جسيماً واحداً من جسيمات (α) فإن عددها الذري :

- يقل بمقدار (2) ، وعدها الكلي يقل بمقدار (4).
- يقل بمقدار (2) ، وعدها الكلي يزداد بمقدار (4).
- يزداد بمقدار (2) ، وعدها الكلي يزداد بمقدار (4).
- يزداد بمقدار (2) ، وعدها الكلي يقل بمقدار (4).

28 - عندما يفقد العنصر المشع (x) أشعة (γ) فإن عدده الذري :

- يزيد بمقدار (1).
- يقل بمقدار (4).
- يقل بمقدار (2).
- لا يتغير.

29 - عنصر مشع عمر النصف له ساعتان فإذا بدأنا بعينة منه في لحظة ما ، فإن نسبة ما يتبقى منها مشعاً بعد مرور (8) ساعات هي :

- % 50
- % 25
- % 12.5
- % 6.25

30 - مادة مشعة عمر نصفها 3 دقائق ، فإن مقدار ما يتبقى منها بعد 15 دقيقة يساوي :

- $\frac{1}{32}$
- $\frac{1}{8}$
- $\frac{1}{2}$
- $\frac{1}{16}$

31 - عنصر يرمز له بالرمز X^{25} وهذا بدل على وجود :

17 نيو كلينونا في نواهـ .

35 بروتونا في نواهـ .

18 نيوترونا في نواهـ .

52 نيو كلينونا في نواهـ .

32 - نواة عنصر مشع يرمز لها بالرمز X^{22} انحلت مطلقة جسيم ألفا ، فتكون النواة الناتجة هي :

$^{239}_{99} \text{Y}$ $^{238}_{90} \text{La}$ $^{234}_{90} \text{Y}$

33 - تكون كتلة النواة كوحدة متكاملة بالنسبة لمجموع كل مكوناتها منفردة :

أقل منها . مساوية لها . أكبر منها . متناسبة طردياً .

34 - عند اطلاق أشعة جاما من نواة عنصر مشع :

يتغير العدد الكتلي ، ولا يتغير العدد الذري .

يتغير العدد الذري ، ولا يتغير رقم الكتلة .

يتغير العدد الكتلي ، والعدد الذري .

لا يتغير العدد الكتلي ، ولا يتغير العدد الذري .

السؤال الخامس

عمل لكل مما يلي تعليلاً علمياً دقيقاً :-

1 - نظائر العنصر الواحد تتشابه في الخواص الكيميائية ، وتحتختلف في الخواص الفيزيائية .

2 - برغم وجود فوارق كثيرة في الكثافة بين بروتونات النواة ، إلا أنها مترابطة .

3 - كتلة مكونات النواة أكبر من كتلة النواة .

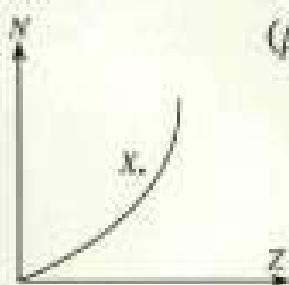
4 - متوسط طاقة الربط التروية أكثر حكماً على استقرار النواة من طاقة الربط التروية نفسها .

5 - النواة X^{23} التي طاقة ربطها $7 MeV (100)$ أكثر استقراراً من النواة Z^{25} التي طاقة ربطها $120 MeV$.

6 - تمثل أثوية العناصر التقبيلية إلى التفاعلات الاستطرارية ، بينما تمثل الأثوية الخفيفة على التفاعلات الاندماجية .

7 - العناصر المترسمة في الجدول الدوري أكثر العناصر استقراراً .

8 - إذا تساوت جسيمات (α) ، (β) وأشعة جاما في الطاقة فإن أشعة (جاما) تكون الأكثر خطورة .



9 - العناصر المشعة التي يمثلها عنصر (X) تطلق جسيمات (β) حتى تقترب من المنحنى .

10 - انطلاق جسيمات (β) من نواة مشعة بحول النواة إلى نواة آخر يزيد العدد الذري لها بمقدار (1) ولا يتغير عددها الكثلي .

11 - تطلق أشعة جاما من الأنبوبة المشعة مصاحبة لانطلاق جسيمات ألفا وجسيمات بيتا .

12 - القوى النووية ليست قوى كهربائية ومداها قصير جداً .

13 - ضرورة وجود مهدئ في قلب المفاعل النووي .

14 - يعتبر النيترون أفضل قذيفة نوية .

15 - لا يتحقق قانون بقاء الكتلة في التفاعلات النووية .

السؤال السادس

حيثما لزم الأمر اعتبر كتلة (H_1^1) $1.0073u$ وكتلة (n_1^1) $1.0087u$

1 - احسب قوة التأثير الكهربائية التي تؤثر على البروتون عندما يكون على بعد $cm (6 \times 10^{-12})$ من نواة البلوتونيوم $^{144}_{\Lambda}Pu$.

$$6.016 N$$

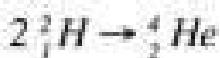
2 - ما مقدار حاجز الجهد النووي للبروتون عند تصويبه نحو نواة الفاناديوم V_{23}^{55} إذا علمت أن نصف قطرها $m (1.4 \times 10^{-13})$.

$$3.78 \times 10^{12} J$$

3 - إذا كانت طاقة حركة البروتون في المسألة السابقة تساوي $M eV (6)$ مليون الكيلوفولت فعلى أي بعد من نواة الفاناديوم يسكن .

$$5.52 \times 10^{-12} m$$

4 - احسب الطاقة الناتجة من التفاعل التالي :-



علماً بأن كتلة $(\frac{1}{2} H) = 2.0141 u$ ، وطاقة حرائه $(925) MeV$ ،
وكتلة $(\frac{4}{2} He) = 4.0015 u$

$1874.9 MeV$

5 - انطلق جم الماء من نواة البولونيوم ($\frac{239}{94} Po$) ، وكان ناتج التفاعل هو الرصاص ($\frac{208}{82} Po$) حسب المعادلة التالية :-



ما قيمة الطاقة المصاحبة لهذا التفاعل ؟ علماً بأن الأرقام تبين كتل السكون بوحدة الكتلة الذرية .

$12.57 MeV$

6 - إذا علمت أن متوسط طاقة الربط النووية للتربيوم ($\frac{90}{40} H$) يساوي $(2.8) MeV$ فاحسب كتلته .

$3.0156.U$

7 - ما أقل طاقة تلزم لفصل جميع نيوكلينات نواة النيكل ($\frac{59}{28} Ni$) بعضها عن بعض فضلاً تاماً إذا علمت أن كتلة هذه النواة $= 59.9493 a.m.u$

ما أقل طاقة تلزم لفصل النيوكلينون الواحد ؟

$496.688 MeV - 8.278 MeV$

8 - إذا علمت أن للنحاس نظيرين هما ($\frac{63}{29} Cu$ ، $\frac{65}{29} Cu$) يتواجدان بنسبة (69 % ، 31 %) على الترتيب في أية عينة من النحاس في الطبيعة ، فاحسب الكتلة الذرية للنحاس .

$63.62.U$

9 - إذا علمت أن عمر النصف لعنصر مشع = 100 يوم ، فما الزمن اللازم لكي يقل النشاط الإشعاعي لعينة منه إلى $\frac{1}{4}$ ما كان عليه ؟

$200 days$

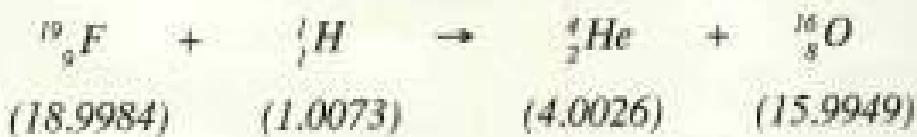
- 10 - إذا كان الزمن اللازم لبقل عدد الأيونات المشعة في حبة ما من (1×10^5) نواة إلى (8×10^5) نواة هو (120) ثانية ، فما عمر النصف للعنصر المشع ؟

40 (s)

- 11 - مقبرة أثرية تعطي عظامها إشعاعاً بمعدل يساوي $(\frac{1}{4})$ ما تعطيه عظام الكائن الحي فإذا علمت أن عمر النصف للكربون المشع (5700) سنة فاحسب عمر المقبرة .

11400 years

- 12 - احسب الطاقة الناتجة من التفاعل النووي التالي ووضح إمكانية حدوثه .



علماً بأن طاقة الفدحية $M_eV = K \cdot a.m.u$ ، أن الكتل المذكورة هي كيل السكون بوحدة :

11.634 MeV

السؤال السابع

أ. اذكر العوامل التي يتوقف عليها كل مما يلي : -

1 - مدى استقرار نواة عنصر .

2 - النسبة المئوية من عنصر مشع .

3 - حاجز الجهد النووي .

4 - مدى الإشعاع النووي .

5 - عمر النصف .

ب - ما هي شروط إتمام . . .

1 - تفاعل نووي صناعي ، باستخدام فدحية نووية مشحونة .

2 - تفاعل نووي اندماجي .

3 - تفاعل نووي انشطاري للبيورانيوم U^{235}

جـ - اذكر ثلاث :

- فروق بين جسيمات ألفا ، بيتا ، وأشعة جاما .
- استخدامات للنظائر المشعة .
- طرق للوقاية من اختصار الإشعاعات التروية .
- آثار خارة للإشعاعات التروية .

د - المعنيني (مأ) هو م禽ن الاستقرار والنقاط (س ، ص ، ع) تمثل ثلاث عناصر :

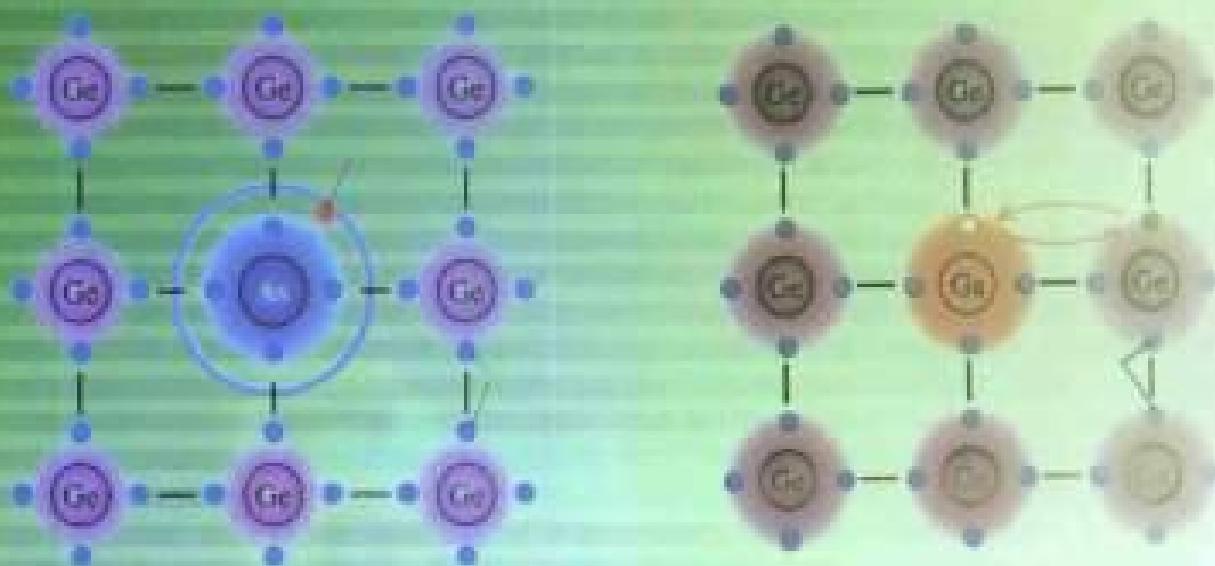


- 1 - أي هذه العناصر مستقرة (غير مشعة) وأيها غير مستقر (مشع)؟
- 2 - ماذا يحدث للعناصر المشعة من هذه العناصر الثلاثة لتصبح أكثر استقراراً؟

هـ - الشكل المصاحب يمثل جزءاً من إحدى سلاسل التحلل الإشعاعي .



- 1 - ما المقصود بسلسلة التحلل الإشعاعي؟
- 2 - اذكر اسم الجسم المنطلق في كل من المرحلتين الأولى والثالثة .
- 3 - ما هما النواتان الواقعتان في الشكل التخطيطي السابق وتعتبران نظيرتين لعنصر معين؟
- 4 - احسب عدد جسيمات ألفا وعدد جسيمات بيتا التي تبعث أثاء مراحل التحلل للتوا (${}^{234}_{92} D$) وتحولها في نهاية السلسلة إلى نظير الرصاص المستقر (${}^{206}_{82} Pb$)



أودع بكتبة الوزارة تحت رقم ١٩٤ بتاريخ ٢٠٠٨/٨/١١
مطبع دار السابة