

كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الاولى



١

المادة : كيمياء عامة ١



المحاضر: الخامسة/نظري/د. ميرنا صالح

{{{ A to Z مكتبة }}}}

مكتبة A to Z Facebook Group

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنولوجيا المعلومات والاتصالات

٨

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

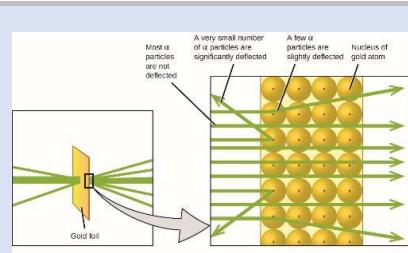
د.ميرنا صالح	الكيمياء العامة I الفصل الثاني بنية الذرة The Structure of The Atom	المحاضرة الخامسة قسم الفيزياء السنة الأولى - الفصل الأول
		لتتضمن هذه المحاضرة: 20998 حرف موزعة ضمن: 14 صفحة كلمة تشمل: 4082

الهدف التعليمي من المحاضرة الخامسة
Educational Goal

في نهاية هذا المحاضرة ستكون قادر على فهم:

- ✓ استيعاب التجارب المبكرة في توصيف الذرة من خلال تجارب ثومسون وميلikan.
- ✓ استيعاب وفهم فرضية رذرفورد حول بنية الذرة.
- ✓ استيعاب وفهم نموذج بور وأهم مسلماته.
- ✓ استيعاب وفهم بنية الذرية وفق ميكانيك الكم.

جميع الحقوق محفوظة لأصحابها من حيث الاقتباس والصور على شبكة الانترنت



تجربة رذرفورد
تعتبر تجربة رذرفورد (صفيحة الذهب) من أهم التجارب التي أثبتت وجود النواة ضمن الذرة وبالتالي أثبتت خطأ تصور نموذج ثومسون للذرة.

مع نهاية القرن التاسع عشر اكتشف العلماء نوع من العناصر يملك طاقة إشعاع عالية، حيث وجد العالم الفرنسي هنري بيكريل **Henri BECQUEREL** عام 1896 وبدون قصده أن قطعة معدنية تحوي اليورانيوم يمكن أن تشكل صورتها على صفيحة تصوير وذلك بغياب الضوء، وقد نسب هذه الظاهرة للابتعاث العفوي للإشعاع من قبل اليورانيوم، هذه الظاهرة دعاها **بالنشاط الإشعاعي Radioactivity**، وقد أظهرت الدراسات التي جرت في بداية القرن العشرين ثلاثة نماذج من الانبعاثات الإشعاعية **Radioactivity Emission**.

سنبدأ محاضرتنا هذه بتعريف هذه النماذج ثم شرح التجارب التي اعتمدت عليها في توضيح بنية الذرة.

المحتوى	الصفحة
نموذج رذرفورد (ذرة نووية)	63
نموذج بور	65
نموذج ميكانيك الكم للذرة	69
الأشعاع الكهرومغناطيسي	72

كما ذكرنا، أظهرت الدراسات التي جرت في بداية القرن العشرين ثلاثة نماذج من الانبعاثات الإشعاعية Radioactivity Emission تتمثل فيما يلي:



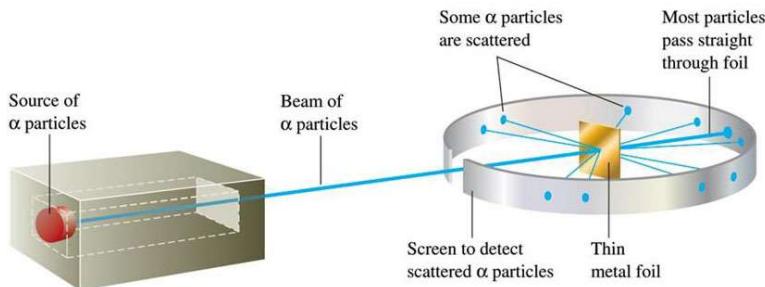
الانبعاثات الإشعاعية:

- أشعة غاما (γ): تمتلك طاقة عالية جداً (ضوء).
- جزيئات بيتا (β): عبارة عن الكترونات فائقة السرعة.
- جزيئات ألفا (α): وتمتلك شحنة مقدارها $(+2)$ ، حيث أنها تعادل ضعف شحنة الإلكترون بإشارة معاكسة، وتبلغ كتلة دقيقة ألفا **7300 ضعف كتلة الإلكترون**.

نماذج أخرى من النشاط الإشعاعي باتت معروفة اليوم، وسنطرق لها مستقبلاً، وسنقوم هنا بدراسة دقائق ألفا التي استخدمت في تجارب مبكرة كان لها دور حاسم في حياتنا.

3-4. II نموذج رutherford (الذرة النووية)

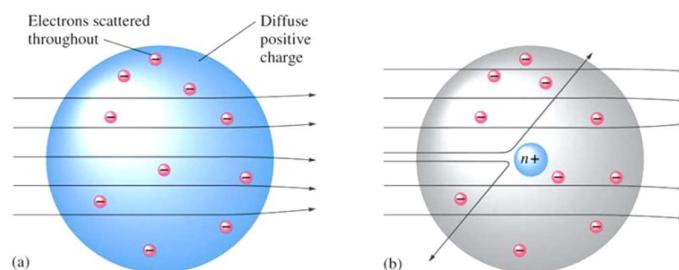
في عام 1911 قام العالم أرنست رutherford (صاحب العديد من التجارب الرائدة) بإجراء تجربة لاختبار نموذج الـ **Plum Pudding** (قطعة الحلوى) للذرة الذي وضعه العالم ثومسون والمتمثل في كون الإلكترونات تتواجد ضمن سحابة موجبة الشحنة.



الشكل (8-II):

تجربة صفيحة الذهب للعالم رutherford، حيث تعتمد على قذف صفيحة معدنية رقيقة بدقائق ألفا عالية السرعة، وأثبتت من خلالها خطأ تصور العالم ثومسون حول بنية الذرة.

تمثلت تجربة رutherford الموضحة في **الشكل (8-II)** بتوجيهه دقائق ألفا عالية السرعة نحو ورقة رقيقة من رقاقة معدنية (استخدم هنا ورقة من الذهب Gold Foil)، وقد استنتج رutherford أنه إذا كان نموذج ثومسون صحيحاً فإن دقائق ألفا يجب أن تمر عبر الصفيحة (تحطمت) كما تمر قذيفة مدفعة عبر قطعة شاش كما في الحالة **(a) الشكل (9-II)**



الشكل (9-II):

مقارنة بين حركة دقائق ألفا وفق نموذج ثومسون (a)، والنتائج التجريبية وفق تجربة رutherford (b).



هل تعلم



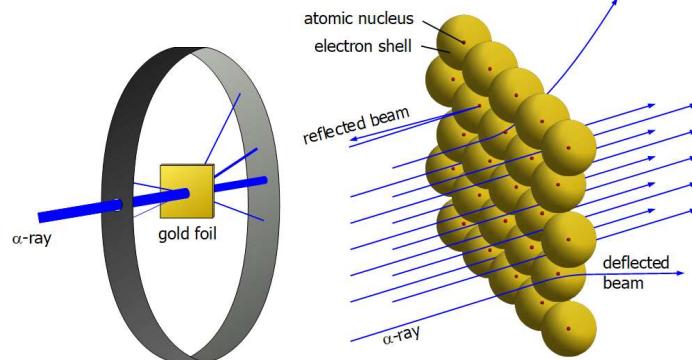
أرنست رutherford
Ernest Rutherford
1871-1937

عالم فيزياء بريطاني مولود في نيوزيلندا والذي يُعرف بـ أب الفيزياء النووية. تصنفه الموسوعة البريطانية كأفضل المجربيين منذ مايكل فرايدي. اكتشف في أحد أعماله المبكرة العمر النصف للعناصر المشعة، وأثبت أن النشاط الإشعاعي يشتمل على تحول العنصر الكيميائي إلى عنصر آخر، وسمى أنواع الإشعاع إلى ألفا وبيتا. كل هذه الأعمال تمت في جامعة ماك جيل بكندا. مؤدية لحصوله على **جائزة نوبل للكيمياء عام 1908**، كما اكتشف نواة الذرة واقترب سنة 1911 نموذجاً يشبه النظام الشمسي، حيث تشغل النواة المركز أما الإلكترونات فتدور حولها في مدارات دائرية. توفى العالم أرنست رutherford عام 1937 عن عمر يناهز 66 عاماً في كامبريدج.

Don't forget:

تذكر هذا

من المحاضرة السابقة
ينص قانون النسب المحددة على:
"المركب المعطى يحتوي دائمًا نفس النسبة بين كتل العناصر الداخلة فيه، وهذه النسبة لا تتعلق بطريقة الحصول على هذا المركب"



الشكل (10-II):

مخطط يوضح كيفية مرور دقائق ألفا عبر ذرات صفيحة الذهب في تجربة رutherford، حيث نلاحظ ارتداد هذه الدقائق Reflected Beam عند اصطدامها بـ نواة الذرة Atomic Nucleus، والتي تكون محاطة بالسحابة الإلكترونية Electron Shell. بينما تتحرف الحزمة Deflected Beam عند مرورها بالقرب من نواة الذرة، هذا هو مفهوم تجربة رutherford التي أثبتت عدم صحة تصور ثومسون للذرة.

توقع رutherford أن تواجه جزيئات ألفا Alpha Particles الناتجة عن التحلل الإشعاعي للراديوم Radioactive decay of Radium خلال رحلتها عبر الصفيحة انحرافات طفيفة، ولكن نتائج التجربة كانت مختلفة عن توقعات رutherford، بالرغم أن معظم جزيئات ألفا عبرت بشكل مستقيم خلال الصفيحة، فإن:

- بعض هذه الجزيئات انحرفت بزاوية كبيرة عن مسارها، كما يظهر في الحالة (b) في **الشكل (9-II)** صفحة 63، وفي **الشكل (10-II)** أعلاه.
- وبعضها انعكس عن الصفيحة.

فكان ذلك أكبر مفاجأة للعالم Rutherford.

إليكم ما استنتجته رutherford:

لاحظ Rutherford في تجربته ما يلي:

- لأن معظم جسيمات ألفا سريعة الحركة مرت عبر ذرات الذهب بدون انحراف (لا بد أنها سافرت عبر الفضاء الفارغ داخل الذرة).
- جسيمات ألفا موجبة الشحنة، لذلك نشأت حزمة الانحرافات Deflected Beam عندما واجهت جسيمات ألفا شحنة موجبة أخرى (الشحنات المتماثلة تتنافر مع بعضها البعض).
- نظرًا لأن الشحنات المتشابهة تتنافر مع بعضها البعض، فلا بد أن عدد قليل من جسيمات ألفا موجبة الشحنة التي غيرت المسارات فجأة Reflected Beam قد اصطدمت أو اقتربت من جسم آخر يحتوي أيضًا على شحنة موجبة عالية التركيز.
- نظرًا لحدوث الانحرافات في جزء صغير من الوقت، فهذا يعني أن هذه الشحنة (الموجبة) تتحل مساحة صغيرة فقط في رقائق الذهب.

عند تحليل سلسلة من هذه التجارب، توصل رذرفورد إلى استنتاجين:

:pL_a

استنتاجات رذرفورد

1. يجب أن يتكون الجسم الذي تشغله الذرة من مقدار كبير من المساحة الفارغة.
 2. يجب أن يكون الجسم الصغير الثقيل نسبياً Relatively Heavy الموجب الشحنة Positively Charged والذي يمثل النواة Nucleus في مركز كل ذرة.

قاد هذا التحليل رذرфорد إلى اقتراح نموذج تتكون فيه الذرة من:

نموذج رذرفورد للذرة

نواة Nucleus صغيرة جداً موجبة الشحنة حيث تتركز معظم كتلة الذرة، وتحيط بها الإلكترونات سالبة الشحنة، بحيث تكون الذرة متعادلة كهربائياً.

كما هو موضح في **الشكل (II-10)** ضمن الصفحة السابقة، وبالتالي أثبتت أن:

"نموذج قطعة الحلوى للعالم ثومسون لم يكن صحيحاً"

اكتشف رذرфорد أيضاً أن نوى العناصر الأخرى **Elements** تحتوي على نواة الهيدروجين **Hydrogen Nucleus** باعتبارها **Building Block**، وأطلق على هذا الجسيم الأساسي اسم البروتون **Proton**، وهو عبارة عن جسيم موجب الشحنة موجود في النواة.

:pL_____@

عیوب نموذج رذرفورد

لم يتمكن من تفسيربقاء الإلكترونات في مدارات دائريّة حول النواة دون أن تقترب من النواة وتلتّحُم بها (بسبب الفرق في الشحنة والانجداب الكهرومغناطيسي) والذّي يؤدي في النهاية لفَنَاءِ المادة.

Bohr Model نمودار پولی - 4- 4. II

عام 1913 أدرك الفيزيائي الدنماركي نيلز بور Niels Bohr، النتائج التجريبية لطيف الهيدروجين حينها، حيث طور نموذجاً كمومياً لذرة الهيدروجين.

فكيف ذلك؟

١. افترض بور أن الإلكترون في ذرة الهيدروجين يدور حول النواة في مدارات دائيرية محددة.
 ٢. حسب نصف قطر هذه المدارات المتاحة باستخدام نظريات الفيزياء الكلاسيكية مع إيجاد بعض الافتراضات الجديدة.



هل تعلم



نيلز بور
Niels Bohr
1885-1962

عالم فيزياء دنماركي، كان رئيس لجنة الطاقة الذرية الدنماركية ورئيس معهد كوبنهاغن للعلوم الطبيعية النظرية، حصل على الدكتوراه في الفيزياء عام 1911. ثم سافر إلى كمبريدج حيث أكمل دراسته تحت إشراف العالم ثومسون الذي اكتشف الإلكترون، بعدها انتقل إلى مانشستر ليدرس على يد العالم ارينست زدفورد مكتشف نواة الذرة. وسرعان ما اهتم بور إلى نظريته عن بناء الذرة. وفي 1913 نشر بور بحثاً تحت عنوان: **عن تكوين الذرة والجسيمات في المجلة الفلسفية**، ويعتبر هذا البحث من العلامات في علم الفيزياء. حاز نيلز بور على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1922.

Don't forget:

تذكر هذا

من المحاضرة السابقة

عيوب نظرية دالتون

الذرة هي أصغر مكونات المادة هي مقوله غير صحيحة بعد اكتشاف أن الذرة تتألف من جسيمات أصغر كثيراً تتمثل بالإلكترونات والبروتونات والنيترونات. إضافة لعدم مقدرتها على تحديد بنية مركب.

• من خلال الفيزياء الكلاسيكية

علم بور أن الجزيء يميل في حركته للتحرك في خط مستقيم، ويمكنه التحرك ضمن مسار دائري فقط في حالة تطبيق قوة متوجهة نحو مركز الدائرة، فاستنتج ما يلي:

ميوه الإلكترون الذي يتحرك دائرياً ليغادر الذرة يجب أن يكون متوازناً بجاذبيته نحو النواة الموجبة الشحنة

لكن الفيزياء الكلاسيكية أيضاً تقر بأن:

الجزيئات المشحونة تحت تأثير تتسارعها يجب أن تصدر طاقة، حيث أن الإلكترون الذي يدور حول النواة يغير اتجاهه بشكل مستمر، وبالتالي يتتسارع باستمرار، لذلك:

يجب أن يصدر الإلكترون ضوء ويُخسر طاقة خلال حركته، وبالتالي يُسحب باتجاه النواة، وهذا طبعاً لا يصح مع وجود الذرات الثابتة.

إذً النموذج الذري الذي اعتمد على نظريات الفيزياء الكلاسيكية لا يمكن الدفاع عنه.

• من خلال الفيزياء الموجية

علم بور أن النموذج الصحيح يجب أن يأخذ بالاعتبار الطيف التجريبي للهيدروجين، الذي يظهر أن:

هناك طاقات الكترون محددة متاحة

حيث كانت البيانات التجريبية واضحة بشكل مطلق في هذه النقطة.

وجد بور أن نموذجه للذرة سيكون متوافق مع النتائج التجريبية إن هو اعتبر أن:

القوة الدافعة الزاوية للإلكترون (القوة الدافعة الزاوية تعادل منتج الكتلة والسرعة ونصف قطر المدار) ستحصل فقط في تزايد محدد (انتقال من مدار لآخر)، ولم يكن واضحًا حينها لماذا يجب أن يكون ذلك صحيحاً، أي:

إن الإلكترون لا يمكن أن يتواجد إلا في سويات طاقة محددة.

مع هذه الفرضية أعطى نموذج بور ذرة الهيدروجين سويات طاقة متوافقة مع طيف الهيدروجين المنبعث كما هو معروض في الشكل المجاور.

بالرغم من أننا لن نشاهد هنا أي استنتاج، إلا أن المعادلة الأكثر أهمية التي جاءت من نموذج بور تعبر عن سويات الطاقة المتاحة للإلكترون في ذرة الهيدروجين:

$$E = -2.178 \times 10^{-18} j \left(\frac{Z^2}{n^2} \right) \quad (II - 1)$$

حيث: n عدد صحيح يمثل العدد الكوانتي الرئيسي (كلما كانت قيمة n كبيرة كلما كان نصف قطر المدار كبيراً).

Z شحنة النواة.

باستخدام المعادلة (II-1) تمكن بور من حساب سويات الطاقة لذرة الهيدروجين والتي كانت مطابقة للقيم التي حصل عليها بالنتائج التجريبية.

إن الإشارة السالبة في المعادلة السابقة تعني ببساطة:



أن طاقة الإلكترون المقيد بالنواة أخفض من طاقته فيما لو كان الإلكترون على مسافة كبيرة غير محدودة ($n = \infty$) من النواة، حيث لا يوجد هناك تفاعل وتكون قيمة الطاقة صفر:

$$E = -2.178 \times 10^{-18} j \left(\frac{Z^2}{\infty} \right) = 0$$

من هذه الحالة نجد أن **طاقة الإلكترون في أي مدار هي طاقة سالبة** نسبة لهذه الحالة المرجعية.
إن المعادلة (II-1) السابقة يمكن أن تستخدم في حساب التغير في طاقة الإلكترون عندما يغير مداره.

على سبيل المثال:

لنفرض أن الإلكترون في المستوى الطاقي $n=6$ من ذرة الهيدروجين، قفز للمستوى $n=1$ حيث عادت ذرة الهيدروجين لأخفض حالة طاقية متاحة (الحالة الأرضية).

نستخدم المعادلة (II-1) مع إعطاء $Z=1$ ، حيث تحوي نواة الهيدروجين بروتون مفرد، وتحسب الطاقات للحالتين السابقتين وفق ما يلي:

$$n = 6: \quad E_6 = -2.178 \times 10^{-18} j \left(\frac{1^2}{6^2} \right) = -6.050 \times 10^{-20} j$$

$$n = 1: \quad E_1 = -2.178 \times 10^{-18} j \left(\frac{1^2}{1^2} \right) = -2.178 \times 10^{-18} j$$

نلاحظ أنه من أجل الحالة $n=1$ ، يمتلك الإلكترون **طاقة سالبة أكبر** من تلك التي يمتلكها في الحالة $n=6$.

فماذا يعني ذلك؟

يعني ذلك أن **الإلكترون مقيد بقوة في المدار الأصغر المتاح له**.

يعطى التغير في الطاقة عندما يسقط الإلكترون من $n=6$ إلى $n=1$ وفق ما يلي:

$$\text{التغير في الطاقة} = \text{طاقة الحالة النهائية} - \text{طاقة الحالة الابتدائية}$$

$$\Delta E = E_1 - E_6 = (-2.178 \times 10^{-18} j) - (-6.050 \times 10^{-20} j) = -2.117 \times 10^{-18} J$$

حيث تشير الإشارة السالبة في تغير الطاقة إلى أن:

الذرة تخسر الطاقة وهي الآن في أكثر حالاتها ثباتاً، حيث تتحرر الطاقة من الذرة عن طريق إنتاج فوتون (انبعاث فوتون).

يمكن حساب الطول الموجي للفوتون المنبعث من العلاقة التالية:

$$\Delta E = h \left(\frac{C}{\lambda} \right) \quad \text{or} \quad \lambda = \frac{hC}{\Delta E}$$

حيث: ΔE : التغير في طاقة الذرة التي تعادل طاقة الفوتون المنبعث.

h : ثابت بلانك ويساوي $(6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s})$.

C : سرعة الضوء وتساوي $(2.9979 \times 10^8 \text{ m/s})$

$$\lambda = \frac{hC}{\Delta E} = \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s})(2.9979 \times 10^8 \text{ m/s})}{2.117 \times 10^{-1} \text{ J}} = 9.383 \times 10^{-8} \text{ m}$$



لاحظ أنه من أجل هذه العملية الحسابية استخدمنا **القيمة المطلقة للتغير الطاقة** (حيث لم نرفقها بالإشارة السالبة)، في هذه الحالة حددنا اتجاه الطاقة المتداقة بالقول إن:

الفوتون ذو الطول الموجي $(9.383 \times 10^{-8} \text{ m})$ انبعث من ذرة الهيدروجين.

لاحظ انه في حال أرفقنا القيمة السالبة للطاقة في هذه المعادلة، فإننا نحصل على قيمة سالبة للطول الموجي والذي لا معنى له فيزيائياً.

النقاط الهامة حول نموذج بور للذرة:

- النموذج يناسب بشكل صحيح كميات الطاقة لذرة الهيدروجين ويفترض وجود مدارات دائيرية محددة متاحة للإلكترون.
- كلما أصبح الإلكترون مقيد بشكل وثيق أكثر، كلما أصبحت طاقته أكثر سلبية نسبة للحالة المرجعية ذات الطاقة المعدومة (عندما يكون الإلكترون بعيداً مسافة لا متناهية عن النواة)، حيث كلما ازداد قرب الإلكترون من النواة، كلما تحررت طاقة من النظام (الذرة).

يمكننا باستخدام معادلة بور السابقة (II-1) في الصفحة (66) اشتقاق معادلة عامة لحركة الإلكترون من مستوى آخر:

التغير في الطاقة = طاقة المستوى النهائي - طاقة المستوى البدائي

$$\Delta E = \text{energy of level } n_{final} - \text{energy of level } n_{initial}$$

$$\Delta E = E_{final} - E_{initial}$$

$$\Delta E = -2.178 \times 10^{-18} \text{ J} \left(\frac{1^2}{n_{final}^2} \right) - \left(-2.178 \times 10^{-18} \text{ J} \right) \left(\frac{1^2}{n_{initial}^2} \right)$$

$$\Delta E = -2.178 \times 10^{-18} \text{ J} \left(\frac{1^2}{n_{final}^2} - \frac{1^2}{n_{initial}^2} \right) \quad (\text{II} - 2)$$

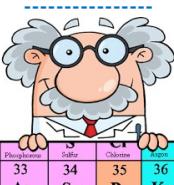
حيث يمكن استخدام هذه المعادلة لحساب تغير الطاقة بين أي مستوىي طاقة في ذرة الهيدروجين، وهذا ما سنوضحه من خلال الأمثلة المحلولة في الصفحة (73).

هل تعلم



أروين شرودينغر
Erwin Schrödinger
1887-1961

فيزيائي نمساوي معروف بإسهاماته في ميكانيكا الكم وخصوصاً معادلة شرودينغر والتي حازت على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1933 م. استطاع شرودينغر تفسير طيف الهيدروجين عن طريق نتائج معادله الشهيرة المسماة معادلة شرودينغر على ذرة الهيدروجين وذلك في عام 1926. حل معادلة شرودينغر بنجاح معضلة تأثير جسيمان أساسيان كموميان هما الإلكترونون السالب الشحنة والبيروتون الموجب الشحنة والذي يكون نواة ذرة الهيدروجين. تلك المسألة التي لم تنجح في حلها النظريات الكلاسيكية، حتى استطاع شرودينغر حلها بأخذ الطبيعة الغريبة وهي مثنوية: موجة-جسيم حيث عتر عن الإلكترونون في معادله كموجة وليس كجسيم.



الكيمياء علم الرموز والحقائق،
اسأل دائمًا عما يخطر ببالك تجد
أن الإجابة أقرب إليك

مسلمات نموذج بور

1. يدور الإلكترون حول النواة وفق مدارات دائرية محددة.
2. لا يصدر الإلكترون أي طاقة كهرومغناطيسية ما دام يدور على مداره.
3. يحتاج الإلكترون إلى طاقة للانتقال من مستوى طاقة أدنى لمستوى طاقة أعلى، كما يصدر طاقة عند انتقاله من مستوى طاقة أعلى لمستوى طاقة أدنى.

في البداية يبدو أن نموذج بور للذرة يبدو واعداً، حيث أن سويات الطاقة التي حسبت من قبل بور توافت إلى حد قريب مع القيم التجريبية التي تم الحصول عليها من طيف الانبعاث لذرة الهيدروجين، ولكن:

عيوب نموذج بور

عندما تم تطبيق نموذج بور على ذرات غير الهيدروجين، لم يعمل هذا النموذج على الإطلاق في حالة الذرات المتعددة الإلكترونات وهذه هي أحدى عيوب نموذج بور.

رغم ذلك فإن نموذج بور فتح المجال أمام نظريات أخرى استطاعت تفسير الطيف الخطية لباقي الذرات متعددة الإلكترونات.

5-4. II نموذج ميكانيك الكم للذرة

The Quantum Mechanical Model of the Atom

منتصف العام 1920 بدا واضحاً أن نظرية بور لا يمكن العمل بها، إذ كانت بحاجة لمقارنة جديدة في العموم، هذا الجهد تبناه ثلاثة فيزيائيين في تلك الفترة هم:

- Heisenberg
- Broglie
- Erwin Schrödinger

حيث عرف النهج الذي قاموا بتطويره بـ **الميكانيك الموجي**، **Wave mechanics**، والذي يدعى بشكل أوسع **ميكانيك الكم** **Quantum mechanics**.

ارتقي بروغلي بفكرة الإلكترونون الذي كان سابقاً يعد كجزئية، فأظهر أن له صفات موجية، وقد تابع هذا المنهج من التفكير الفيزيائي السويدي شرودينغر الذي قرر مواجهة معضلة البنية الذرية عن طريق التركيز على الخصائص الموجية للإلكترونون، وفقاً لشرودينغر وبروغلري فإن:

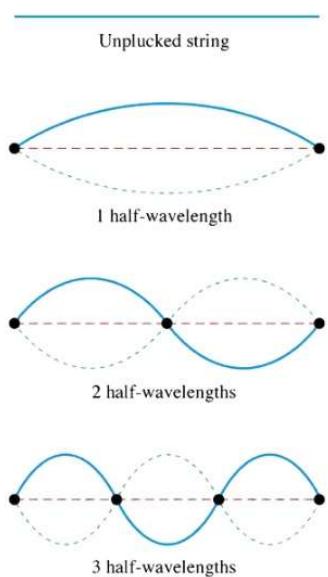
الإلكترون يرتبط إلى النواة بما يشبه الموجة الدائمة (الثابتة)

وقد بدأوا البحث وفق الميكانيك الموجي عن وصف للذرة.

هل يمكنك تخيل ذلك؟

33	34	35	36
As	Se	Br	Kr

الكيمياء علم الرموز والحقائق،
اسأل دائمًا عما يخطر ببالك تجد
أن الإجابة أقرب إليك



الشكل (11-II):

حركة الوتر، وتلاحظ فيها أنها عبارة عن مكررات لأنصاف طول الموجة، وتظهر العقد بشكل واضح بين كل نصف موجة.

المثال الأكثر شبهًا بالموجة الدائمة (الثابتة) تم ملاحظته من خلال الآلات الموسيقية مثل الغيتار والكمان، حيث الوتر مربوط من كلا نهايتيه، عندما يهتز الوتر يعطي النغمة الموسيقية، والأمواج وصفت لديهم كالوتر دائم (دائمًا)، فالموجة كالوتر، لا تتحرك لوحدها.

يمكن تشبيه الوتر عندما يصدر الصوت كترابع موجات بسيطة مع بعضها البعض كما في الشكل (11-II) المجاور، حيث تشير النقاط إلى العقدة أو ما يسمى انزياح الصفر الجانبي (من الأطراف).

من أجل موجة محددة نلاحظ أن هناك محدودية للأطوال الموجية المماثلة، (لاحظ أن كل طرف من الوتر مثبت، أي أن هناك دائمًا نقطة عند كل نهاية).

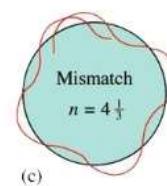
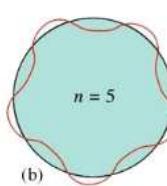
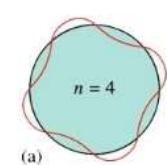
ماذا يعني ذلك؟

هذا يعني أن:

هناك دائمًا عدد صحيح من نصف طول الموجة في أي حركة متاحة للوتر كما في الشكل (11-II) المجاور.

موقف مشابه ينبع إلى تخيلنا أن **الإلكترون في ذرة الهيدروجين** عبارة عن موجة دائمة كما يظهر في الشكل المجاور، حيث يوجد مدارات دائمة محددة تمتلك محيط يناسب **أعدادًا صحيحة من نصف طول الموجة لموجة الإلكترون الدائمة** (الثابتة) كما في الحالتين (a) و (b)، أما جميع المدارات الأخرى سينتج عنها تداخلات هدامة لموجة الإلكترون الدائمة (الثابتة) غير مسموح بها كما في الحال (c)، وهذا يشير إلى حقيقة أن الإلكترون يملك طاقة محددة، وهذا يبدو شرحاً ممكناً لتكون تصور حول ذرة الهيدروجين.

لذلك عمل شرودينغر على نموذج ذرة الهيدروجين الذي يفترض أن **الإلكترون يتصرف كموجة دائمة** (ثابتة).



كانت المبادئ الفيزيائية لوصف الموجة الدائمة متاحة عام 1925 عندما قرر شرودينغر معالجة الإلكترون بطريقته التي حددها، وكانت معالجته الرياضية لهذه النقطة معقدة للغاية بحيث لا يمكن تفصيلها هنا، على كل حال تعطى معادلة شرودينغر بالشكل التالي:

$$\hat{H}\psi = E\psi$$

حيث:

ψ تمثل الوظيفة الموجية وهي إحداثيات $(x, y, \text{and } z)$ لموقع الإلكترون في فضاء ثلاثي الأبعاد.

\hat{H} تمثل مجموعة من العمليات الرياضية وتدعى **العامل**، حيث يحوي العامل على مصطلحات رياضية تنتج الطاقة الكلية للذرة عندما يتم تطبيقها على الوظيفة الموجية.

E تمثل **الطاقة الكلية** للذرة وهي مجموع **الطاقة الكامنة** الناتجة عن التجاذب بين البروتون والإلكترون **والطاقة الحركية** للإلكترون المتحرك.



تذكرة هذا

الابعاثات الإشعاعية

- تتمثل فيما يلي:
 - أشعة غاما: تمتلك طاقة عالية جداً (ضوء).
 - جزيئات بيتس: عبارة عن الكترونات فائقة السرعة.
 - جزيئات ألفا: وتمتلك شحنة مقدارها $(+2)$, حيث أنها تعادل ضعف شحنة الإلكترونون باشرارة معاكسة، وتبلغ كتلة دقيقة ألفا 7300 ضعف كتلة الإلكترونون.

نموذج رذوفورد للذرة

توصل رذوفورد إلى اقتراح نموذج ت تكون فيه الذرة من: **نواة Nucleus** صغيرة جداً **موجة الشحنة** حيث تتركز **Concentrated** معظم كتلة الذرة، وتحيط بها الإلكترونات سالية الشحنة، بحيث تكون الذرة متعادلة كهربائياً. وبالتالي أثبتت أن: **نموذج قطعة الحلو للعالم** **ثومسون لم يكن صحيحاً**

عيوب نموذج رذوفورد: لم يتمكن من تفسيربقاء الإلكترونات في مدارات دائرة حول النواة دون أن تقترب من النواة وتلتقط بها (يسبب الفرق في الشحنة والانجداب الكهرومغناطيسي) والذي يؤدي في النهاية لفتك المادة.



بالإصرار تصل لهدفك،
نريدك اسمًا فلا تكون رقماً

حل المعادلة السابقة ينتج عنه عدة حلول، كل حل يتضمن الوظيفة الموجية ψ المميزة بقيمة عملية للطاقة (E), تدعى القيمة المحددة هذه للوظيفة الموجية **المدارية**.

فماذا تعني المدارية؟

المدارية Orbital

يجب أن نعلم أن المدارية ليست مدار بور الذي عرفناه، فالإلكترون في المدار **1s** لا يدور حول النواة في مدار دائري.

كيف ذلك؟ هل يعني أن الإلكترون ثابت أم يتحرك؟

على سبيل المثال:

عندما تتصادم كرta بلياردو معروفة السرعة، فإنه يمكننا التنبؤ بحركتهما بعد التصادم، بينما لا يمكننا التنبؤ بحركة الإلكترون من المدار **1s** لأنّه جسيم صغير جداً.

لفهم طبيعة المدارية **Orbital** نحن بحاجة للنظر في المبدأ الذي وصفه **هيزنبرغ** أحد المطوريين الأساسيين للميكانيك الكمومي (الموجي).

قاد التحليل الرياضي هيزنبرغ إلى استنتاج هام يتمثل بما يلي:

مبدأ عدم التعيين لهيزنبرغ:

لا يمكننا تحديد موقع وسرعة دقيقة صغيرة كالإلكترون في الوقت نفسه.

التعبير الرياضي لمبدأ عدم التعيين يعطى وفق علاقة هيزنبرغ التالية:

$$\Delta x \times \Delta(m\vartheta) \geq \frac{\hbar}{4\pi}$$

حيث:

Δx عدم التعيين في موقع الجزيء (الجسيم).
 $\Delta(m\vartheta)$ عدم التعيين في قوة الدفع للجزيء (سرعته).
 \hbar ثابت بلانك.

لذلك أصغر مقدار لعدم التعيين يساوي $\frac{\hbar}{4\pi}$.

إذا نستنتج مما سبق:

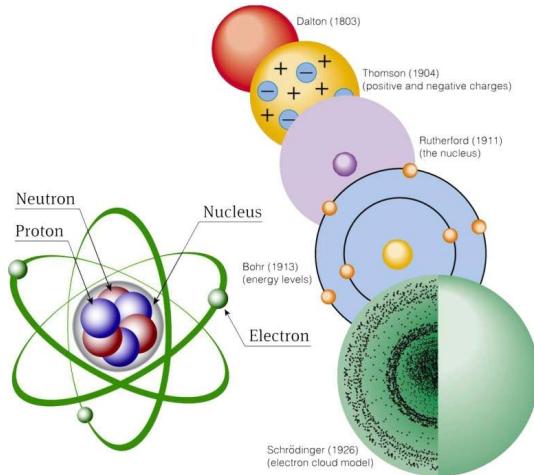
كلما كانت الدقة في تحديد موقع الجسيم عالية كلما كانت الدقة في تحديد سرعته منخفضة (عند الوقت المعطى)، والمثل بالمثل.

بتطبيق مبدأ عدم التعيين لهيزنبرغ على الإلكترون فهذا يعني أننا لا يمكننا معرفة الحركة الدقيقة للإلكترون أثناء حركته حول النواة، لذلك من غير المناسب أن نقول:

إن الإلكترون يتحرك حول النواة في مدار واضح المعالم كما في نموذج بور، وإنما في مدارية **Orbital** وهذا أهم ما حمله لنا نموذج الميكانيك الموجي للذرة.

وبذلك تكون قد أوجزنا أهم النظريات في بنية الذرة، **الشكل (12-II)** يوضح مخطوط تطور بنية الذرة من نموذج دالتون حتى نموذج شرودينغر اعتماداً على الميكانيك الموجي.

هل اتضحت الآن أمامك فكرة تطور بنية الذرة خلال 100 عام تقريباً؟



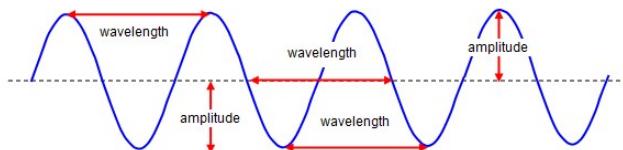
الشكل (12-II):
مخطوط تطور بنية الذرة من نموذج دالتون حتى نموذج شرودينغر اعتماداً على الميكانيك الموجي.

قبل أن ننتقل لمفهوم البنية الذرية سنناقش فقرة مهمة لا بد منها وهي الإشعاع الكهرومغناطيسي.

5. II – الإشعاع الكهرومغناطيسي Electromagnetic Radiation

أحدى الطرق التي تنتقل الطاقة فيها عبر الفضاء هي **الإشعاع الكهرومغناطيسي**، فانتقال الضوء من الشمس، والطاقة المستخدمة في طهي الطعام ضمن المايكروويف وأشعة إكس المستخدمة عند أطباء الأسنان، والحرارة المشعة من المدفأة كلها أمثلة عن الأشعة الكهرومغناطيسية، على الرغم من أنها تبدو مختلفة فيما بينها لكنها تُظهر نفس السلوك من حيث انتقالها كأمواج بسرعة الضوء في الخلاء.

للموجة الكهرومغناطيسية ثلات خصائص أساسية:

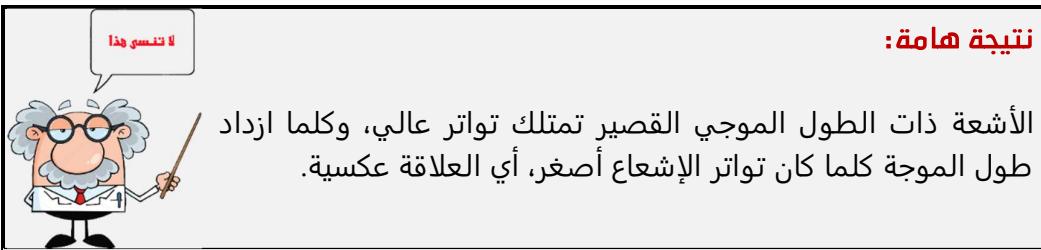


الشكل (13-II): مخطط تفصيلي بين مفهوم الطول الموجي والتواتر

- **طول الموجة Wavelength:** يرمز له بالرمز الإغريقي لامبدا λ ، وهو يعبر عن المسافة بين قمتين متتاليتين كما هو موضح في **الشكل (13-II)**، أو المسافة بين انخفاضين متتاليين في الموجة، حيث **Amplitude** تعني قيمة الذروة.
- **التوتر Frequency:** يرمز له بالحرف الإغريقي نيو ν ، ويشير لعدد الأمواج التي تمر ب نقطة معينة من الفراغ خلال ثانية واحدة.
- **السرعة Speed:** أصبح من البديهي أن الأمواج الكهرومغناطيسية تتحرك بسرعة الضوء، لذلك يعبر عن سرعتها بسرعة الضوء.

من خلال ما سبق نجد أن:

نتيجة هامة:



هل توجد علاقة تعبّر عن الرابط بين الطول الموجي وتواتر الموجة وسرعتها؟

الجواب هو نعم، يوجد بينهم علاقة يعبر عنها وفق ما يلي:

$$\lambda = C$$

حيث: λ طول الموجة بالمتر، ν تواتر الإشعاع مقدر بالدورة/ ثانية، ولكن لا معنى لدورة في الجملة الدولية **SI**، فهي غير مفهومة لذلك يتم كتابة الواحدة **(1/s)** والتي تدعى هيرتز **Hz**

C: سرعة الضوء وتساوي $(2.9979 \times 10^8 \text{ m/s})$

تواتر الأشعة يمنح معانٍ هامة لنقل الطاقة.

على سبيل المثال:

الطاقة التي تصل الأرض قادمة من الشمس تكون على شكل أشعة مرئية وأشعة فوق بنفسجية (لها تواتر محدد)، فيما الطاقة التي تصلنا من المشعات الحرارية تكون على شكل أشعة تحت حمراء (لها تواتر محدد مختلف).

مثال محلول (17)



هذا المثال يدعم علاقة بور في حساب طاقة الإلكترون

زمن الحل: 8 دقائق كحد أقصى الزمن الامتحاني: 12 دقيقة كحد أقصى

احسب الطاقة المطلوبة لتهيج الكترون ذرة الهيدروجين من المستوى $n=1$ إلى المستوى $n=2$ ، ثم احسب الطول الموجي للضوء الذي تمتصه ذرة الهيدروجين في حالتها المستقرة لتصل لحالة المهيجة.

الحل:

باستخدام معادلة بور (1-II)، واعتبار $z=1$ نجد:

$$E_1 = -2.178 \times 10^{-18} j \left(\frac{1^2}{1^2} \right) = -2.178 \times 10^{-18} j$$

$$E_2 = -2.178 \times 10^{-18} j \left(\frac{1^2}{2^2} \right) = -5.445 \times 10^{-19} j$$

$$\Delta E = E_2 - E_1 = (-5.445 \times 10^{-19} j) - (-2.178 \times 10^{-18} j) = 1.633 \times 10^{-18} J$$

تشير القيمة الموجية للتغير الطاقة إلى أن الجملة اكتسبت طاقة، فيكون الطول الموجي للضوء الممتص اللازم لإنتاج هذا التغير هو:

$$\lambda = \frac{hC}{\Delta E} = \frac{(6.626 \times 10^{-34} j \cdot s)(2.9979 \times 10^8 \text{ m/s})}{1.633 \times 10^{-18} j} = 1.216 \times 10^{-7} \text{ m}$$



مثال محلول (18)

هذا المثال يدعم استخدام العلاقة العامة لحركة الإلكترون من مستوى لأخر

زمن الحل: 8 دقائق كحد أقصى الزمن الإمتحاني: 12 دقيقة كحد أقصى

احسب الطاقة المطلوبة لتحرير الإلكترون من ذرة الهيدروجين في حالتها الأرضية (المستقرة).

الحل:

تحرير الإلكترون من ذرة الهيدروجين في حالتها الأرضية (المستقرة) يعتمد على أخذ الإلكترون من السوية الطافية 1 $n_{initial} = 1$ إلى السوية $n_{final} = \infty$ لذلك وبنطبيق علاقة بور:

$$\begin{aligned}\Delta E &= -2.178 \times 10^{-18} \text{J} \left(\frac{1^2}{n_{final}^2} - \frac{1^2}{n_{initial}^2} \right) \\ &= -2.178 \times 10^{-18} \text{J} \left(\frac{1^2}{\infty} - \frac{1^2}{1^2} \right) = -2.178 \times 10^{-18} \text{J} (0 - 1) = 2.178 \times 10^{-18} \text{J}\end{aligned}$$

إذاً الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون من ذرة الهيدروجين في حالتها الأرضية (المستقرة) هي:

$$2.178 \times 10^{-18} \text{J}$$



مثال محلول (19)

هذا المثال يدعم مفهوم العلاقة بين الطول الموجي والتواتر.

زمن الحل: 8 دقائق كحد أقصى الزمن الإمتحاني: 10 دقائق كحد أقصى

إن الضوء الأحمر المتوهج في المدفأة الكهربائية نتيجة انبساط ضوء ذو طول موجي 650 nm ينتج عندما نسخن أحد أملاح السترونتيوم Sr مثل نترات السترونتيوم $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ وكربونات السترونتيوم SrCO_3 (يمكن ملاحظة هذا الشيء بسهولة في المخبر عن طريق حل أحد هذه الأملاح في الميثanol الذي يحوي كمية قليلة من الماء وإشعال المزيج في زجاجة ساعة).

احسب تواتر الضوء الأحمر للطول الموجي $6.50 \times 10^2 \text{ nm}$

الحل:

يمكننا الحصول على تواتر هذا الضوء من خلال العلاقة:

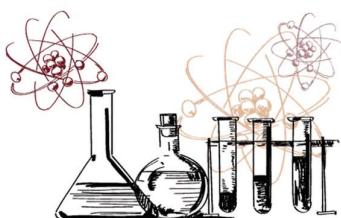
$$\lambda\vartheta = C \rightarrow \vartheta = \frac{C}{\lambda}$$

نحو الطول الموجي إلى واحدة الجملة الدولية فنجد:

$$6.50 \times 10^2 \text{ nm} \times \frac{1 \text{ m}}{10^9 \text{ nm}} = 6.50 \times 10^{-7} \text{ m}$$

بالتعويض في العلاقة السابقة نجد:

$$\vartheta = \frac{C}{\lambda} = \frac{2.9979 \times 10^8 \text{ m/s}}{6.50 \times 10^{-7} \text{ m}} = 4.61 \times 10^{14} \text{ s}^{-1} = 4.61 \times 10^{14} \text{ Hz}$$



المفاهيم الأساسية للمحاضرة والموجز

Key Concepts and Summary

في هذه المحاضرة تطرقنا بشكل مبسط للنشاط الإشعاعي وأهم ابعاداته، من أشعة غاما إلى دقائق بيتا وألفا، ثم تطرقنا للأعمال التجريبية للعالم رذرفورد على صفيحة الذهب باستخدام دقائق ألفا (الأشعة)، والتي من خلالها اكتشف أن الذرة مؤلفة من نواة موجبة الشحنة تدور الإلكترونات حولها على مدارات دائرية محددة وفق نموذج دعي بالذرة النووية، ثم تابعنا تطور بنية الذرة مع العالم نيلز بور الذي استفاد من النتائج التجريبية لتصحيح تصور رذرفورد وذلك من خلال دراسة بنية ذرة الهيدروجين من وجهة النظر الكمومية، حيث وجد أنه وفقاً للفيزياء الكلاسيكية لا يمكن تفسيربقاء الإلكترون على مداره، مما قاده نتيجة الأعمال التجريبية لوضع علاقة توضح طاقة الإلكترون على مداره، واعتبر أن الإلكترون المقيد (الأقرب للنواة) يمتلك طاقة منخفضة (قيمة سلبية أعلى) مقارنة مع طاقته في المدار الأبعد للنواة حيث يمتلك أكبر طاقة (الكترون غير مقيد) وتم اعتبار هذه الطاقة متساوية للصفر كقيمة مرجعية.

كما وجدنا أن الأعمال التي قام بها كل من هيزنبرغ وبروغلي وشروعنر الذين طوروا مفهوم النظرية الكوانтиة، أثبتت لمفهوم أن الإلكترون عبارة عن موجة ثابتة، وأنه لا يمكنه التحرك سوى على مدارات محددة الطاقة بحيث يكون كل مدار عبارة عن أعداد صحيحة من نصف طول الموجة، ثم بين هيزنبرغ أنه بسبب طبيعة الإلكترون، فإنه لا يمكننا تعريف موقعه وسرعته بنفس الوقت ضمن مبدأ عرض باسمه (مبدأ عدم التعريف لهيزنبرغ)، ووجدنا أن النظرية الكوانтиة استطاعت تفسير سبب وجود المداريات عوض المدارات، وهذا من خلال مبدأ هيزنبرغ.

هذا موجز مدرس المقرر، الأهم منه هو موجز عزيزي الطالب بعد قراءة المحاضرة ومعرفة أهم الأفكار التي وردت فيها وتطبيقاتها.

-- نهاية المحاضرة --

في المحاضرة القادمة بتنا / / ستتعرف إلى عناوين متعددة منها:

- ✓ الكتل الذرية.
- ✓ النظائر.

أعدت هذه المحاضرة وفق قواعد الجودة العالمية لمناهج التدريس، كما تم الاستعانة في إعداد هذه المحاضرة بجامعات (جورج واشنطن - الأزر - الينوي) في الولايات المتحدة.



مكتبة
A to Z