

الفصل السابع: الكهرومغناطيسية

- تنتج الموجات الكهرومغناطيسية (تتكون من مجالات كهربائية ومغناطيسية تنتشر في الفضاء) عن مسارعة الإلكترونات ، فشحنة الإلكترون تنتج مجالات كهربائية ، وتنتج حركته مجالات مغناطيسية .

كتلة الإلكترون :

- قاس ملىكان شحنة الإلكترون ($1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$) .
- تمكن العالم تومسون من تحديد نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته بواسطة أنبوب أشعة المهبط (الشكل 7-1 / 10)
- ($v = E / B$) , ($q/m = v / Br$) , ($q/m = 1.759 \times 10^{11} \text{ C/kg}$) .
- $m = q/q/m = 1.602 \times 10^{-19} / 1.759 \times 10^{11} = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
- قاس تومسون بنفس الطريقة تقريباً كتلة البروتون ($1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$) ، وقاس كتل الأيونات الثقيلة .

المسائل التدريبية / 12 .

مطياف الكتلة:

- هو جهاز مماثل لأنبوب أشعة المهبط (الشكل 7-3 / 13) .
- يستخدم لدراسة النظائر وقياس النسبة بين الأيون الموجب وكتلته .
- مصدر الأيون : هي المادة التي تكون قيد الفحص والاستقصاء .
- يكون مصدر الأيون غازاً أو مادة يمكن تسخينها لتشكّل بخاراً .
- النظائر : هي الأشكال المختلفة للذرة والتي لها الخصائص الكيميائية نفسها ولكنها مختلفة الكتل .
- نسبة شحنة الأيون إلى كتلته : $q/m = 2V / B^2 r^2$.

المسائل التدريبية / 15 .

تحليل النظائر:

- يمكن من دراسة أثر اصطدام أيونات عنصر على الفيلم في جهاز مطياف الكتلة من تحديد عدد النظائر ووفرتها.
- كمثال على ذلك الشكل 7-4 / 16 .
- الكتلة الذرية لعنصر تساوي متوسط كتل جميع النظائر المستقرة لهذا العنصر .
- من التطبيقات الأخرى لمطياف الكتلة فصل عينة من اليورانيوم إلى النظائر المكونة لها ، وكذلك التقاط وتحديد أثر كميات الجزيئات في عينة ما .

المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء :

- نستفيد من الموجات الكهرومغناطيسية في كثير من النواحي في حياتنا في إشارات البث الإذاعي والتلفزة والأقمار الاصطناعية والموجات الصادرة من المجرات البعيدة وموجات أفران الميكروويف وأجهزة التحكم عن بعد والهواتف الخلوية .

الموجات الكهرومغناطيسية :

التطورات في فهم الموجات الكهرومغناطيسية :

- لاحظ العالم الدنماركي أورستد 1821 م انحراف إبرة البوصلة عند اقترابها من سلك يسري فيه تيار كهربائي .
- وتوصل إلى أن التيار المار في موصل يولد مجالاً مغناطيسياً ، وأن التيار المتغير يولد مجالاً مغناطيسياً متغيراً .
- بعدها بإحدى عشرة سنة اكتشف كل من العالمين مايكل فارادي وجوزيف هنري الحث الكهرومغناطيسي (وهو إنتاج مجال كهربائي متغير بسبب مجال مغناطيسي متغير) .
- افترض الفيزيائي الاسكتلندي جيمس ماكسويل 1860 م أن عكس الحث صحيح ، فالتغير في المجال الكهربائي يولد مجالاً مغناطيسياً متغيراً ، وأن الشحنات الكهربائية ليست ضرورية .
- يسمى المجالان المغناطيسي والكهربائي المنتشران معاً في الفضاء الموجات الكهرومغناطيسية .
- أثبت الفيزيائي الألماني هنريش هرتز 1887 م عملياً صحة نظرية ماكسويل .

خصائص الموجات الكهرومغناطيسية :

- سرعة الموجات الكهرومغناطيسية في الفضاء تساوي $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ وهي سرعة الضوء .
- يرتبط كل من طول الموجة (λ) وترددها (f) وسرعتها (v) بالعلاقة : $\lambda = v / f$.

انتشار الموجات الكهرومغناطيسية خلال مادة :

- تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية خلال العوازل الكهربائية كالهواء والزجاج والماء بسرعة أقل من سرعتها في الفراغ ، وتحسب من العلاقة : $v = c / \sqrt{K}$ حيث K ثابت العزل الكهربائي النسبي .

المسائل التدريبية / 19 .

انتشار الموجات الكهرومغناطيسية في الفضاء :

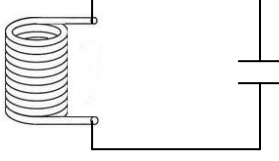
- الهوائي يتصل بمصدر تيار متناوب يولد فرق جهد متغير ، فيهتز الهوائي بتردد مساو لتردد المصدر .
- فرق الجهد المتناوب يولد مجالاً كهربائياً متغيراً يبتعد عن الهوائي وهو بدوره يولد مجالاً مغناطيسياً متغيراً .
- المجال المغناطيسي يتعامد مع المجال الكهربائي وكلاهما يتعامد مع اتجاه انتشار الموجة .

توليد الموجات الكهرومغناطيسية :

(1) الموجات من مصدر متناوب :

مصدر متناوب ← هوائي ← موجات كهرومغناطيسية (ترددها تردد دوران مولد AC) .

الطيف الكهرومغناطيسي شكل 7-8 / 20 ، مسألة التحفيز / 21 .



(2) الموجات الناتجة عن ملف ومكثف كهربائي :

(محث + مكثف) متصلان على التوالي الشكل 7-9 / 21

- تتخامد الذبذبات الناتجة عن دائرة الملف والمكثف ويعالج هذا بإضافة مصدر طاقة .
- يمكن المحافظة على استمرار حدوث الاهتزازات بتشكيل محول كهربائي في الدائرة ، الشكل 7-11 / 22 .
- يمكن زيادة تردد الاهتزازات عن طريق تقليل حجم كل من الملف والمكثف .
- يستخدم التجويف الرنان (صندوق على شكل متوازي مستطيلات يعتمد في عمله على الملف والمكثف) لتوليد الموجات الميكروية (تتراوح تردداتها بين 100GHz – 1GHz) ، ويحدد حجم الصندوق تردد الاهتزاز ومثال عليه أفران الميكروويف .

(3) الموجات الناتجة بالكهرباء الإجهادية :

الكهرباء الإجهادية : هي خاصية تشوه بلورات الكوارتز عند تطبيق جهد كهربائي عبرها .

- تنتج اهتزازات مستمرة عند تطبيق جهد متناوب على مقطع عرضي من بلورة كوارتز .
- العلاقة بين سمك البلورة وتردد الاهتزازة خطية عكسية .
- تستخدم بلورات الكوارتز عادة في الساعات لأن ترددات اهتزازاتها ثابتة تقريباً .

استقبال الموجات الكهرومغناطيسية :

- النقاط الموجات يتطلب هوائي ، حيث تعمل المجالات الكهربائية للموجات على تسارع إلكترونات مادته .
- يكون التسارع أكبر ما يمكن عندما يوجه الهوائي في اتجاه استقطاب الموجة نفسها (عندما يكون الهوائي موازياً لاتجاه المجالات الكهربائية للموجة) .
- يتذبذب فرق الجهد بين طرفي الهوائي بتردد الموجة الكهرومغناطيسية نفسه .
- يكون للجهد قيمة عظمى عندما يكون طول الهوائي مساو لنصف الطول الموجي للموجة .
- يمكن أن يكون الهوائي عبارة عن سلك واحد إلا أن استخدام عدة أسلاك أكثر فاعلية .
- جميع الموجات الكهرومغناطيسية لها خصائص الانعكاس والانكسار والتداخل والحيود .
- يعمل الطبقة اللاقط على عكس الموجات التي يستقبلها وتركيزها على اللاقط الذي يرسلها إلى المستقبل .

- لاختيار موجات ذات تردد معين نعدل السعة الكهربائية للمكثف في دائرة الموالف حتى يصبح تردد الدائرة مساوياً لتردد الموجة المطلوبة .
- تحمل الموجات الطاقة والمعلومات :
- الموجات في نطاق الأشعة تحت الحمراء وأشعة الميكروويف تعمل على مسارعة الإلكترونات في الجزيئات حيث تتحول طاقة الموجات إلى طاقة حرارية في الجزيئات وهذه طريقة عمل فرن الميكروويف في تسخين الطعام .
- موجات الضوء تنقل الطاقة إلى الإلكترونات كما يحدث على الأفلام الفوتوغرافية حيث تحدث الطاقة في موجات الضوء تفاعلات كيميائية في الفيلم .
- في الترددات الكبيرة مثل الأشعة فوق البنفسجية تسبب الإشعاعات حدوث العديد من التفاعلات الكيميائية كالتى تحدث في الخلايا الحية وتسبب حروق الشمس وسمرة الجلد والأمراض الخطيرة أحياناً .

الأشعة السينية X Rays

- تم اكتشافها بواسطة العالم الألماني وليام رونتجن عام 1895 م .
 - الشكل 7-13 / 25 يوضح الأنبوب الذي استخدمه رونتجن في توليد الأشعة التي سماها الأشعة السينية لعدم معرفته بطبيعتها .
 - الأشعة السينية هي موجات كهرومغناطيسية ترددها كبير .
 - يستفاد منها في الطب في التصوير الإشعاعي لاختلاف نفاذيتها خلال الأجسام .
 - يحتوي السطح الداخلي لشاشة التلفاز على مادة الرصاص لإيقاف الأشعة السينية وحماية المشاهدين .
- أسئلة المراجعة / 25 .

الفصل الثامن : نظرية الكم Quantum Theory

النموذج الجسيمي للموجات :

- أثبت العالم هرتز صحة نظرية الموجات الكهرومغناطيسية للعالم ماكسويل والتي تعتبر أن الضوء موجات كهرومغناطيسية بحتة .
- لم تستطع النظرية تفسير بعض الظواهر مثل الطيف المنبعث من جسم ساخن، تفريغ الجسيمات المشحونة كهربياً من سطح فلزي عند سقوط أشعة فوق بنفسجية عليه.
- يمكن تفسير الظاهرتين عندما ندرك أن الموجات الكهرومغناطيسية لها خصائص جسيمية كذلك .

الإشعاع من الأجسام المتوهجة :

- العلاقة بين شدة الإشعاع وتردده عند درجات حرارة مختلفة (الشكل 1-8 / 38) .
- طيف الانبعاث: هو الرسم البياني لشدة الضوء المنبعث من جسم ساخن على مدى من الترددات.
- تعتمد الألوان التي نراها من مصباح متوهج على الشدة النسبية للموجات الكهرومغناطيسية وعلى حساسية العين
- عند النظر إلى فتيلة مصباح متوهج من خلال محزوز حيود فإننا نرى جميع ألوان الطيف (ألوان قوس المطر).
- يبعث كذلك المصباح المتوهج أشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية ولكن لا نراها .
- عند كل درجة حرارة هناك تردد تنبعث عنده كمية عظمى من الطاقة ويختلف من درجة لأخرى .
- تتناسب قدرة الموجات الكهرومغناطيسية (الطاقة المنبعثة في كل ثانية) طردياً مع درجة حرارة الجسم الساخن بوحدة كلفن مرفوعة للقوة الرابعة ($P \propto T^4$) .
- فشلت النظرية الكهرومغناطيسية لماكسويل ونظريات الفيزياء الكلاسيكية في تفسير شكل طيف الانبعاث .

مقترحات العالم ماكس بلانك لتفسير طيف الانبعاث :

- 1) الذرات غير قادرة على تغيير طاقتها بشكل مستمر (طاقة اهتزاز الذرات في الجسم الصلب لها ترددات محددة فقط) .

$$E = nhf \quad : (E) \text{ طاقة الاهتزاز}$$

حيث : n عدد صحيح (0,1,2,3,...) ، h ثابت بلانك $= 6.63 \times 10^{-34} \text{ J/Hz}$ ، f التردد .

استنتج أن الطاقة كمّاء أي أنها توجد فقط على شكل حزم أو كميات معينة .

- 2) الذرات تبعث إشعاعاً فقط عندما تتغير طاقة اهتزازها ، الطاقة المنبعثة تساوي التغير في طاقة اهتزاز الذرة (hf) ، الثابت h له قيمة صغيرة جداً وهذا يعني أن مراحل تغير الطاقة صغيرة جداً بحيث لا يمكن ملاحظتها في الأجسام العادية .

التأثير الكهروضوئي :

هو انبعاث إلكترونات عند سقوط إشعاع كهرومغناطيسي على جسم .

- سقوط أشعة فوق بنفسجية على لوح زنك مشحون بشحنة سالبة فإنه يفقد شحنته ، أما عند سقوط ضوء مرئي عادي على اللوح نفسه فإنه لا يفقد شحنته ، على الرغم أن كلاهما إشعاع كهرومغناطيسي .
- يمكن دراسة التأثير الكهروضوئي باستخدام خلية ضوئية (الشكل 2-8 / 40) .
- ليس كل إشعاع يسقط على المهبط يولد تياراً كهربائياً ، الإلكترونات تنبعث من المهبط عندما يكون تردد الشعاع الساقط مساوياً أو أكبر من تردد العتبة f_0 للفلز .
- تحرر كل الأطوال الموجية للضوء المرئي – ما عدا الضوء الأحمر - إلكترونات من السيزيوم .
- تردد العتبة لفلز : هو أقل تردد للإشعاع الضوئي قادر على تحرير إلكترونات من هذا الفلز .
- إذا حرر شعاع إلكترونات فلز فإن زيادة شدته تؤدي إلى زيادة تدفق الإلكترونات الضوئية .
- لم تستطع النظرية الموجية لماكسويل من تفسير ظاهرة التأثير الكهروضوئي .

نظرية العالم أينشتاين لتفسير التأثير الكهروضوئي :

- (1) يتكون الضوء والأشكال الأخرى من الإشعاع الكهرومغناطيسي من حزم مكّمة ومنفصلة من الطاقة تسمى الفوتونات ، تعتمد طاقة الفوتون على تردده .

$$E = hf = hc / \lambda = 1240 \text{ eV. nm} / \lambda$$

- تقاس الطاقة بوحدة **الإلكترون فولت (eV)** وهي طاقة إلكترون يتسارع عبر فرق جهد مقداره فولت واحد .

$$1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

- (2) يتفاعل فوتون واحد فقط مع إلكترون واحد :

- إذا كان تردد الفوتون أقل من تردد العتبة للفلز لن يتحرر الإلكترون .
- إذا كان تردد الفوتون يساوي تردد العتبة للفلز فإن الإلكترون يتحرر .
- إذا كان تردد الفوتون أكبر من تردد العتبة للفلز فإن الإلكترون يتحرر ويمتلك طاقة حركية بعد تحرره .

$$KE = E - E_0 , \quad KE = hf - hf_0$$

اختبار النظرية الكهروضوئية :

- الشكل 3-8 / 43 .
- تقاس الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة بطريقة غير مباشرة .
- عند جهد الإيقاف أو القطع تكون $KE = -q V_0$.

تطبيقات التأثير الكهروضوئي :

- الألواح الشمسية .
- فاتحات أبواب مواقف السيارات والأسواق التجارية .
- التحكم في إضاءة مصابيح الشوارع .

مسائل تدريبية / 44 .

الرسم البياني لطاقت حركة الإلكترونات المتحررة :

- الشكل 8-5 / 45
- ميل المستقيم = النسبة بين التغير في الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة والتغير في تردد الإشعاع.
- ميل المستقيم = ثابت بلانك . $\Delta KE / \Delta f = h$
- تختلف الرسوم البيانية للفلات فقط في تردد العتبة f_0 وهو النقطة التي تكون عندها $KE = 0$.
- يرتبط تردد العتبة مع اقتران الشغل للفلةز .
- اقتران الشغل للفلةز : هو الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون الأضعف ارتباطاً في الفلةز .

مسائل تدريبية / 46 .

تأثير كومبتون :

- للفوتون طاقة حركية كما للجسيمات على الرغم أنه ليس له كتلة .
- اقترح أينشتاين أن يكون للفوتون خاصية جسيمية أخرى هي الزخم .
- زخم الفوتون : $p = hf / c = h / \lambda$
- دعمت نتائج تجارب كومبتون النموذج الجسيمي للضوء الشكل 8-6 / 47 .
- تأثير كومبتون : الإزاحة في طاقة الفوتونات المشتتة .
- الطاقة والزخم اللذين تكتسبهما الإلكترونات يساويان الطاقة والزخم اللذين تفقدتهما الفوتونات ، الفوتونات تحقق قانوني حفظ الزخم والطاقة عندما تصطدم بجسيمات أخرى .

- للموجات الكهرومغناطيسية عديمة الكتلة زخم وطاقة كالجسيمات ، فهل للجسيمات خصائص موجية ؟

موجات دي برولي :

- زخم الجسم : $p = mv = h / \lambda$

- طول موجة دي برولي (الطول الموجي المصاحب للجسيم المتحرك) : $\lambda = h / p = h / mv$

- في تجربتين مستقلتين (لتومسون ، ودافيسون - جيرمر) أثبتت نتائجهما أن الإلكترونات تحيد مثل الضوء .
- الطبيعة الموجية للأجسام التي نراها ونتعامل معها يومياً لا يمكن ملاحظتها لأن أطوالها الموجية قصيرة جداً .
- مثال على حساب طول موجة دي برولي المصاحبة لكرة مضرب كتلتها 0.145 kg وسرعتها 38 m/s :

$$\lambda = h / mv = 6.63 \times 10^{-34} / (0.145) (38) = 1.2 \times 10^{-34} \text{ m}$$

- للجسيمات الصغيرة جداً كالإلكترون طول موجي يمكن ملاحظته وقياسه .

مسائل تدريبية / 50

الجسيمات والموجات :

- هل الضوء جسيم أم موجه ؟ نحتاج إلى كلاً من النموذج الجسيمي والنموذج الموجي لتفسير سلوك الضوء .
- قادت نظرية الكم والطبيعة المزدوجة للإشعاع الكهرومغناطيسي إلى مبادئ علمية وتطبيقات رائعة كالمجهر الأنوبي الماسح (STM) وهو مجهر قادر على تصوير سطوح المواد بقوة تمييز تصل إلى المستوى الذري .

تحديد الموقع والزخم :

- لتحديد موقع جسيم وسرعته يجب أن تجري تجربة لهذا الغرض .
- وسائل تحديد موقع جسم :
 - لمس الجسم .
 - عكس ضوء عنه ثم تجميعه بجهاز أو بالعين المجردة .
- يسبب حيود الضوء انتشاره فيستحيل تحديده بدقة ، واستخدام إشعاع طوله الموجي أقصر يقلل من الحيود .

مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج :

نص المبدأ : من غير الممكن قياس زخم جسيم وتحديد موقعه بدقة في الوقت نفسه .

- يفيد المبدأ أن هناك حداً للدقة في قياس الموقع والزخم .
- يؤثر تحديد موقع الجسيم بدقة في تغيير زخمه ، إذا تم قياس زخم الجسيم بدقة فإن موقعه يتغير والعكس صحيح.

الفصل التاسع : الذرة The Atom

- اكتشف العالم ثومسون (طومسون) الإلكترون .
- الإلكترونات سالبة الشحنة كتلتها صغيرة جداً .
- فارق الكتلة بين كتلة الذرة وكتلة إلكتروناتها جعل العلماء يبحثون عن الكتلة المفقودة وعن الشحنة الموجبة .

النموذج النووي :

- تصور ثومبسون عن الذرة أن المادة الثقيلة الموجبة تملأ الذرة ، وأن الإلكترونات تتوزع خلالها .
- أظهرت تجارب رادرفورد وجايجر وماردسن أن للذرة تركيباً مختلفاً تماماً .
- تجربة رادرفورد (الشكل 1- 9 / 64 ، الشكل 2- 9 / 65) :
 - استنتج رادرفورد أن النتائج يمكن تفسيرها فقط إذا كانت جميع شحنة الذرة متمركزة في حيز صغير وثقيل (يسمى الآن النواة ، وسمي نموذج رادرفورد للذرة النموذج النووي) .
 - حدد مجموعة من العلماء أن الشحنة الموجبة للذرة وأكثر من 99.9 % من كتلة الذرة موجودة في النواة .
 - قطر الذرة أكبر 10,000 مرة تقريباً من قطر النواة ، لذا معظم حجم الذرة يكون فراغاً .

طيف الانبعاث:

- **طيف الانبعاث الذري :** هو مجموعة الأطوال الموجية الكهرومغناطيسية التي تنبعث من الذرة .
- يستخدم لدراسة طيف الانبعاث جهاز المطياف (الشكل 4- 9 / 66) .
- طيف الانبعاث لجسم ساخن أو مادة صلبة متوهجة هو حزمة متصلة من ألوان الطيف المرئي ، بينما طيف الانبعاث لغاز يكون سلسلة من الخطوط المنفصلة ذات ألوان مختلفة .
- طيف الانبعاث لغاز يحتوي أطوال موجية مميزة لذرات ذلك الغاز .
- يستخدم طيف الانبعاث في :
 - تحديد نوع عينة غاز مجهولة .
 - تحليل خليط من العناصر ، حيث يشير إلى نوع العناصر الموجودة والتركيز النسبي لها . وتكون خطوط العنصر الأكبر كمية أكثر كثافة من العناصر الأخرى .

طيف الامتصاص :

- الشكل 5- 9 / 67 يبين طيف الامتصاص للشمس .
- لاحظ فرنهوفر وجود خطوط معتمة تتخلل طيف ضوء الشمس وتعرف الآن بخطوط فرنهوفر.
- سبب ظهورها أن ضوء الشمس يعبر خلال الغلاف الغازي المحيط بالشمس وتمتص هذه الغازات أطوالاً موجية مميزة محددة وامتصاص هذه الأطوال الموجية ينتج الخطوط المعتمة في الطيف المرئي .
- **طيف الامتصاص للغاز :** مجموعة الأطوال الموجية الممتصة بواسطة الغاز .
- أمكن تحديد مكونات الغلاف الشمسي بمقارنة الخطوط المفقودة في الطيف المرئي مع طيف الانبعاث المعلوم للعناصر المختلفة ، وبنفس الطريقة أمكن تحديد مكونات العديد من النجوم .
- لمشاهدة طيف الامتصاص نمرر ضوء أبيض خلال عينة غاز ومطياف (الشكل 6- 9 / 67) .
- تحدث خطوط الانبعاث المضيئة وخطوط الامتصاص المعتمة لأي غاز غالباً عند الأطوال الموجية نفسها .

التحليل الطيفي :

- يعد كل من طيف الانبعاث والامتصاص وسيلة علمية مفيدة .
- يستخدم في تحليل وتحديد وحساب كمية المواد المجهولة .
- في الصناعة تعالج مصانع الحديد كميات كبيرة من الحديد الخردة الذي يحتوي على تراكيب مختلفة يتم تحديدها بواسطة التحليل الطيفي في دقائق . وبنفس الطريقة تعالج الفلزات كالألومنيوم ، الزنك ،
- التحليل الطيفي أداة فعالة لتحليل الفلزات الموجودة على الأرض .
- التحليل الطيفي هو الأداة المتوافرة الوحيدة حالياً لدراسة مكونات النجوم على مدى الفضاء الواسع .

نموذج بور للذرة :

- تمت الدراسة على الهيدروجين لأنه العنصر الأخف وله أبسط طيف .
- من سلبيات النموذج النووي :
 - افتراضه أن الإلكترونات تدور حول النواة كما تدور الكواكب حول الشمس وتتسارع.
 - الإلكترونات المتسارعة تشع طاقة ، وسرعة معدل فقد الطاقة يجعل مساره لولبياً حتى يسقط في النواة .
 - الإلكترونات المتسارعة تشع طاقتها عند كل الأطوال الموجية ، بينما الضوء المنبعث من الذرات يُشع عند أطوال موجية محددة فقط .
- حاول الفيزيائي بور توحيد النموذج النووي مع مستويات الطاقة الكمّية لبلانك ونظرية أينشتاين للضوء .

تكمية الطاقة :

- نظرية بور : قوانين الكهرومغناطيسية لا تطبق على داخل الذرة :
- الإلكترونات في المدار المستقر لا تشع طاقة رغم أنها تتسارع .
 - حالة الاستقرار للذرات تكون إذا كانت كميات الطاقة فيها محددة أي أن مستويات الطاقة في الذرة كمّية .
 - عندما تكون طاقة الذرة عند أقل مقدار مسموح به تكون في حالة استقرار ، وعندما تنتقل إلى مستوى طاقة أعلى بسبب امتصاص الذرة كمية محددة من الطاقة تكون في حالة إثارة .

طاقة الذرة :

- طاقة الذرة = طاقة حركة الإلكترونات + طاقة الوضع الناتجة عن قوة التجاذب بين الإلكترونات والنواة.
- طاقة الإلكترون في المستويات القريبة من النواة أقل من طاقته في المستويات البعيدة.
- يسمى نموذج الذرة الذي يبين وجود نواة مركزية وإلكترونات لها مستويات طاقة كمّية تدور حولها بنموذج بور
- تنبعث طاقة كهرومغناطيسية من الذرة عندما تتغير من حالة استقرار إلى حالة استقرار أخرى .
- عندما يحدث انتقال في الذرة من مستوى طاقة ابتدائي E_i إلى مستوى طاقة نهائي E_f فإن :

$$\Delta E = E_f - E_i \quad \text{التغير في طاقة الذرة :}$$

$$\Delta E_{\text{ذرة}} = E_{\text{فوتون}} \quad \text{طاقة الفوتون المنبعث :} \quad E_{\text{فوتون}} = hf$$

تنبؤات نموذج بور :

- طبق هذا النموذج على ذرة الهيدروجين فقط .
- لا يفسر لماذا يمكن تطبيق قوانين الكهرومغناطيسية في كل مكان إلا داخل الذرة .
- يصف مستويات الطاقة والأطوال الموجية للضوء المنبعث والممتص من ذرات الهيدروجين بصورة جيدة .
- لم يكن بور يعتقد أن نموذجيه يمثل نظرية متكاملة عن تركيب الذرة .

تطور نموذج بور :

- طور بور نموذجيه كالتالي :
- طبق قانون نيوتن الثاني على الإلكترون : $F_{\text{محصلة}} = ma$.
- طبق قانون كولوم لحساب القوة المحصلة للتفاعل بين الإلكترون السالب والبروتون الموجب $F = -kq^2/r^2$.
- تسارع الإلكترون حول البروتون : $a = -v^2 / r$. (الإشارة السالبة تدل على أن الاتجاه إلى الداخل)
- مما سبق حصل بور على العلاقة : $kq^2 = rmv^2$.
- الزخم الزاوي للإلكترون mvr له قيم محددة مضروبة في المقدار $h/2\pi$ ، $mvr = nh/2\pi$.
- أنصاف أقطار مستويات الإلكترونات في ذرة الهيدروجين : $r_n = h^2 n^2 / 4 \pi^2 k m q^2$.
- طاقة ذرة الهيدروجين (بوحدة e.v) : $E_n = -13.6 / n^2$ ، n عدد الكم الرئيس .

$$r_n = 5.3 \times 10^{-11} n^2 \text{ (m)} , p = 1.06 \times 10^{-34} n \text{ (kg.m}^2/\text{s)} , v = 2.18 \times 10^6 / n \text{ (m/s)}$$

الطاقة وانتقال الإلكترون :

- طاقة مستوى اللانهاية تساوي صفراً وتسمى الطاقة الصفرية.
- الطاقة الصفرية : هي طاقة الذرة عندما يكون الإلكترون بعيداً جداً عن الذرة وليس له طاقة حركة .
- تحدث الطاقة الصفرية عندما تصبح الذرة متأينة .
- طاقة الذرة مع الإلكترون الدائر أقل من الصفر (لهذا السبب تأخذ طاقة الذرات قيماً سالبة) .

$$\Delta E = -13.6 [(1/n_f^2) - (1/n_i^2)]$$

- في الشكل 11 - 9 / 72 :
- عودة الإلكترونات من المستويات العليا إلى المستوى الأول نحصل على سلسلة ليمان (أشعة فوق بنفسجية) .
- عودة إلكترونات أخرى من المستويات العليا إلى المستوى الثاني نحصل على سلسلة بالمر (ضوء مرئي) .
- عودة إلكترونات أخرى من المستويات العليا إلى المستوى الثالث نحصل على سلسلة باشن (أشعة تحت الحمراء)
- طاقة تأين الذرة : هي الطاقة اللازمة لتحرير إلكترون بصورة كاملة من الذرة .

مسائل تدريبية / 74 . مسائل تدريبية / 75 .

النموذج الكمي للذرة :

- لا يمكن تفسير فرضيات بور على أساس المبادئ الفيزيائية في تلك الفترة بسبب :
 - الجسيمات المتسارعة بحسب النظرية الكهرومغناطيسية تبعث طاقة ، مما يؤدي إلى انهيار سريع للذرة .
 - فكرة أن الإلكترون الدائر له مستوى محدد بنصف قطر تتعارض مع مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج .

من مستويات الطاقة إلى السحابة الإلكترونية :

- اقترح دي برولي أن للجسيمات خصائص موجية كما للضوء خصائص جسيمية .
- طول موجة دي برولي لجسيم : $\lambda = h / mv$
- الزخم الزاوي للجسيم : $mvr = h r / \lambda$
- يشترط نموذج بور أن يكون الزخم الزاوي مكّمي : $mvr = nh / 2\pi$
- مما سبق : $hr / \lambda = nh / 2\pi \leftarrow n \lambda = 2 \pi r$
- محيط مستوى بور $2\pi r$ يساوي العدد الصحيح n مضروباً في طول موجة دي برولي λ (الشكل 12-9/77).
- استخدم العالم شرودنجر نموذج موجة دي برولي للوصول إلى نظرية الكم للذرة اعتماداً على الموجات .
- لم تقترح نظرية الكم النموذج الكواكبي البسيط للذرة كما في نموذج بور .
- النموذج الكمي يتوقع احتمالية وجود الإلكترون في منطقة محددة فقط بناءً على مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج .
- النموذج الكمي للذرة تنبأ بأن المسافة الأكثر احتمالية بين الإلكترون والنواة لذرة الهيدروجين هي نصف القطر نفسه الذي تم توقعه من خلال نموذج بور .
- المنطقة ذات الاحتمالية العالية لوجود الإلكترون فيها تسمى سحابة إلكترونية.
- حققت ميكانيكا الكم (دراسة خصائص المادة باستخدام خصائصها الموجية) نجاحاً هائلاً في توقع الكثير من المعلومات التفصيلية لتركيب الذرة .
- تمكنت ميكانيكا الكم من جعل تراكيب بعض الجزيئات قابلة للحساب ، مما مكن من تحديد ترتيب الذرات في الجزيئات .
- تستخدم ميكانيكا الكم لتحليل تفاصيل امتصاص وانبعاث الضوء من الذرات ، وطور مصدر جديد للضوء .

- ينتقل الضوء المنبعث من مصدر متوهج أو الناتج عن غاز في جميع الاتجاهات .
- الموجات التي تنتقل بالطور نفسه تكون مترابطة (الشكل 14-9 / 79) .
- موجات الضوء المترابطة تكون ضوءاً مترابطاً ، بينما المختلفة في الطور تكون ضوءاً غير مترابط .
- يمكن إثارة الذرات بالطرق التالية :
 - الإثارة الحرارية .
 - تصادم الإلكترونات بالذرات .
 - تصادم الفوتونات ذات الطاقة المحددة بالذرات .

الانبعاث التلقائي والانبعاث المحفز :

- إذا كانت الذرة مثارة فإنها تعود إلى حالة الاستقرار باعثة فوتوناً له نفس الطاقة التي امتصتها ، تسمى هذه العملية انبعاث تلقائي (الشكل 15a-9 / 80) .
- وضح أينشتاين أنه عندما تكون الذرة مثارة وتصطدم بفوتون طاقته تساوي فرق الطاقة بين حالة الإثارة والاستقرار (الشكل 15b-9 - 80) فإنه ينبعث فوتونين لهما نفس التردد والطور ويكونان مترابطين وتسمى هذه الحالة انبعاث محفز .
- قد يصطدم أي من هذين الفوتونين بذرات أخرى مثارة فتنتج فوتونات مترابطة ، وتستمر هذه العملية لنحصل على سيل من الفوتونات لها الطول الموجي نفسه .
- شروط حدوث العملية السابقة :
 - يجب أن تكون هناك ذرات أخرى مثارة .
 - يجب أن تبقى الذرات مثارة لفترة زمنية كافية حتى يحدث التصادم .
 - يجب السيطرة على الفوتونات وتوجيهها لتتصادم مع الذرات المثارة .
- تم ابتكار أداة في عام 1959 م تسمى ليزر حققت الشروط الثلاثة لإنتاج ضوء مترابط (ليزر) وهي تعني تضخيم الضوء بواسطة الانبعاث المحرض للإشعاع . والذرة التي تبعث الضوء عندما تكون مثارة في الليزر تسمى ذرة ليزرية .

إنتاج الليزر :

● جهاز الليزر يتكون من :

- أنبوب زجاجي يحتوي الفوتونات المنبعثة من الذرات الليزرية .
- على طرفي الأنبوب مرآيا مستوية متوازية سطوحها العاكسة متقابلة .
- إحدى المرآيا عاكسة بنسبة 99.9% والأخرى عاكسة جزئياً تسمح بمرور 0.1% من الضوء .
- ارتداد الغاز بين المرآيا يزيد عدد تصادمات الفوتونات بالذرات الليزرية فتزداد كثافة الفوتونات.
- تخرج الفوتونات من الأنبوب خلال المرآة الجزئية الانعكاس منتجة شعاع ليزر مترابط .

● خصائص شعاع الليزر :

- مترابط لأن جميع فوتوناته تتبع في الطور نفسه .
- ضوء الليزر له الطول الموجي نفسه (أحادي اللون) لانتقال الإلكترونات بين زوج واحد من مستويات الطاقة وفي نوع واحد من الذرات .
- ضوء الليزر لا ينحرف مهما ابتعد عن مصدره .
- ضوء الليزر عالي الكثافة لأن قطره صغير جداً .

تطبيقات الليزر :

- قراءة الأقراص المدمجة في الحاسب .
- اختبار استقامة الأنفاق والأنابيب .
- حساب بعد القمر عن الأرض بدقة عالية بعد تثبيت مرآيا عاكسة على سطحه ، وكذلك تتبع مواقعها .
- في اتصالات الألياف البصرية التي حلت محل الأسلاك النحاسية في نقل المكالمات التليفونية وبيانات الحاسوب والصور التلفزيونية .
- إثارة الذرات في أجهزة المطياف .
- في الطب في إعادة تشكيل قرنية العين ، وفي الجراحة بديلاً عن المشرط في قطع الأنسجة .
- في الصناعة لقطع المعادن وتلحيمها .
- إنتاج أجهزة الهولوجرام التي تكون صور ثلاثية الأبعاد .

الفصل العاشر : إلكترونيات الحالة الصلبة

التوصيل الكهربائي في المواد الصلبة :

- التجربة الاستهلاكية صفحه 95 .

تطور الأدوات الإلكترونية :

- أنابيب التفريغ (أنابيب الغازات المخلطة أو الصمامات) استخدمت في بداية القرن العشرين .
- تتدفق الإلكترونات خلال الفراغ في أنابيب التفريغ لتكبير الإشارات الكهربائية الضعيفة وضبطها .
- مما يعيب أنابيب التفريغ استهلاكها قدرة كهربائية كبيرة بسبب كبر حجمها ، وتنتج كمية كبيرة من الحرارة بسبب احتوائها على فتائل التسخين ، عمرها الافتراضي من سنة إلى خمس سنوات .
- في أواخر الأربعينيات من القرن العشرين اخترعت أدوات الحالة الصلبة من أشباه الموصلات (كالسليكون والجرمانيوم) .
- تضخم أدوات الحالة الصلبة الإشارات الكهربائية الضعيفة جداً وتضبطها .
- مميزات أدوات الحالة الصلبة :
 - تعمل بقدرة كهربائية صغيرة بسبب قلة عدد الإلكترونات المتدفقة خلالها .
 - لا تولد حرارة كبيرة لأنها لا تحتوي على فتائل تسخين .
 - حجمها صغير جداً ، وتكلفة صنعها قليلة ، وعمرها الافتراضي يصل إلى عشرين عاماً أو أكثر .

نظرية الأحزمة للمواد الصلبة Band Theory of Solids

- تتحرك الشحنات الكهربائية بسهولة في الموصلات بينما لا تتحرك كذلك في العوازل .
- تتكون المواد الصلبة البلورية من ذرات مرتبطة معاً بترتيبات منتظمة .
- تتكون الذرة من نواة كثيفة موجبة الشحنة محاطة بسحابة من الإلكترونات سالبة الشحنة .
- توجد الإلكترونات في مستويات طاقة محددة مسموح بها فقط .
- تشغل الإلكترونات في الذرة أدنى مستويات ممكنة للطاقة (حالة الاستقرار) .
- تغيرات الطاقة تكون كمّاء (تحدث بكميات محددة) .

حزم الطاقة :

- على فرض أننا أردنا تكوين مادة صلبة يلزمنا :

- تجميع ذرات بعضها مع بعض الواحدة تلو الأخرى ، مبتدئين بذرة في حالة استقرار .
- تتشكل البلورة الصلبة بتقريب ذرات إلى الذرة الأولى وهذا يجعل المجالات الكهربائية لهذه الذرات تؤثر في مستويات طاقة إلكتروناتها .
- نتيجة هذا التأثير تتجزأ مستويات الطاقة لحالة الاستقرار في كل ذرة في البلورة الصلبة إلى مستويات طاقة متعددة .
- سيكون الكثير من هذه المستويات قريب جداً بعضه من بعض ولا تبدو منفصلة ولكنها تظهر كحزم طاقة .
- حزم الطاقة ذات مستويات الطاقة الدنيا (أو حزم التكافؤ) تكون مملوءة بالإلكترونات مرتبطة في البلورة .
- مستويات الطاقة العليا (أو حزم التوصيل) يكون انتقال الإلكترونات فيها من ذرة إلى أخرى متاح .
- يفصل حزم التكافؤ وحزم التوصيل بعضها عن بعض فجوات طاقة لا يوجد فيها مستويات طاقة متاحة للإلكترونات لهذا تسمى مناطق الطاقة الممنوعة أو المحظورة.
- **نظرية الأحزمة للمواد الصلبة :** هي وصف لحزمتي التكافؤ والتوصيل المنفصلتين بفجوات الطاقة الممنوعة.
- نستخدم نظرية الأحزمة للمواد الصلبة من أجل فهم أفضل للتوصيل الكهربائي .
- كلما كانت فجوة الطاقة صغيرة كانت المادة جيدة التوصيل الكهربائي .
- بزيادة درجة حرارة المادة تكتسب إلكترونات التكافؤ طاقة كافية للقفز عن الفجوة فتصل إلى حزمة التوصيل.
- للسليكون في درجة حرارة الغرفة فجوة طاقة 1.1eV وللجرمانيوم فجوة طاقة 0.7eV وهذا يعني أن الجرمانيوم أكثر موصلية من السليكون عند أي درجة حرارة وأكثر حساسية .
- المواد التي يوجد فيها تداخل بين حزمها المملوءة جزئياً مواد موصلة.

الموصلات الكهربائية :

- عندما نطبق فرق جهد عبر مادة ما يؤثر المجال الكهربائي الناتج بقوة في الإلكترونات فتتسارع وتكتسب طاقة.
- عند وجود حزم مملوءة جزئياً فقط في المادة تكون هناك مستويات طاقة متاحة طاقتها أكبر قليلاً من طاقة الإلكترونات في مستويات الاستقرار.
- الإلكترونات التي اكتسبت طاقة من المجال الكهربائي يمكنها أن تتحرك من ذرة إلى الذرة التالية.
- تسمى حركة الإلكترونات هذه التيار الكهربائي وتعرف العملية كاملةً بالتوصيل الكهربائي.

الحركة العشوائية :

- حالة الإلكترونات في المادة قبل التأثير عليها بمجال كهربائي :
 - تتحرك بسرعة وبصورة عشوائية .
 - تتغير اتجاهاتها عندما تصطدم بالذرات .
- حالة الإلكترونات في المادة بعد التأثير عليها بمجال كهربائي :
 - تؤثر قوة محصلة تدفع الإلكترونات في اتجاه واحد بحركة بطيئة.
 - تتحرك الإلكترونات بسرعة 10^6 m/s في اتجاهات عشوائية ، وبسرعة 10^{-5} m/s أو أقل في اتجاه النهاية الموجبة للسلك .
 - يسمى هذا النموذج من الموصلات نموذج إلكترون - غاز .
 - إذا ارتفعت درجة حرارة الموصل تزداد سرعة الإلكترونات فتزداد تصادماتها بالذرات وتقل موصليته.
 - الموصلية مقلوب المقاومة ، كلما قلت موصلية المادة ازدادت مقاومتها .

مسائل تدريبية / 99 .

العوازل :

- في المادة العازلة تكون حزمة التكافؤ مملوءة بالإلكترونات بينما حزمة التوصيل فارغة .
- يكون أدنى مستوى للطاقة في حزمة التوصيل فوق أعلى مستوى للطاقة في حزمة التكافؤ بمقدار $5 - 10 \text{ eV}$ وهذه الطاقة ليست لدى الإلكترونات.
- متوسط الطاقة الحركية للإلكترونات (الناتجة عن طاقتها الحرارية) عند درجة حرارة الغرفة لا تكفيها لكي تقفز عن الفجوة الممنوعة.
- لكي تنتقل الإلكترونات إلى حزمة التوصيل في العازل يجب أن تزود بكمية كبيرة من الطاقة.
- تميل الإلكترونات في المادة العازلة إلى أن تبقى في أماكنها لذا هي لا توصل التيار الكهربائي.

أشباه الموصلات :

- تتحرك فيها الإلكترونات بحرية أكبر من حركة الإلكترونات في العوازل ولكن ليست حرة كما في الموصلات.
- لذرات أشباه الموصلات الأكثر شيوعاً كالسليكون Si والجرمانيوم Ge أربعة إلكترونات تكافؤ تساهم في ربط الذرات معاً في المادة الصلبة البلورية ، وتشكل إلكترونات التكافؤ حزمة مملوءة كما في العوازل .
- الفجوة الممنوعة في أشباه الموصلات أصغر كثيراً مما هي عليه في العوازل.
- نقل أحد إلكترونات ذرة السليكون إلى حزمة التوصيل لا يحتاج إلى طاقة كبيرة ، بل يكفي لذلك طاقتها الحركية الحرارية الناتجة عن الحركة العشوائية للذرات والإلكترونات ، ويمكن أن تحررها من ذراتها الأصلية وتتجول حول بلورة السليكون.
- عندما نطبق مجال كهربائي على مادة شبه موصلة فإن الإلكترونات في حزمة التوصيل تتحرك خلال المادة الصلبة بحسب اتجاه المجال المطبق.
- زيادة درجة حرارة أشباه الموصلات يزيد موصليتها بعكس الفلزات .
- إذا تحرر إلكترون من ذرة يترك مكانه فجوة (هي عبارة عن مستوى طاقة فارغ في حزمة التكافؤ) وتصبح الشحنة الكلية للذرة موجبة.
- يمكن للإلكترون في حزمة التوصيل أن يقفز داخل هذه الفجوة ليصبح مرتبطاً مع الذرة مرة أخرى.
- عندما يعاد اتحاد الفجوة مع الإلكترون الحر فإن شحنتيهما المختلفتين تعادل كل منهما الأخرى ، وهذا الإلكترون ترك خلفه فجوة في موقعه السابق .
- تتحرك الإلكترونات الحرة السالبة الشحنة في اتجاه واحد في حين تتحرك الفجوات الموجبة الشحنة في الاتجاه المعاكس.
- تسمى أشباه الموصلات التي توصل نتيجةً لتحرير الإلكترونات والفجوات حرارياً أشباه الموصلات النقية.
- التوصيل في أشباه الموصلات النقية منخفض جداً لأن عدداً قليلاً جداً من الإلكترونات والفجوات متوافر لحمل الشحنة ، وبهذا تكون مقاومتها كبيرة جداً.

مسائل تدريبية / 102 .

أشباه الموصلات المعالجة :

- لزيادة موصلية أشباه الموصلات النقية يضاف إليها ذرات مانحة أو مستقبلية للإلكترونات بتراكيز قليلة تسمى الشوائب .

- عمل الشوائب في أشباه الموصلات هو توفير إلكترونات أو فجوات إضافية.
- تسمى أشباه الموصلات التي تعالج بإضافة شوائب أشباه الموصلات غير النقية (المعالج) .

أشباه الموصلات من النوع السالب (n) :

- نحصل عليها إذا كانت المادة المانحة للإلكترون ما خماسية التكافؤ كالزرنيخ As .
- من (الشكل 10-6a / 103) يسمى الإلكترون الزائد الحر الإلكترون المانح وتكون طاقته قريبة جداً من طاقة حزمة التوصيل لذا من السهل نقل هذا الإلكترون من الذرة المعالجة إلى حزمة التوصيل الشكل 7a - 103/10.
- يزداد توصيل أشباه الموصلات من النوع (n) بتوافر عدد أكبر من هذه الإلكترونات المانحة .

أشباه الموصلات من النوع الموجب (p) :

- نحصل عليها إذا كانت المادة المستقبلية للإلكترون ما ثلاثية التكافؤ كالجاليوم Ga .
 - من (الشكل 103 / 10 – 6b) ينقص إلكترون واحد مما يحدث فجوة في بلورة السليكون .
 - يمكن للإلكترونات في حزمة التكافؤ أن تسقط بسهولة في هذه الفجوات مخلفة فجوات جديدة.
 - وجود وفرة في الفجوات التي تنتجها ذرات المستقبل المعالج يعزّز التوصيل في البلورة من النوع (p)
- الشكل 7b – 103 / 10 .

معالجة السليكون :

- لا تتطلب عملية المعالجة إلا للقليل من الذرات المعالجة لكل مليون ذرة سليكون .
- يعالج السليكون بوضع بلورة نقية منه في فراغ مع عينة من المادة المعالجة .
- يسخن المعالج حتى يتبخر وتتكاثر ذراته على السليكون البارد ، ثم ينتشر المعالج في السليكون بالتسخين .
- تبخر طبقة رقيقة من الألومنيوم أو الذهب على البلورة المعالجة ويلحم سلك بطبقة هذا الفلز مما يسمح بتطبيق فرق جهد على السليكون المعالج بالشوائب .

المجسات الحرارية :

- الموصلية الكهربائية لأشباه الموصلات النقية وغير النقية حساسة لكل من درجة الحرارة والضوء .
- زيادة درجة حرارة أشباه الموصلات تسمح بوصول المزيد من الإلكترونات إلى حزمة التوصيل فتزداد الموصلية وتقل المقاومة.
- سقوط الضوء على المادة شبه الموصلة يعمل على إثارة إلكترونات حزمة التكافؤ فتنتقل إلى حزمة التوصيل ، وبذلك تتناقص المقاومة مع زيادة شدة الضوء .
- صمم جهاز شبه موصل سمّي المجس الحراري يستخدم :
 - كمقياس حساس لدرجة الحرارة .
 - في الكشف عن تغيرات درجة الحرارة للمكونات الأخرى للدائرة الكهربائية .
 - في الكشف عن الموجات الراديوية والأشعة تحت الحمراء والأنواع الأخرى من الإشعاع .

مسائل تدريبية / 105 .

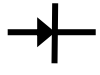
مقاييس الضوء :

- يمكن تصميم أشباه الموصلات المعالجة للاستجابة لأطوال موجية محددة من الضوء . ويتضمن ذلك مناطق الأشعة تحت الحمراء ومنطقة الضوء المرئي من الطيف .
- يعد السليكون وكبريتيد الكاديوم مقاومات يعتمد مقدارها على الضوء ، لذا تستخدم في مقاييس الضوء التي يستخدمها مهندسو الإضاءة في اختبار إنارة المحال التجارية والمكاتب والمنازل ، كذلك يستخدمها المصورون الفوتوغرافيون لتعديل آلات التصوير لالتقاط أفضل الصور .

الأدوات الإلكترونية Electronic Devices

- تعتمد الأجهزة الإلكترونية في عصرنا الحاضر (مذياع وتلفاز ومشغلات أقراص مدمجة وحواسيب صغيرة) على أدوات مصنوعة من أشباه الموصلات .
- في هذه الأدوات يتغير كل من التيار والجهد بطرائق أكثر تعقيداً عما وصف قانون أوم .

الدايودات (الوصلة الثنائية) Diodes

- يعد من أبسط الأدوات المصنوعة من أشباه الموصلات ويرمز له في الرسم التخطيطي للدوائر بالرمز  التركيب :
- قطعة صغيرة من مادة شبه موصلة من النوع p موصولة بقطعة أخرى من النوع n .
- يمكن أن تؤخذ عينة من السليكون النقي فتعالج أولاً بالمعالج p ثم تعالج بالمعالج n وتطلى منطقة الوصل الفلزية في كل منطقة لوصل الأسلاك بها (الشكل 8a – 10 / 107) .
- يطلق على الحد الفاصل بين شبه الموصل من النوع p وشبه الموصل من النوع n بالوصلة ، لذا تسمى الأداة الناتجة بالدايود نوع pn .

حركة الشحنات في الدايود :

- تتحرك الإلكترونات الحرة من الطرف n من الوصلة نحو الفجوات الموجبة في الطرف p وتتحد معها .
- تتحرك الفجوات من الطرف p إلى المنطقة n وتتحد مع الإلكترونات .
- يكون للمنطقة n شحنة كلية موجبة ، ويكون للمنطقة p شحنة كلية سالبة .
- تنتج هذه الشحنات قوى في الاتجاه المعاكس تؤدي إلى توقف حركة المزيد من ناقلات الشحنة .
- تخلق المنطقة المحيطة بالطبقة الفاصلة من الفجوات ومن الإلكترونات الحرة لذا تسمى طبقة النضوب .
- طبقة النضوب رديئة التوصيل للكهرباء لذا يتركب الدايود من موصلين جيدي التوصيل نسبياً عند الطرفين بينهما منطقة رديئة التوصيل .

طرق توصيل الدايود :

أولاً : توصيل (انحياز) عكسي (الشكل 8b – 10 / 107) :

- الإلكترونات في البلورة n والفجوات في البلورة p تنجذب نحو البطارية .
- يزداد عرض طبقة النضوب ويكاد لا يمر تيار كهربائي من خلال الدايود ويعمل عمل مقاوم كبير جداً .

ثانياً : توصيل (انحياز) أمامي (الشكل 8c – 10 / 107) :

- تدفع ناقلات الشحنة في اتجاه منطقة النضوب فتضمحل .
 - تصل الإلكترونات إلى الطرف p وتملأ الفجوات ، وتستمر البطارية في تزويد الطرف n بالإلكترونات وتزيل الإلكترونات من الطرف p فيعبر التيار من خلال الدايمود .
 - الدايمود لا يحقق قانون أوم .
 - من الاستخدامات الرئيسية للدايمود تحويل الجهد المتناوب AC إلى جهد مستمر DC وتسمى الدائرة عندئذ المقوم .
 - السهم المرسوم على رمز الدايمود يمثل اتجاه التيار الاصطلاحي .
- مسائل تدريبية / 109 .

الدايمودات المشعة للضوء (LEDs) :

- الدايمودات المصنوعة من مزيج الجاليوم والألومنيوم مع الزرنيخ والفسفور تبعث ضوءاً إذا كان انحيازها أمامي
- عندما تصل الإلكترونات إلى الفجوات في الوصلة فإنها تتحد معاً وتطلق الطاقة الفائضة على هيئة ضوء بأطوال موجية محددة .
- شكلت بعض الدايمودات لتبعث حزمة ضيقة من ضوء الليزر المترابط الأحادي اللون وتستخدم في :
 - مشغلات الأقراص المدمجة .
 - مؤشرات الليزر .
 - المساحات الضوئية لأشرطة الترميز في نقاط البيع في الأسواق التجارية .
- يمكن لوصلة الدايمود من النوع pn المنحاز عكسياً استشعار الضوء والكشف عنه ، حيث يحرر الضوء الساقط إلكترونات ويكون فجوات تؤدي إلى سريان تيار كهربائي يعتمد على شدة الضوء الساقط .

الترانزستورات والدوائر المتكاملة Transistors and Integrated Circuits

- الترانزستور أداة بسيطة يصنع من مادة شبه موصلة معالجة ، ويأتي على نوعين (الشكل 11- 10 / 111) :
 - النوع الأول npn : يتكون من طبقتين من مادة شبه موصلة من النوع n بينهما طبقة رقيقة من النوع p .
 - النوع الثاني pnp : يتكون من طبقتين من مادة شبه موصلة من النوع p بينهما طبقة رقيقة من النوع n .
- طريقة عمل ترانزستور npn (الشكل 12 – 10 / 111) .
- يستخدم الترانزستور في :
 - تضخيم الجهد ، تضخيم التيار ، تضخيم القدرة ، مفتاح تحكم سريع الأداء .

الرقائق الميكروية (الدوائر المتكاملة) :

- تتكون الواحدة منها من آلاف الترانزستورات والدايمودات والمقاومات والموصلات .
- تصنع بمعالجة السليكون عالي النقاوة وتشويبه بذرات مانحة أو مستقبلة .
- تستخدم في الأجهزة الكهربائية وفي السيارات وفي الحواسيب .
- يتطلب إنتاجها فريق واحد من الفيزيائيين والكيميائيين والمهندسين .

الفصل الحادي عشر : الفيزياء النووية

وصف النواة :

- في النواة بروتونات مسئولة عن نصف كتلتها ، شحنتها موجبة وهي الجسيمات الوحيدة المشحونة في النواة .

كتلة النواة وشحنتها :

- عدد البروتونات في النواة يطلق عليه **العدد الذري** ويرمز له بالرمز Z .
- شحنة النواة الكلية = عدد البروتونات $\times$ الشحنة الأساسية (Ze = شحنة النواة) .
- لكل من البروتون و النيوترون كتلة تساوي تقريباً $1u$ ، وحدة الكتلة الذرية ($1u = 1.66 \times 10^{-27} \text{kg}$) .
- مجموع عدد النيوترونات والبروتونات يطلق عليه **العدد الكتلي** ويرمز له بالرمز A .
- كتلة النواة = العدد الكتلي $\times$ وحدة الكتل الذرية (Au = كتلة النواة) .

متوسط الكتلة :

- الكتلة الذرية لعنصر ما هي متوسط كتلة نظائره .
 - لمعظم العناصر أشكال متعددة من النظائر التي تنتج طبيعياً .
 - لوصف النظير يكتب على الصورة A_ZX ، حيث (X) رمز العنصر .
- س - ما الذي يحافظ على نيوكليونات (لفظة تطلق على البروتونات والنيوترونات) النواة معاً ؟
- ج - بسبب وجود قوة تجاذب متبادلة وقوية داخل النواة .

القوة النووية القوية :

- القوة القوية : هي القوة التي تؤثر بين البروتونات والنيوترونات الموجودة داخل النواة والقريبة جداً من بعضها .
- تزيد 100 مرة على القوة الكهرومغناطيسية ، وهي قوة تجاذب تحافظ على بقاء النيوكليونات في النواة .
- مدى القوة القوية قصير يساوي نصف قطر البروتون ($1.4 \times 10^{-15} \text{m}$) ، وهي تحدث بين بروتون وبروتون ، بروتون ونيوترون ، نيوترون ونيوترون .
- طاقة النواة المجمعّة أقل من مجموع طاقات النيوكليونات المنفردة ، حيث يتحول فرق الطاقة إلى طاقة ربط نووية .
- بسبب أن النواة المجمعّة ذات طاقة أقل لذا فإن طاقات الربط جميعها تكون سالبة .

طاقة الربط النووية :

- بين أينشتاين أن الكتلة والطاقة متكافئتان حسب المعادلة التالية : $E = mc^2$.
- كتلة النواة المجمعّة أقل من مجموع كتل النيوكليونات التي تحويها مفردة ، ويسمى الفرق بينهما **نقص الكتلة** .
- يقيس جهاز مطياف الكتلة كتل النظائر مع جميع إلكتروناتها .
- عند حساب نقص الكتلة للنويدات يجب أن نتأكد من حساب كتلة الإلكترونات بدقة .
- (طاقة) $1u \equiv 931.49 \text{Mev}$ (كتلة) .
- معظم الأنوية الثقيلة ترتبط بقوة أكبر من الأنوية الخفيفة .
- أكثر الأنوية ترابطاً نواة الحديد وتصبح الأنوية أكثر استقراراً كلما اقترب عددها الكتلي من العدد الكتلي للحديد .
- يحدث التفاعل النووي طبيعياً إذا تحررت طاقة نتيجة التفاعل .
- يتحول الهيدروجين في الشمس والنجوم إلى هيليوم و كربون وبعض العناصر الأثقل في تفاعلات تحرر طاقة مولدة إشعاعاً كهرومغناطيسياً .

الاضمحلال النووي والتفاعلات النووية :

- المواد المشعة : هي مواد تبعث جسيمات لتنتقل إلى حالة أكثر استقراراً ، وهذا يسبب اضمحلالها .
- الإشعاعات النووية هي : أشعة ألفا α ، أشعة بيتا β ، أشعة جاما γ ، وتختلف بقدرتها على النفاذ خلال الأجسام .

نوع الإشعاع	طبيعته	حالة النواة بعد الاضمحلال
α	نواة هيليوم He	ينقص عددها الكتلي بمقدار 4 وينقص عددها الذري بمقدار 2 فيتحول العنصر إلى عنصر آخر $X \longrightarrow Y + \alpha$
β	إلكترونات تنبعث من النواة نتجت من تحول نيوترون إلى بروتون وإلكترون	تتحول النواة إلى نواة جديدة عددها الكتلي A وعددها الذري Z+1 وظهور جسيم يدعى الأنتي نيوترينو $X \longrightarrow Y + \beta + \bar{\nu}$
γ	فوتونات ذات طاقة عالية	لا تغير في A أو في Z ويرافق إشعاع جاما عادة اضمحلال ألفا أو بيتا $X \longrightarrow X + \gamma$

مسائل تدريبية / 134 ، مسائل تدريبية / 135

التفاعلات النووية والمعادلات النووية :

- يحدث التفاعل النووي إذا تغيرت طاقة النواة أو عدد النيوترونات أو عدد البروتونات .
- يمكن وصف التفاعلات النووية باستخدام الكلمات أو التمثيل البياني أو المعادلات النووية (كما في الجدول) .

عمر النصف :

- هو الفترة الزمنية اللازمة لاضمحلال نصف ذرات أي كمية من نظير العنصر المشع .
- الكمية المتبقية = الكمية الأصلية $\times (1/2)^t$ ، t عدد أعمار النصف التي انقضت .
- تستخدم أعمار النصف للنظائر المشعة لتحديد عمر الأجسام .
- النشاط الإشعاعي : هو عدد انحلالات المادة المشعة كل ثانية (أو معدل الاضمحلال) . تقاس بوحدة اضمحلال / ثانيه $\equiv$ بيكرل (Bq) .

مسائل تدريبية / 136 .

النشاط الإشعاعي الاصطناعي :

- تنتج نظائر مشعة من النظائر المستقرة بقذفها بجسيمات ألفا أو بروتونات أو إلكترونات أو أشعة جاما .
- تستخدم النظائر المشعة المنتجة في التطبيقات الطبية حيث تمتصها أعضاء محددة من الجسم .

الانشطار النووي :

- الانشطار النووي : هو انقسام النواة الثقيلة إلى نواتين أو أكثر نتيجة قذفها بالنيوترونات .
- ينتج عن الانشطار النووي طاقة كبيرة جداً فهو مصدر لها ويمكن أن يكون أسلحة متفجرة .

- المعادلة النووية : $n + U \longrightarrow Kr + Ba + 3n + 200 \text{ MeV}$
- كتلة الطرف الأيمن أقل من كتلة الطرف الأيسر ، نحسب الطاقة المحررة من الانشطار كالتالي :

$$E = \Delta m (931.49) \text{ MeV}$$

- النيوترونات الناتجة تحدث انشطارات إضافية وهكذا ، لذا يسمى تفاعل الانشطار **التفاعل المتسلسل** .

المفاعلات النووية :

- المفاعل النووي : هو جهاز لإحداث تفاعل نووي متسلسل تحت السيطرة .
- التركيب والعمل وأنواعه / 138 ، 139 .

الاندماج النووي :

- هو عملية اندماج أنويه كتلتها صغيرة لتكوين نواة ذات كتلة كبيرة .
- يصاحب عملية الاندماج تحرر طاقة .
- يحتاج التفاعل الاندماجي إلى درجة حرارة عالية جداً لحدوثه ، كالتفاعل في مركز الشمس .

وحدات بناء المادة :

- يستخدم الفيزيائيون المسارعات (المعجلات) لدراسة النواة بواسطة الجسيمات الأولية ذات السرعات العالية .
- أنواع المسارعات : المسارعات الخطية ، المسارعات الدائرية كالسنكروترون .

كواشف الجسيمات :

- أدوات كشف وتمييز نواتج التفاعلات النووية : فيلم كاشف ، تأين المادة ، تألق بعض المواد .
- أجهزة الكشف : عداد جايجر ، الغرفة الغيمية .

ضديد المادة :

- يوجد ضديد جسيم خاص بكل نوع من الجسيمات (له نفس الكتلة ومقدار الشحنة لكنه معاكس في إشارة الشحنة)

الجسيمات :

- التصور عن الذرة أنها مكونة من بروتونات ونيوترونات محاطة بالإلكترونات .
- الدراسات العميقة للاضمحلال الإشعاعي شوشت هذه الصورة المبسطة .
- تم اكتشاف جسيمات نووية كالميون والبيون وغيرها .

النموذج المعياري :

- اتضح في أواخر عام 1960 م أن البروتونات والنيوترونات والبيونات ليست جسيمات أولية بل هي مكونة من مجموعة من الجسيمات تسمى الكواركات .
- الإلكترونات والنيوتريونات تنتمي إلى عائلة مختلفة تسمى لبتونات .
- يوجد ثلاث عائلات من الجسيمات الأولية هي : الكواركات واللبتونات وحاملات القوة (البوزونات) .
- هذا النموذج من مكونات بناء المادة يسمى النموذج المعياري .