

الوحدة الخامسة

الفيزياء الذرية

Atomic Physics

يقسم علم الفيزياء إلى:

(١) الفيزياء التقليدية (الكلاسيكية)

وهو علم الفيزياء الذي يفسر الظواهر الطبيعية للأنظمة العينية أي الأشياء المحسوسة. **مثل:** علوم الميكانيكا / الديناميكا الحرارية / الكهرومغناطيسية. وقد ظهر منذ القدم حتى أواخر القرن التاسع عشر ولا زال يفسر هذه الظواهر.

(٢) الفيزياء الحديثة:

وهو علم الفيزياء الذي يفسر سلوك الجسيمات الصغيرة جداً للأنظمة المجهرية مثل الإلكترونات-البروتونات وغيرها. **مثل:** علوم الفيزياء الذرية / النووية / النسبية / ميكانيكا الكم. وقد ظهر خلال القرن العشرين ولا تنطبق عليه قوانين الفيزياء التقليدية وفي هذه الوحدة سوف ندرس علم الفيزياء الذرية من حيث تطور تفسير تركيب الذرة تاريخياً حتى وقتنا الحاضر.

تركيب المادة والنظرية الذرية الحديثة:

من المعروف أن المادة تتكون من جزيئات وهي تتكون من ذرات وقد نشأت فكرة وجود الذرة في منتصف القرن الرابع قبل الميلاد على يد ديموقريطس (٤٦٠ - ٣٧٠ ق.م) إذ اعتقد أن المادة ممكن تجزئتها إلى جسيمات متناهية في الصغر غير قابلة للانقسام وهو ما سمي بالذرة. ثم جاء دالتون ووضع نظريته الذرية في مطلع القرن التاسع عشر التي كانت حجر الأساس الأول في بناء النظرية الذرية الحديثة.

نظرية دالتون الذرية:

تنص على "المادة تتكون من ذرات غير قابلة للهدم أو الانقسام"

وقد بنى نظريته على مشاهدات علمية وتجارب علمية على المادة وخصوصاً على الغازات بسهولة حركة جزيئاتها.

القوانين التي اعتمد عليها دالتون في نظريته:

الفيزيائية:

مثل قوانين بويل / دالتون للضغوط الجزئية / هزي / شارل.

الكيميائية:

مثل قانون حفظ المادة (الطاقة) / النسب الثابتة / النسب المتضاعفة / الحجم المتفاعلة ثم مبدأ أفوجادرو.

وكلها تعتمد على وجود ذرات للمادة مختلفة الكتل لا تقبل الانقسام ولا الفناء.

الاعتراضات على نظرية دالتون:

(١) كان لاكتشاف الإلكترونات السالبة والأيونات الموجبة بعد ذلك إبطال مفهوم أن الذرة لا يمكن هدمها أو تقسيمها حيث إن الإلكترون جزء من الذرة وبالتالي يمكن للذرة أن تفقد بعض مكوناتها أو تكتسبها بفعل التفاعلات الكيميائية.
(٢) يمكن للذرات أن تتحطم وأن يتحول بعضها إلى بعض بفعل الانشطار النووي أو الاندماج النووي.

٣) ليس صحيحاً أن الذرات هي أصغر مكونات المادة لأنها تتكون من أجزاء أصغر منها مثل الألكترونات / البروتونات / النيوترونات ودقائق أخرى.

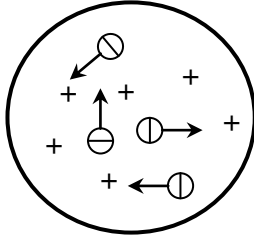
نموذج طومسون:

يعتبر أول نموذج للذرة وقد نجح في تفسير بعض خواص المادة وتم ظهوره في نهاية القرن التاسع عشر بعد دراسة أنابيب التفريغ الكهربى، واكتشاف الأشعة المهبطية (الألكترونية) والأشعة المصعدية (البروتونات) ومن دراسته لغاز الهيدروجين توصل إلى النتائج التالية:

(١) الذرة متعادلة كهربياً لأن عدد الألكترونات السالبة يساوي عدد الأيونات الموجبة (البروتونات).

(٢) الأيونات الموجبة لها تقريباً نفس كتلة الذرة.

(٣) الألكترونات السالبة أخف بكثير من الأيونات الموجبة.



وعليه وضع نموذج الذي ينص على:

" الذرة شبيهة بكره مصمتة تتوزع بداخلها الشحنات الموجبة بانتظام وتتخللها الألكترونات السالبة بحيث يكون مجموعها مساوياً للشحنة الموجبة.

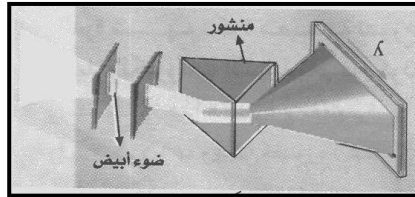
وقد سمي النموذج بفطيرة البرقوق أو البطيخ حيث المادة الحمراء فيها تمثل الشحنة الموجبة والبذور السوداء تمثل الألكترونات.

ويجدر الذكر أن نموذج طومسون كان خاطئاً وبعيداً عن الواقع ويرجع الفضل في اكتشاف ذلك إلى اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي واستغلال رد رفوردها في تجربته الشهيرة التي سنتعرض لها لاحقاً لبيان مميزات وعيوب طومسون.

طيف المصادر الضوئية:

المصادر الضوئية (أنابيب النيون مثلاً) تصدر ضوء متوهج وكذلك الشمس ويعرف الضوء الصادر عنهم بالطيف المستمر أو المتصل.

فمثلاً عند تحليل ضوء أبيض صادر من الشمس أو من مصدر ضوئي بواسطة منشور ثلاثي نحصل على طيف متصل مكون من:



(١) الطيف المرئي:

وهي ألوان الطيف الأساسية (ألوان قوس قزح).

(٢) الطيف غير المرئي:

ينتج عند

يرى بالعين

بالشكل.

الطيف

هو الطيف

الأطوال

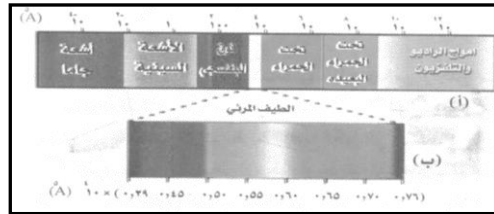
طيف

استخدام جهاز مطياف تحليل وهو لا ولكن يستدل عليه بطرق معينة كما

المتصل:

الذي يحتوي على عدد كبير من الموجبة بشكل مستمر (متصل).

العناصر الكيميائية:

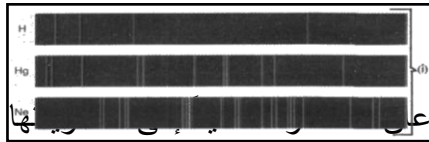


العناصر الكيميائية عند إثارتها بإحدى الطرق الآتية:

(١) قذف غاز العنصر في أنبوبة تفريغ بحزمة الكترونية لها طاقة معينة فتمتص ذراته طاقتها أو جزء منها.

(٢) سقوط أشعة ضوئية عليها فتمتصها.

(٣) تسخين العنصر.



فإن ذرات العنصر تنتقل إلى مستويات أعلى ثم سرعاناً

الأصلية فاقدة طاقة إثارتها على شكل إشعاع (ضوء) عند تحليله بواسطة مطياف فإنه يعطي طيف خطي غير متصل مكون من ألوان محددة لكل عنصر أي تختلف هذه الألوان أي الأطوال الموجية من عنصر لآخر فمثلاً:

طيف ذرة الهيدروجين يمثل أبسط أطياف العناصر مكون من ٤ خطوط واضحة تقع في منطقة الضوء المرئي وهي الأحمر الأزرق المائل إلى الأخضر/ الأزرق البنفسجي.

أما أطياف الزئبق/ النيون فتختلف عنه ويظهر ذلك بوضوح كما بالشكل.

تعريف الطيف الخطي (غير المتصل):

هو الطيف الذي يحتوي على عدد محدود من الأطوال الموجية بشكل خطوط منفصلة.

طيف الامتصاص للعناصر:

عند سقوط ضوء أبيض على عنصر مسخن وتحليل الضوء بعد نفاذه بمطياف تحليل تظهر خطوط داكنة (سوداء) في الضوء الأبيض هي نفسها الخطوط الناتجة عن انبعاث الضوء من العنصر.

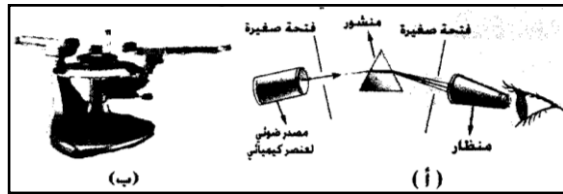
مثلاً: عند سقوط ضوء بنفسجي على غاز الهيدروجين ثم تحليله نحصل على طيف متصل بنفسجي به 4 خطوط سوداء امتصها غاز الهيدروجين وهي تنطبق تماماً مع الأطوال الموجية لخطوط الانبعاث له تاركاً الأطوال الموجية الأخرى تمر منه.



∴ لكل عنصر طيف

خطي مميز له

أنواع الطيف الخطي للعنصر:



(1) طيف انبعاث عند تسخينه (الألوان الناتجة).

(2) طيف امتصاص عند سقوط ضوء عليه (الخطوط السوداء).

وقد أثبت ذلك كيرشوف في قانونه.

قانون كيرشوف:

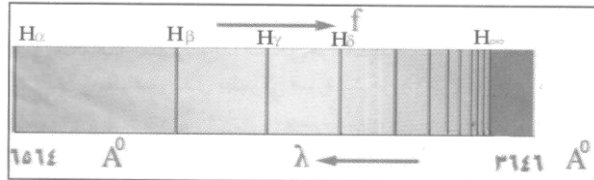
"العناصر الكيميائية عندما تتأثر بالتسخين فإنها تشع (تعط) نفس الألو ان (نفس)

الأطوال الموجية) التي تمتصها حيث لكل عنصر ألوان خاصة يمتصها"

الاستفادة من ظاهرة طيف العناصر:

- (1) الكشف عن المعادن والتمييز بينها.
- (2) معرفة تركيب الشمس وعناصر جوها.

طيف ذرة الهيدروجين:



كان لاكتشاف طيف العناصر الكيميائية الأثر في محاولة العلماء وضع نظريات حول التركيب الداخلي للذرة ومن هؤلاء العالم (بالمر) الذي قام بدراسة حول طيف ذرة الهيدروجين وظهور 4 خطوط واضحة في منطقة الضوء المرئي

بالإضافة إلى عدد آخر من الخطوط تتقارب مع بعضها في منطقة الأشعة تحت الحمراء ومن منطقة الأشعة البنفسجية كما بالشكل فتوصل إلى:

(1) خطوط طيف ذرة الهيدروجين تظهر في ترتيب معينة يمكن تصنيفها إلى مجموعات سميت بسلاسل الأطياف.

(2) من الخاصية المميزة لهذه السلاسل أن الفرق بين الأطوال الموجية بين الخطوط يتناقص بسرعة كلما اتجهنا نحو الموجات الأقصر (منطقة الأشعة فوق البنفسجية) التي لها تردد

عالي $(\frac{1}{\lambda} \propto f)$.

ولذلك وضع (بالمر) صيغة رياضية لحساب أطوال أمواج خطوط الطيف المرئي لذرة الهيدروجين.

$$\left(\frac{1}{2_n} - \frac{1}{2_2}\right) R_H = \frac{1}{\lambda}$$

حيث λ الطول الموجي للخط الطيفي.

$\frac{1}{\lambda}$ العدد الموجي وهو مقلوب الطول الموجي ووحدته مقلوب وحدة الطول (سم⁻¹)

ن عدد صحيح موجب = 3 ، 4 ، 5 ، 6 ، 7 ، 8 ، 9 ، 10 سم⁻¹ لذرة الهيدروجين. R_H ثابت ريديرج وهو يساوي 109747.08 سم⁻¹ لذرة الهيدروجين.

ومن العلاقة نستنتج ما يلي:

- (1) عندما $n = 3$ نحصل على الخط الأول H_α وطول الموجي 6564 استروم.
 - (2) عندما $n = 4$ نحصل على الخط الثاني H_β وهكذا لبقية الخطوط.
 - (3) بزيادة n تتقارب الخطوط حتى تصل إلى $n = \infty$ فإنها تندرج في خط واحد طولها الموجي 3646 أنجستروم.
- وقد سميت هذه السلسلة بسلسلة بالمرتكريما له.

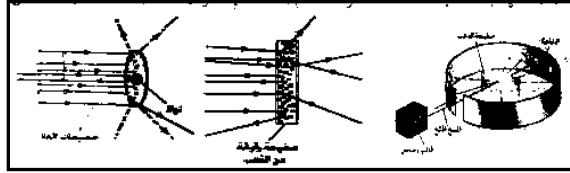
تقاس أبعاد النواة بوحدات هي:

- (1) النانومتر (nm): حيث نانومتر = 10^{-9} متر = 10^{-10} سم
 - (2) الأنجستروم (Å): حيث الأنجستروم = 10^{-10} متر = 10^{-8} سم
- وجدير بالذكر أن الفيزياء التقليدية لم تستطع تفسير الصيغة الرياضية لمعادلة بالمر وظلت علاقة رياضية تجريبية لا تعطي فكرة عن البنية الداخلية لذرة الهيدروجين.

تجربة رذرفورد:

قام العالم البريطاني رذرفورد أحد تلاميذ طومسون بتجربته المشهورة مستغلاً ظاهرة النشاط الإشعاعي للعناصر وأنبعث أشعة ألفا وبيتا وجاما منها محاولاً الكشف عن عمق أعماق الذرة.

خطوات التجربة:



- (1) عند قذف صفيحة رقيقة من الذهب (سمكها 10^{-3} مم) بحزمة من جسيمات ألفا (أيونات هيليوم موجبة He^{++}) منطقة بطاقة عالية من عنصر مشع مثل الراديوم موضوع في قالب رصاص (الرصاص يمتص الأشعة فيمنع تسربها وبذلك تخرج حزمة ضيقة من فتحة بالقالب).

- (2) تصطدم الجسيمات بالصفحة وتتشتت فتصطدم بشاشة اسطوانية مطيية بكبريتيد الزنك (ZnS).
- (3) تومض الشاشة أي تعطي ضوء عند أماكن سقوط الأشعة عليها.

الاستنتاج:

- (1) معظم جسيمات ألفا تمر من خلال الصفيحة دون انحراف أو تغير في مسارها.
 - (2) عدد قليل منها (جسيم من كل 8000 جسيم) إما ينعكس عن الصفيحة أي تشتت بزوايا أكبر من 90° أو يرتد على نفسه عائداً في اتجاه المصدر أي بزوايا 180° .
- وبمقارنة النتائج بنموذج طومسون كان من المفروض أن تنفذ الجسيمات من صفيحة الذهب دون انحراف يذكر (انحراف مقداره 0.01 من الدرجة عند تصادمها بالالكترونات السالبة لحدوث التجاذب وانحراف 0.25 من الدرجة عند اصطدامها بالشحنة الموجبة لحدوث التنافر) وبذلك أنهار نموذج طومسون للذرة.

مزايا نموذج طومسون:

- (1) أعطى تصور أن الذرة عبارة عن كرة صغيرة مصقولة مرنة فسرت النظرية الحركية للغازات.
- (2) ساهم في تطور النظرية الذرية الحديثة التي اكتشفت الطبيعة النووية للذرة على يد رذرفورد / بور بعد ذلك.

عيوب نموذج طومسون:

- (1) لم يستطع تفسير الطيف الخطي المشاهد (المرئي) لسلسلة بالمر لذرة الهيدروجين.
- (2) لم يستطع تفسير تشتت جسيمات ألفا الساقطة على صفيحة الذهب.

نموذج رذرفورد (النظام النووي):

وضع رذرفورد نموذج للذرة مستعيناً بنتائج تجربته السابقة الذي استخلص منها النتائج التالية:

(١) انحراف أو انعكاس أو ارتداد عدد قليل من جسيمات ألفا عند اصطدامها بالصفحة. وذلك بسبب وجود في مركز كل ذرة من ذرات الصفحة جسم صغير جداً يحمل الشحنة الموجبة للذرة فتتنافر معها دقائق ألفا وتتشتت بزوايا كبيرة ومتفاوتة حسب اقترابها من المركز ويسمى بالنواة وهو يتضمن معظم كتلة الذرة.

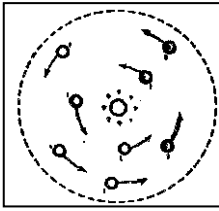
(٢) معظم جسيمات ألفا الساقطة على الصفحة تمر منها دون أي انحراف أو تشتت. لأن الجزء الأكبر من حجم الذرة المحيط بالنواة يشكل فراغ، تتوزع فيه الإلكترونات السالبة ونظراً لصغر كتلتها فإنها لا تؤثر على جسيمات ألفا المندفعة بسرعة كبيرة فتمر بدون تشتت.

فروض نموذج رذرفورد:

- (١) تتركز الشحنة الموجبة للذرة ومعظم كتلتها داخل حجم صغير جداً في مركز الذرة يسمى النواة.
 - (٢) تتوزع الإلكترونات السالبة الشحنة حول النواة في مدارات تشبه مدارات الكواكب السيارة في نظامنا الشمسي بحيث تتعادل شحنتها السالبة مع الشحنة الموجبة للنواة.
 - (٣) معظم حجم الذرة المحيط بالنواة فراغ لصغر حجم كتلة الإلكترون بالنسبة لأبعاد الذرة.
- (١) عندما تم تحديد كتل البروتونات في ذرة العنصر الواحد وجد رذرفورد أنه يقل عن الكتلة الحقيقية لتلك الذرة فتنبأ بوجود جسيمات أخرى في النواة متعادلة كهربياً وفعالاً تم بعد ذلك اكتشاف النيوترون المتعادل الشحنة وكتلته تساوي كتلة البروتون تقريباً على يد العالم (شادويك).

(٢) يبلغ نصف قطر النواة 10^{-13} سم تقريباً ومتوسط نصف قطر الذرة 10^{-10} سم تقريباً.
س/ لماذا افترض رذرفورد أن معظم كتلة الذرة وليست كل كتلتها توجد في النواة؟

عيوب نموذج رذرفورد:

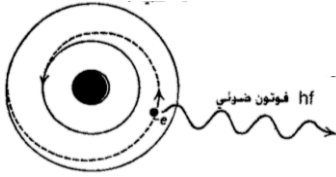


(١) في ضوء الفيزياء الكلاسيكية وخصوصاً النظرية الكهرومغناطيسية فإن الإلكترون المتحرك حول النواة في مدار دائري يحدث لشحنته تعجيل فيشع طاقه كهرومغناطيسية بصورة مستمرة أي يعطي طيف مستمر أي متصل.

(٢) عندما يفقد الإلكترون طاقته تدريجياً تتناقص سرعته باستمرار فيقترب من النواة تدريجياً في مسار حلزوني حتى يقع في النواة ويندمج معها.

هذا هو منطق الفيزياء الكلاسيكية لكن ذلك في الحقيقة لا يحدث ويتناقض مع الوضع

الطبيعي للذرة لأن:



(١) ذرة الهيدروجين مستقرة لأن الكتروناتها مستقرة ولا تشع إلا في حالة الإثارة فقط.

(٢) طيف ذرة الهيدروجين طيف خطي أي تفقد الطاقة بطريقة متقطعة وليس طيف مستمر أي تفقد الطاقة تدريجياً.

ويعتبر هذا عجزاً للفيزياء التقليدية في تفسير الظواهر الذرية ومن هنا بدأ البحث عن نظرية أخرى لحل هذا اللغز وأتى ذلك بعد اكتشاف (بلانك) فكرة تكيم الأشعة.

إشعاع الجسم الأسود:

- (١) عند تسخين جسم مثل قطعة حديد أو فتيل تنجستن فوق درجة الصفر المطلق (273°م) ينبعث إشعاع حراري يعتمد على نوع مادة الجسم ودرجة حرارته.
- (٢) يعد الإشعاع الحراري شكلاً من أشكال الأشعة الكهرومغناطيسية مثل الضوء المرئي حيث:

(أ) في درجات الحرارة المنخفضة:

يتألف الطيف المنبعث غالباً من إشعاعات طاقتها منخفضة تقع في منطقة الأشعة تحت الحمراء ولذلك لا ترى بالعين المجردة فيظهر الجسم في بداية التسخين معتماً.

(٣) بارتفاع درجة حرارة الجسم:

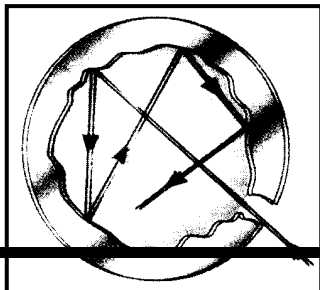
- ينزاح الطيف نحو مجال أعلى من الطاقة أي نحو الموجات الأقصر طولاً فيصدر إشعاعات مرئية بلونها الأحمر ثم البرتقالي فالأخضر وأخيراً يصبح الشعاع المنبعث أبيض اللون (الذي هو خليط من جميع الأضواء المرئية)، ولذلك يعتبر طيف الإشعاع الحراري طيف متصل لأنه يحتوي على جميع الأطوال الموجية المختلفة المرئية وغير المرئية.
- (٤) يعتبر الجسم الأسود مثالي من حيث امتصاص الأشعة أو بثها حسب قانون (كيرشوف) فالجسم جيد الامتصاص هو أيضاً جيد الإشعاع.

الجسم الأسود المثالي:

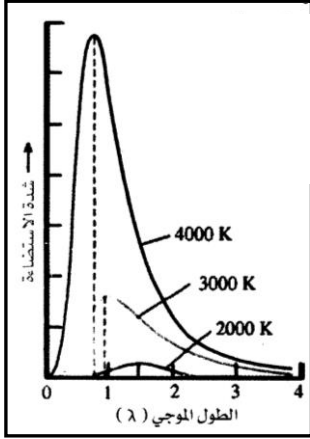
هو الجسم الذي يمتص جميع الأطوال الموجية أو يشعها.

(٥) أفضل تمثيل للجسم الأسود المثالي هو تجويف صغير من المادة (حديد أو نحاس مثلاً) بها فتحة صغيرة تدخل منها الإشعاعات فينعكس على جدرانه الداخلي انعكاسات متتالية، وفي كل انعكاس يحدث امتصاص للأشعة حتى تمتص كلياً.

وعند تسخين جدران التجويف من الخارج حتى درجة معينة فإنه ينبعث من الفتحة إشعاع حراري تتغير طاقته حسب تغير



الطول الموجي ودرجة حرارة الجسم كما في المنحنى التجريبي المقابل في الشكل.



تفسير إشعاع الجسم الأسود:

فشل العلماء في إيجاد صيغة رياضية تعبر عن المنحنى التجريبي لطيف الجسم الأسود عند استخدامهم النظرية الكهرومغناطيسية الكلاسيكية ويعتبر ذلك معضلة الجسم الأسود لماذا؟

من المفترض زيادة شدة الإشعاع (الضوء) بزيادة مربع التردد (معادلة رايلي - جينيس) وينطبق هذا في الترددات المنخفضة فقط أما عند الترددات العالية فإنه يتخفف شدة الضوء.

وهذا يعتبر عجزاً للمفاهيم الكلاسيكية في تفسير إشعاع الجسم الأسود.

نظرية (مبدأ) الكم لبلاك:

لتفسير إشعاع الجسم الأسود وجد (بلاك) أنه يجب نقض النظرية الكلاسيكية من حيث أن الطاقة لا يمكن أن تنبعث أو تمتص بصورة مستمرة كما هو معروف كلاسيكياً وإنما على شكل كميات محددة بقيم معينة للطاقة، وتسمى بمبدأ تكميم طاقة الإشعاع.

فروض النظرية:

- ١) ينبعث الإشعاع من الجسم الأسود الساخن لاهتزاز جزيئات أو ذرات سطحه (المهتزازات).
- ٢) هذه المهتزازات لا تبعث الطاقة الإشعاعية بشكل متصل أي مستمر وإنما على شكل كمات (أو زخات) أو مضاعفات صحيحة لهذه الكمات.
- ٣) طاقة الكمة تأخذ قيم معينة حسب العلاقة:

$$\text{طا} = n hf$$

حيث n عدد صحيح موجب = ١، ٢، ٣

f تردد الإشعاع المنبعث.
h ثابت بلانك ويساوي 6.625×10^{-34} جول. ث

٤) الكم لا يقبل الانقسام ولذلك فإن امتصاص الطاقة أو انبعاثها يتم بصورة متقطعة (خطي غير متصل).

س/ في ضوء نظرية الكم. فسر طيف الجسم الأسود الساخن.

في البداية تزداد شدة الإضاءة لزيادة عدد الذرات المهتزة (المذبذبات الكهربائية) التي تعطي إشعاع كهرومغناطيسي تردده يناظر ترددها. أما عند الترددات العالية فينخفض شدة الضوء لانخفاض عدد الذرات ذات الطاقة العالية واعتماداً على نظرية الكم (لبلاك) استطاع (اينشتاين) تفسير الظاهرة الكهروضوئية وأيضاً (بوهر) في وضع نظريته لذرة الهيدروجين.

نظرية بوهر لذرة الهيدروجين:

في عام ١٩١٣م استعان العالم بوهر بور بنظرية الكم لبلاك لإزالة الاعتراضات على نموذج (رذرفورد) النووي للحصول على نموذج ذري جديد يفسر الأطياف الخطية ويربطها ببناء الذرة الالكتروني. وتعتبر نظريته خليط من الفيزياء التقليدية. وفكرة تكميم الطاقة ولذلك سميت بنظرية الكم القديمة (النظرية الشبه تقليدية) وتركزت جهود بوهر على طيف ذرة الهيدروجين لأنه أبسط الذرات تركيباً، وكذلك الأيونات الشبيهة بالهيدروجين التي لها إلكترون واحد مثل أيون الهيليوم الأحادي (He^+) وأيون الليثيوم الثنائي (Li^{++})

وتتلخص نظريته في الفروض التالية:

فروض نظرية بوهر:

- ١) يتحرك الإلكترون حول النواة في مدارات دائرية دون أن تشع الذرة طاقة وتسمى المدارات بمستويات الطاقة المستقرة المكتمة.

(٢) هذه المدارات المستقرة أو المكتملة تجعل كمية التحرك الزاوي للإلكترون (ك عن نقن) لا يأخذ إلا قيم محددة هي مضاعفات صحيحة للمقدار الثابت $\left(\hbar = \frac{h}{\pi 2}\right)$ ولذلك لا يوجد الإلكترون إلا في مدارات محددة.

$$\therefore \text{ك عن نقن} = \hbar \text{ ن} = \frac{h}{\pi 2} \text{ ن كجم.م}^2/\text{ث}$$

حيث ن عدد صحيح موجب = ١ ، ٢ ، ٣ ،
 \hbar ثابت بلانك.

(٣) لا تشع الذرة طاقة طالما بقي الإلكترون في مداره ولكنها تشع كمية محددة من الطاقة عندما ينتقل الإلكترون من مستوى طاقة (مدار) عالي إلى مستوى طاقة منخفض وتمتص نفس الطاقة إذا انتقل الإلكترون من مستوى طاقة منخفض إلى مستوى طاقة عالي. حيث كمية الطاقة الممتصة أو المشعة = الفرق بين طاقة المستويين.

$$\therefore \Delta \text{ طا} = \text{طا}_i - \text{طا}_f = hf$$

حيث طا_i طاقة المستوى الابتدائي الذي انتقل منه الإلكترون.
 طا_f طاقة المستوى النهائي الذي انتقل إليه الإلكترون.
 f تردد الضوء المنبعث أو الممتص.

(١) حسب النظرية تدور الإلكترونات في مدارات محددة تبعد عن النواة بأنصاف أقطار ثابتة أما بقية الفراغ المحيط بالنواة والموجود بين المدارات فيعتبر منطقة محرمة لحركة الإلكترونات.

(٢) تشع الإلكترونات الطاقة على شكل كمات عندما تقفز إلى مدارات أدنى (منخفضة في الطاقة) فيتولد طيف إشعاع خطي كما تمتصها بنفس الكيفية عندما تقفز إلى مدارات أعلى ويتولد عندئذ طيف امتصاص خطي. أي أن الإلكترونات تمتص الطاقة وتشعها بطريقة منقطعة وليس بطريقة متصلة (مستمرة) كما افترضت النظرية الكهرومغناطيسية الكلاسيكية.

مبررات فرضيات بوهر:

- (١) مبرر الفرضية الأولى: منطقي من الواقع لأن ذرة الهيدروجين مستقرة لا ينبعث منها إشعاع طالما لم تثار الذرة بطاقة خارجية.
- (٢) مبرر الفرضية الثانية: ظهر لاحقاً على يد العالم (دي برولي ١٩٢٦م) باكتشافه الطبيعة الموجية للإلكترون (الإلكترون جسيم تصاحبه حركة موجية عند حركته مثل الضوء).
- (٣) مبرر الفرضية الثالثة: يأتي من فكرة التكميم (بلانك) وهي تعبر أيضاً عن مبدأ حفظ الطاقة.

عمليات الامتصاص والإشعاع طبقاً لنظرية بوهر:

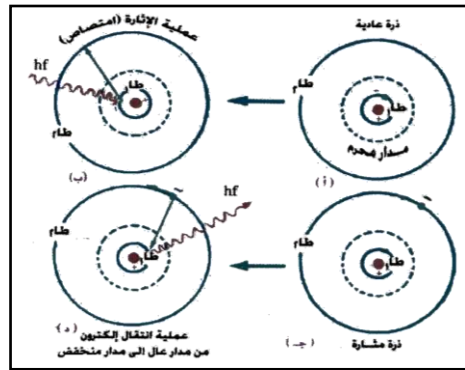
(١) لذرة الهيدروجين مستويات طاقة أصغر ما يسمى المستوى الأرضي (طا_1) وهو الذي توجد فيه الذرة في حالتها العادية فتكون مستقرة أما المستويات التالية له (طا_2 ، طا_3 ، ...) فتسمى بمستويات إثارة الذرة.

(٢) إذا سقطت على ذرة الهيدروجين وهي في حالتها العادية كم من الطاقة الضوئية (يسمى فوتون) طاقته (hf) يساوي الفرق بين طاقتي المستويين طا_2 ، طا_1 .

$$\therefore hf = \text{طا}_2 - \text{طا}_1$$

فإن الذرة تمتصه فينتقل إلكترونها من المستوى طا_1 إلى المستوى طا_2 وتسمى العملية بإثارة الذرة إلى المستوى طا_2 .

(٣) سرعان ما تتخلص الذرة من طاقة الإثارة (hf)



التي امتصتها فيعود الإلكترون تلقائياً إلى مستواه الأصلي طارِ باعثاً بالطاقة التي امتصها على شكل إشعاع تلقائي له نفس التردد (f).

مثال (١):

احسب كمية التحرك الزاوية للإلكترون يدور في المدار الثاني لذرة الهيدروجين علماً بأن ثابت بلانك 6.6×10^{-34} جول/ث.

الإجابة النموذجية:

$$\therefore \text{كمية التحرك الزاوي} = \hbar n = \frac{h}{\pi 2} \times n = \frac{34-10 \times 6.6 \times 2}{\frac{22}{7} \times 2} = 1.0 \times 10^{-34} \text{ كجم.م}^2/\text{ث}$$

استخدام فروض بوهر:

استخدم بوهر فروضه في حساب ما يلي:

- (١) نصف قطر المدار.
- (٢) السرعة التي يتحرك بها الإلكترون في مداره.
- (٣) طاقة الإلكترون في مداره أي طاقات مستويات الطاقة.
- (٤) رسم مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين.

ملاحظة:

ينزن الإلكترون في مداره المستقر تحت تأثير قوتين:

$$(١) \text{ قوة جذب النواة له حيث } q = \frac{ش \times ش}{2} \times ي$$

حيث ي ثابت العزل الكهربائي 9×10^9 نيوتن.م^٢/كولوم^٢ في الهواء.

$$(٢) \text{ القوة الطاردة المركزية له أثناء الدوران حيث } q = \frac{ك \times ك}{2} \left(\frac{2}{ع} \text{ هي العجلة} \right) \text{ نق}$$

$$\therefore \frac{ك \times ك}{2} = \frac{ش \times ش}{2} \times ي$$

$$\therefore \frac{ك \times ك}{2} = \frac{ش \times ش}{2} \times ي \quad (١)$$

أولاً: حساب نصف قطر المدار الذي يتحرك فيه الإلكترون

من فروض بوهر: $ك \times ع \times نق = \hbar n$ (٢) البرهان غير مقرر وللإطلاع فقط

بتربيع المعادلة (٢) والقسمة على المعادلة (١)

$$\therefore \frac{ك \times ع \times نق}{ش \times ع \times نق} = \frac{ش \times ش \times ي}{ش \times ع \times نق}$$

$$\therefore نق = \frac{ش \times ش \times ي}{ع \times ك}$$

وبالتعويض عن قيم $\hbar = \frac{h}{\pi 2} = 1.054 \times 10^{-34}$ جول.ث، $ك = 9.1 \times 10^{-31}$ كجم، $ش = 1.6 \times 10^{-19}$ سم

$$ي = 9 \times 10^9 \text{ نيوتن.م}^2/\text{كولوم}^2$$

نحصل على نصف قطر المدار الأول للإلكترون (نق_١) حيث نق_١ = 0.528 أنجستروم = 0.528 × 10⁻¹⁰ سم

$$\therefore نق = نق \times ن$$

أي نق = α ن

∴ نصف قطر المدار يتناسب طردياً مع مربع رتبة المدار (العدد الكمي الرئيسي).

* وبإعطاء ن القيم ١، ٢، ٣، ٤، نجد أن

$$نق_١ = 0.528 \times 10^{-10} \text{ سم} ، نق_٢ = نق_١ \times (٢)^2 = ٤ \times نق_١$$

$$نق_٣ = نق_١ \times (٣)^2 = ٩ \times نق_١ \text{ وهكذا}$$

* نسبة أنصاف أقطار المدارات المتتالية لذرة الهيدروجين هي: ١ : ٤ : ٩ : ١٦ وهكذا

مدارات الإلكترون

هي مدارات مكممة ومسموح للإلكترون أن يتواجد فيها في ذرة الهيدروجين وليس في أي مدار.
ثانياً: حساب سرعة الإلكترون في مداره
بقسمة المعادلة (١) على المعادلة (٢) (البرهان غير مقرر وللإطلاع فقط)

$$\frac{K_e e^2}{\hbar n} = \frac{m v^2}{\hbar n}$$

$$v = \frac{K_e e^2}{\hbar n}$$

بالتعويض عن قيم v ، \hbar ، K_e ، e ، m ، n = 1
وعليه تكون سرعة الإلكترون في المدار الأول أي $n = 1$
 $v = 2.2 \times 10^8 \text{ م/ث} = 2.2 \times 10^8 \text{ سم/ث}$

$$v = \frac{1}{n} \alpha c \text{ سم / ث}$$

أي أن سرعة الإلكترون تتناسب عكسياً مع رتبة المدار.
: كلما زاد نصف قطر المدار أي أبتعد الإلكترون عن النواة قلت سرعته.
* وبإعطاء ن القيم 1، 2، 3، 4، نجد أن سرعة الإلكترون في المدارات هي:

$$v_1 = \frac{1}{1} \alpha c = \alpha c, \quad v_2 = \frac{1}{2} \alpha c, \quad v_3 = \frac{1}{3} \alpha c, \quad v_\infty = \frac{1}{\infty} \alpha c = \text{صفر}$$

: في هذه الحالة يكون الإلكترون خارج الذرة وغير مرتبط بالنواة (تأينت الذرة)
ملحوظة: عندما $n = \infty$: $v = \text{صفر}$

ثالثاً: حساب الطاقة الكلية للإلكترون في مداره (حساب طاقة مستويات الطاقة المختلفة)

(البرهان غير مقرر وللإطلاع فقط)

عند دوران الإلكترون في مدار معين يكون له:

(١) طاقة حركة ناشئة عن حركته الدائرية:

$$K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m \left(\frac{K_e e^2}{\hbar n} \right)^2$$

(٢) طاقة وضع ناشئة عن المجال الكهربائي للنواة:

$$U = - \frac{K_e e^2}{r} = - \frac{K_e e^2}{\hbar n}$$

حيث الإشارة السالبة تعني أن الإلكترون مرتبط بالنواة وذلك برسم مدار مقفل حولها أي يجب بذل شغل لإزاحة الإلكترون من موضعه إلى ما لانهاية.

$$E_n = K + U = \frac{1}{2} m \left(\frac{K_e e^2}{\hbar n} \right)^2 - \frac{K_e e^2}{\hbar n}$$

$$E_n = - \frac{K_e e^2}{2 \hbar n}$$

بالتعويض عن قيمة \hbar ، K_e ، e ، m ، n = 1
ومنها نحصل على طاقة الإلكترون في المدار الأول $n = 1$

: $E_1 = -13.6 \text{ إلكترون فولت (أ.ق)}$

$$\therefore \text{طان} = \frac{1}{2} \text{أ.ف.}$$

$$\text{أي أن } \text{طان} \propto \frac{1}{n}$$

∴ طاقة الإلكترون (أو طاقة المستوى) تتناسب عكسياً مع مربع رتبة المدار (العدد الكمي الرئيسي) ملاحظة:

$$1 \text{ أ.ف.} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ جول والعكس } 1 \text{ جول} = \frac{1}{1.6} \times 10^{-19} \text{ أ.ف.}$$

* وبإعطاء ن القيم ١، ٢، ٣، نجد أن.

$$\text{ط}_1 = -13.6 \text{ أ.ف.} \quad , \quad \text{ط}_2 = -\frac{13.6}{2^2} = -\frac{13.6}{4} = -3.4 \text{ أ.ف.}$$

$$\text{ط}_3 = -\frac{13.6}{3^2} = -\frac{13.6}{9} = -1.51 \text{ أ.ف.} \quad , \quad \text{ط}_\infty = -\frac{13.6}{\infty} = 0 \text{ صفر أ.ف.}$$

ومنها نستنتج:

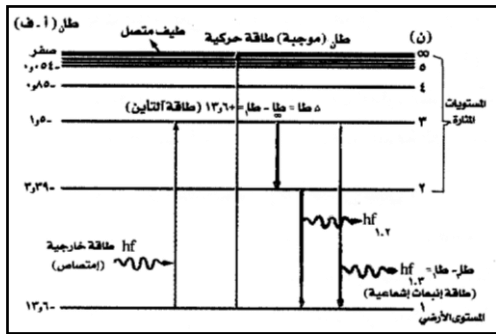
- (١) الطاقات المسموحة للإلكترون أن يأخذها في داخل الذرة لها قيم محددة وليست أي طاقة.
- (٢) تكون على شكل كمات من الطاقة وليست قيم متصلة ولذلك تزداد جبرياً بزيادة رتبة المدار أي كلما زاد العدد الكمي الرئيسي كلما ابتعد طاقة الإلكترون سالبة ولذلك تزداد جبرياً بزيادة رتبة المدار أي كلما زاد العدد الكمي الرئيسي كلما ابتعد الإلكترون عن النواة زادت طاقته جبرياً.
- (٣) عندما $n = \infty$ تكون طاقة الإلكترون صفر وفي هذه الحالة يكون الإلكترون حر غير مرتبط بالنواة ويقال أن الذرة تأبنت أي فقدت إلكترون.
- (٤) خارج الذرة تكون طاقة الإلكترون موجبة لأنها عبارة عن طاقة حركية لحركة مستمرة (أي طاقة الوضع له = صفر) فينتج عن ذلك طيف إشعاعي متصل بينما داخل الذرة طاقته كممة فينتج عن ذلك طيف خطي.
- (٥) طاقة التأين لذرة الهيدروجين أي الطاقة اللازمة لإخراج الإلكترون من المستوى الأرضي ط_١ إلى خارج الذرة ط_∞ هو أن يمتص الإلكترون طاقة حيث:

$$hf = \text{ط}_\infty - \text{ط}_1 = \text{صفر} - (-13.6) = +13.6 \text{ أ.ف. وتسمى بطاقة التأين لذرة الهيدروجين.}$$

رابعاً: رسم مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين:

من القيم السابقة لطاقة المستويات يمكن رسم مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين ويسمى ذلك بمخطط مستوى الطاقة.

مخطط مستوى الطاقة:



هو مخطط تمثل فيه طاقة الإلكترون في كل مدار بمستوى أفقي يسمى مستوى الطاقة ويبين الانتقالات الممكنة للإلكترون بين هذه المستويات.

ومن الشكل يتضح أنها:

- (١) خطوط مستقيمة أفقية متوازية.
- (٢) كل منها يوضح الطاقة التي يمكن أن تكون عليها الذرة.
- (٣) مستويات الطاقة تتزاحم بشدة كلما اقتربت من ∞ حتى يتعذر التمييز بينها.
- (٤) يمثل انتقال الإلكترون من مستوى طاقة إلى آخر بسهم رأسي ينتج عنه خط طيفي طاقته (hf)

تساوي الفرق بين طاقتي هذين المستويين حسب فرضية بوهر الثالثة.

(٥) الإلكترون البعيد عن النواة يمتلك طاقة أكبر فيكون أكثر نشاطاً وفاعلية ويدخل في التفاعلات الكيميائية ويكون غير مستقر لأنه مثار باكتسابه طاقة فيعود ثانية إلى مكانة الأصلي فاقداً الطاقة التي امتصها على شكل إشعاع طيفي أما الإلكترون القريب من النواة فعلى العكس حيث يمتلك طاقة أقل فيكون أكثر استقراراً.

□ مثال (٢):

احسب أنصاف أقطار المدارات ٢ ، ٣ لذرة الهيدروجين. واحسب كذلك سرعة الإلكترون في كل منها وطاقته. علماً بأن $نق_١ = ٠.٥٢٨$ أنجستروم، $ع_١ = ٢.٢ \times ١٠^٨$ سم/ث، $ط_١ = ١٣.٦$ أف

الإجابة النموذجية :

$$\begin{aligned} نق_١ = ٠.٥٢٨ \quad ع_١ = ٢.٢ \times ١٠^٨ \quad ط_١ = ١٣.٦ \\ نق_٢ = ? \quad نق_٣ = ? \quad ع_٢ = ? \\ ع_٣ = ? \quad ط_٢ = ? \quad ط_٣ = ? \end{aligned}$$

(١) $نق_٢ = نق_١ \times ٢ = ١.٠٥٦$ أنجستروم (A°)
 $ع_٢ = ٢ \times ٢.٢ \times ١٠^٨ = ٤.٤ \times ١٠^٨$ سم/ث
 $ط_٢ = ٤ \times ١٣.٦ = ٥٤.٤$ أف

(٢) $نق_٣ = نق_١ \times ٣ = ١.٥٨٤$ أنجستروم (A°)
 $ع_٣ = ٣ \times ٢.٢ \times ١٠^٨ = ٦.٦ \times ١٠^٨$ سم/ث
 $ط_٣ = ٩ \times ١٣.٦ = ١٢٢.٤$ أف

ملاحظة:

إذا طلب نصف القطر بوحدة السنتمتر والمتر نحولها كما يلي:

$$نق_٢ = ١.٠٥٦ \text{ أنجستروم} = ١.٠٥٦ \times ١٠^{-١٠} \text{ سم} = ١.٠٥٦ \times ١٠^{-١٠} \text{ م}$$

(٢) $ع_٢ = \frac{١٤}{٢} = ٧$

$$ع_٢ = \frac{٨ \times ١٠ \times ٢٢}{٢} = ٨٨٠ \text{ م} = ٨٨٠ \times ١٠^{-١٠} \text{ سم} = ٨٨٠ \times ١٠^{-١٠} \text{ م}$$

$$ع_٣ = \frac{٨ \times ١٠ \times ٢٢}{٣} = ٦١٣.٣ \text{ م} = ٦١٣.٣ \times ١٠^{-١٠} \text{ سم} = ٦١٣.٣ \times ١٠^{-١٠} \text{ م}$$

$$ط_٢ = \frac{١}{٢} = ٥٤.٤$$

$$ط_٢ = \frac{١٣.٦}{٢} = ٦.٨$$

$$ط_٣ = \frac{١٣.٦}{٣} = ٤.٥٢$$

انبعاث الضوء من ذرة بوهر وحساب الأطوال الموجية لطيفها:

من الشكل السابق الذي يمثل مستويات الطاقة يتبين أنه عندما ينتقل إلكترون من مستوى طاقة أعلى ابتدائية (ط_١) إلى مستوى طاقة أقل نهائية (ط_٢) فإن الفرق في الطاقة بين المستويين يظهر في صورة إشعاع ضوئي (فوتون) طاقته (hf) حيث:

$$hf = ط_١ - ط_٢$$

$$f = \frac{ط_١}{h} - \frac{ط_٢}{h}$$

$$f = \frac{ع_٢}{\lambda} \text{ حيث } ع_٢ \text{ سرعة الضوء المنبعث، } \lambda \text{ الطول الموجي له.}$$

$$f = \frac{ع_٢}{\lambda} = \frac{ط_١}{h} - \frac{ط_٢}{h}$$

$$\frac{١}{\lambda} = \frac{ع_٢}{h} = \frac{ط_١}{h} - \frac{ط_٢}{h}$$

$$\frac{١}{\lambda} = \frac{ع_٢}{h} = \frac{ط_١}{h} - \frac{ط_٢}{h} = \frac{١}{٢} - \frac{١}{٣}$$

$$\frac{١}{\lambda} = \frac{١}{٢} - \frac{١}{٣} = \frac{٣-٢}{٦} = \frac{١}{٦}$$

وبالتعويض عن قيم الثوابت h ، ع_٢ ، ط_١ نحصل على مقدار ثابت هو ١.٠٩٧٣٧.٣١ سم^{-١} وهو يقترب فعلاً من R_H للهيدروجين الذي يساوي ١.٠٩٦٧٧.٥٨ سم^{-١}

$$\left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2} \right) R_H = \frac{1}{\lambda} \therefore$$

ملاحظة:

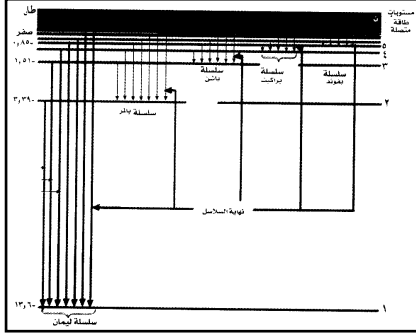
هذه العلاقة هي نفس العلاقة التجريبية التي أوجدها بالمر والمذكورة سابقاً ومن هذه يمكن الحصول على سلاسل طيف ذرة الهيدروجين التي سميت بأسماء مكتشفها كما يلي:

(١) سلسلة ليمان:

تنشأ عندما ينتقل الإلكترون من أي مستوى طاقة أعلى إلى مستوى الطاقة الأول.

$$n = 1 = 2, 3, 4, 5, \dots$$

وهي مجموعة من خطوط الطيف تمتاز بترددها العالي وقصر طولها الموجي حيث تقع في منطقة الأشعة فوق البنفسجية.



مستوى الطاقة الثاني.

٥ ، ٤ ، ٣ ، ٢ ، ١ ∞
الطيف تمتاز بكبر طولها
الضوء المرئي.

أي مستوى طاقة أعلى إلى

(٢) سلسلة بالمر:

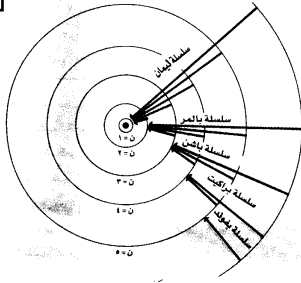
تنشأ عندما ينتقل الإلكترون من أي مستوى طاقة أعلى إلى

$$n = 2 = 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, \dots$$

وهي مجموعة من خطوط الموجي نسبياً حيث تقع في منطقة

(٣) سلسلة باشن:

تنشأ عندما ينتقل الإلكترون من مستوى الطاقة الثالث.



٧ ، ٦ ، ٥ ، ٤ ، ٣ ∞
وهي مجموعة من خطوط الفيض تمتاز بأن طولها الموجي أكبر نسبياً من سلسلة ليمان بالمر ولذلك تظهر في منطقة الأشعة تحت الحمراء.

(٤) سلسلة براكنت:

تنشأ عندما ينتقل الإلكترون من أي مستوى طاقة أعلى إلى مستوى الطاقة الرابع.

٧ ، ٦ ، ٥ ، ٤ ∞
وهي مجموعة من خطوط الفيض تمتاز بأن طولها الموجي كبير جداً ولذلك تظهر في منطقة الأشعة تحت الحمراء البعيدة.

(٥) سلسلة بفوند:

تنشأ عندما ينتقل الإلكترون من أي مستوى طاقة أعلى إلى مستوى الطاقة الخامس.

٨ ، ٧ ، ٦ ، ٥ ∞
وهي مجموعة من خطوط الفيض تمتاز بأن طولها الموجي كبير نسبياً عن سلسلة براكنت ولذلك تظهر في منطقة الأشعة تحت الحمراء البعيدة.

ملاحظة هامة

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

∴ الطول الموجي للشعاع يتناسب عكسياً مع التردد وأيضاً مع طاقة الشعاع.
∴ أقصر الأطوال الموجية لسلسلته هو الذي يمتلك أكبر طاقة وأكبر تردد.
وأطول الأطوال الموجية لسلسلته هو الذي يمتلك أصغر طاقة وأصغر طاقة.

فمثلاً:

سلسلة ليمان:

أقصر الأطوال الموجية لها عندما يعود الإلكترون من المستوى الأخير ($n=∞$) إلى المستوى الأول ($n=1$)
 وأطول الأطوال الموجية عندما يعود من المستوى الثاني ($n=2$) إلى المستوى الأول ($n=1$).

وكذلك في سلسلة بالمر:

$$\begin{aligned} \infty = n_f & \quad \text{أقصر الأطوال الموجية عندما } n_i = \infty \\ 2 = n_f & \quad \text{أطول الأطوال الموجية عندما } n_i = 3 \end{aligned}$$

وهكذا لبقية السلاسل.

□ مثال (3):

احسب أقصر وأطول الأطوال الموجية في سلسلة ليمان/ بالمر؟ ($R_H = 1.096776 \times 10^7 \text{ م}^{-1}$).

الإجابة النموذجية:

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

(1) سلسلة ليمان:

أقصر الأطوال الموجية عندما $n_i = 1$ $n_f = \infty$

$$R_H = (1 - 0) R_H = \left(\frac{1}{\infty^2} - \frac{1}{1^2} \right) R_H = \frac{1}{\lambda} \quad \therefore$$

$$911.8 = 1.0 \times 10^7 \times 9.118 = \frac{1}{1096776} = \frac{1}{R_H} = \lambda \quad \therefore$$

أنجستروم

أطول الأطوال الموجية عندما $n_i = 1$ $n_f = 2$

$$\frac{3}{4} \times R_H = \left(\frac{1}{4} - 1 \right) R_H = \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{1^2} \right) R_H = \frac{1}{\lambda} \quad \therefore$$

$$1216 = 1.0 \times 10^7 \times 1.216 = \frac{4}{1096776 \times 3} = \frac{1}{R_H \times 3} = \lambda \quad \therefore$$

أنجستروم

(2) سلسلة بالمر:

أقصر الأطوال الموجية عندما $n_i = 2$ $n_f = \infty$

$$\frac{1}{4} \times R_H = \left(\frac{1}{\infty^2} - \frac{1}{2^2} \right) R_H = \frac{1}{\lambda} \quad \therefore$$

$$3647 = 1.0 \times 10^7 \times 3.647 = \frac{4}{1096776} = \frac{4}{R_H} = \lambda \quad \therefore$$

أنجستروم

أطول الأطوال الموجية عندما $n_i = 2$ $n_f = 3$

$$\frac{4-9}{36} \times R_H = \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{4} \right) R_H = \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{2^2} \right) R_H = \frac{1}{\lambda} \quad \therefore$$

$$\frac{5}{36} \times R_H = \frac{1}{\lambda}$$

$$6560 = 1.0 \times 10^8 \times 6.560 = \frac{36}{1096776 \times 5} = \frac{36}{R_H \times 5} = \lambda \therefore$$

أنجستروم

□ مثال (٤):

احسب طول موجة الضوء المنبعث من ذرة الهيدروجين عندما ينتقل من مستوى الطاقة $n = 5$ إلى مستوى الطاقة $n = 3$. وكذلك أوجد تردده علماً بأن سرعة الضوء 3×10^8 م/ث.

الإجابة النموذجية:

$$n = 3 = f \quad n = 5 = i$$

$$\left(\frac{1}{2^2 n} - \frac{1}{f^2 n} \right) R_H = \frac{1}{\lambda} \therefore (1)$$

$$\frac{9-25}{225} \times R_H = \left(\frac{1}{25} - \frac{1}{9} \right) R_H = \left(\frac{1}{25} - \frac{1}{23} \right) R_H = \frac{1}{\lambda} \therefore$$

$$\frac{16}{225} \times R_H = \frac{1}{\lambda}$$

$$12822 = 1.0 \times 10^8 \times 12822 = \frac{225}{1096776 \times 16} = \frac{225}{R_H \times 16} = \lambda \therefore$$

$$2.3 \times 10^8 \text{ هرتز} = \frac{3 \times 10^8}{10 \times 12822} = f \therefore \frac{c}{\lambda} = f \therefore$$

ويقع هذا الطيف في سلسلة باشن.

□ مثال (٥):

احسب العدد الموجي لخطوط الطيف المنبعثة نتيجة الانتقال الإلكتروني من مستوى الطاقة $n = 3.2$ إلى مستوى الطاقة $n = 1$. وكذلك احسب طولها الموجي.

الإجابة النموذجية:

$$? = \lambda \quad ? = \frac{1}{\lambda}$$

$$n = 1 = f \quad n = 2 = i \quad (1)$$

$$\left(\frac{1}{1^2 n} - \frac{1}{f^2 n} \right) R_H = \frac{1}{\lambda} \therefore$$

$$\frac{3}{4} \times R_H = \left(\frac{1}{4} - 1 \right) R_H = \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{2^1} \right) R_H = \frac{1}{\lambda} \therefore$$

$$82258.2 = \frac{3}{4} \times 1.096777.6 = \frac{1}{\lambda} \therefore$$

$$12160 = 1.0 \times 10^8 \times 12160 = \frac{1}{82258.2} = \lambda$$

$$n = 1 = f \quad n = 3 = i \quad (2)$$

$$\frac{8}{9} \times 1.096777.6 = \frac{8}{9} \times R_H = \left(\frac{1}{9} - 1 \right) R_H = \left(\frac{1}{2^3} - \frac{1}{2^1} \right) R_H = \frac{1}{\lambda}$$

$$97491.2 = \frac{1}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{1}{974912} = 1.026 \times 10^{-8} \text{ سم} = 10.26 \text{ أنجستروم.}$$

□ مثال (٦):

أثيرت ذرة الهيدروجين فانقل الإلكترون من مستوى الطاقة الأول إلى مستوى الطاقة الثاني احسب:

- (١) طاقة الإثارة (الطاقة الممتصة) بالجول.
 (٢) تردد الإشعاع الضوئي الناتج.
 (٣) الطول الموجي للإشعاع المنبعث.

$$\left(\begin{array}{l} \text{ط}_1 = 13.6 \text{ أف.ع.} = 3 \times 10^{-18} \text{ ج.} \\ h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ جول.ث} \end{array} \right)$$

الإجابة النموذجية

$$\text{ط}_1 = 13.6 - \text{ع} = 10 \times 10^{-18} \text{ ج.}$$

$$(1) \quad \text{ط}_1 = \frac{1}{2} \text{ط}_2 \Rightarrow \text{ط}_2 = 2 \times 13.6 = 27.2 \text{ أف.ع.} = \frac{13.6}{4} = \frac{13.6}{2^2} = 3.4 \text{ أف.ع.}$$

$$\text{ط}_2 - \text{ط}_1 = \text{ط}_3$$

$$\text{ط}_3 = 27.2 - 13.6 = 13.6 \text{ أف.ع.}$$

$$\text{ط}_3 = 1.6 \times 10^{-19} \times 16.32 = 2.6112 \times 10^{-18} \text{ جول.}$$

$$(2) \quad hf = \text{ط}_3 \Rightarrow f = \frac{\text{ط}_3}{h} = \frac{2.6112 \times 10^{-18}}{6.625 \times 10^{-34}} = 3.94 \times 10^{16} \text{ هرتز.}$$

$$(3) \quad \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{3.94 \times 10^{16}} = 7.61 \times 10^{-9} \text{ م} = 76.1 \text{ أنجستروم}$$

□ مثال (٧):

في أنبوبة أشعة المهبط أثيرت ذرات غاز الهيدروجين بقذفها بأشعة الكترونية منطوقة من المهبط طاقتها ١٢.٠٩ إلكترون فولت احسب:

- (١) طاقة المستويات المثارة في الذرة.
 (٢) الأعداد الكمية الرئيسية المناظرة لهذه المستويات.
 (٣) الأطوال الموجية التي يمكن أن تبعثها الذرة نتيجة لهذه الإثارة؟ وإلى أي سلسلة تنتمي إليها.

$$R_H = 13.6 \text{ أف.ع.} = 1.097 \times 10^7 \text{ سم}^{-1}$$

الإجابة النموذجية :

$$\text{ط}_1 = 12.09 \text{ أف.ع.}$$

(١) يمتص إلكترون ذرة الهيدروجين الموجودة في المستوى الأرضي (ط_١) هذه الطاقة (ط_١) وينتقل إلى مستوى مثار (ط_٢)

$$\text{ط}_2 - \text{ط}_1 = \text{ط}_3$$

$$\text{ط}_2 = 12.09 + 13.6 = 25.69 \text{ أف.ع.}$$

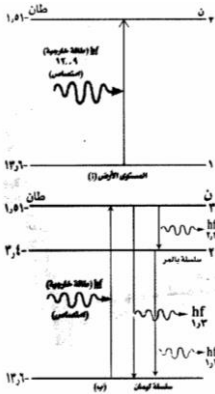
$$\text{ط}_2 - \text{ط}_1 = 25.69 - 12.09 = 13.6 \text{ أف.ع.}$$

$$\text{ط}_2 = \frac{1}{2} \text{ط}_3 \Rightarrow \text{ط}_3 = 2 \times 13.6 = 27.2 \text{ أف.ع.} = \frac{13.6}{1.51} = \frac{13.6}{3^2} = 1.51 \text{ أف.ع.}$$

∴ المستوى المثار الذي أنتقل إليه الإلكترون هو المستوى الثالث.

$$\text{ط}_2 - \text{ط}_1 = 13.6 = \frac{13.6}{4} = \frac{13.6}{2^2} = 3.4 \text{ أف.ع.}$$

(٢) ∴ المستويات المثارة هي ن = ٣.٢ وطاقتها هي ٣.٤ - ، -



١.٥١ أ.ف على الترتيب.

(٣) لحساب الأطوال الموجية للطيف المنبعث هناك احتمالان:

(أ) يعود الإلكترون من المستوى الثالث إلى المستوى الأول وينتج طول موجي $\lambda_{2,3}$ (سلسلة ليمان)

(ب) يعود الإلكترون من المستوى الثالث إلى المستوى الثاني وينتج طول موجي $\lambda_{2,3}$ (سلسلة بالمر) ثم يعود من الثاني إلى المستوى الأول وينتج طول موجي $\lambda_{1,2}$ (سلسلة ليمان)

$$\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right) R_H = \frac{1}{\lambda} \therefore$$

$$\frac{8}{9} \times R_H = \left(\frac{1}{9} - 1\right) R_H = \left(\frac{1}{23} - \frac{1}{21}\right) R_H = \frac{1}{\lambda_{1,3}} \therefore$$

$$109677,58 \times 8 = \frac{9}{R_H \times 8} = \lambda_{1,3} \therefore$$

$$\frac{3}{4} \times R_H = \left(\frac{1}{4} - 1\right) R_H = \left(\frac{1}{22} - \frac{1}{21}\right) R_H = \frac{1}{\lambda_{1,2}} \therefore$$

$$109677,58 \times 3 = \frac{4}{R_H \times 3} = \lambda_{1,2} \therefore$$

وهذان الخطان ينتميان إلى سلسلة ليمان.

$$\frac{5}{36} \times R_H = \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{4}\right) R_H = \left(\frac{1}{22} - \frac{1}{21}\right) R_H = \frac{1}{\lambda_{2,3}} \therefore$$

$$109677,58 \times 5 = \frac{36}{R_H \times 5} = \lambda_{2,3} \therefore$$

وهذا الخط هو الأول في سلسلة بالمر.

حدود إمكانية نظر بوهر (النجاحات – الإخفاقات)

المميزات:

- (١) نجح في تفسير طيف ذرة الهيدروجين والذرات المتشابهة أحادية الإلكترون.
- (٢) نجح حساب طاقة التأين لها وحساب إنصاف أقطار المرارات وطاقتها وسرعة الإلكترون فيها بأسس نظرية بحثه تطابقت مع الحساب المعملية لها.

العيوب:

- (١) لم ينجح في تفسير أطياف الذرات متعددة الإلكترونات أي الأكثر تعقيداً من ذرة الهيدروجين.
- (٢) لم ينجح في تفسير أطياف الذرات الواقعة في مجال مغناطيس خارجي حيث كانت خطوطها الطيفية تنحلل إلى خطوط فرعية متقاربة في أطوالها الموجية تظهر عند تحليلها بمطياف تحليل قدرته كبيرة.
- (٣) لم ينجح في تفسير اختلاف خطوط الطيف في شدتها بمعنى توجد احتمالات لانتقال الإلكترون بين مستويات الطاقة مختلفة وليست ثابتة.
- (٤) بنى نظريته على أساس أن الإلكترون جسيم فقط واتضح بعد ذلك أن له طبيعة موجية ولذلك من المستحيل تحديد مكانة وسرعته في وقت واحد نتيجة لهذه العيوب اقترح سمر فيلد بعض التعديلات على نموذج بوهر لتحسينه.

نموذج (بوهر / سمر فيلد):

- (١) مدارات الإلكترون حول النواة على شكل قطع ناقص لأن مسار أي جسم تحت تأثير أي قوة تتناسب عكسياً مع مربع المسافة (مثل القوة الكهربائية المؤثرة على الإلكترون) هو بشكل عام

قطع ناقص والمسار الدائري الذي اقترحه بوهر للإلكترون هو حالة خاصة من الحالة العامة.

(٢) نتيجة لهذا يوجد عدد كمي آخر يسمى العدد الكمي السمتي أو الثانوي (n_θ)

حيث $n_\theta = 1, 2, 3, \dots, n$

(٣) يؤدي هذا إلى أن ينقسم كل مدار (مستوى) أساسي إلى مدارات فرعية.

فمثلاً:

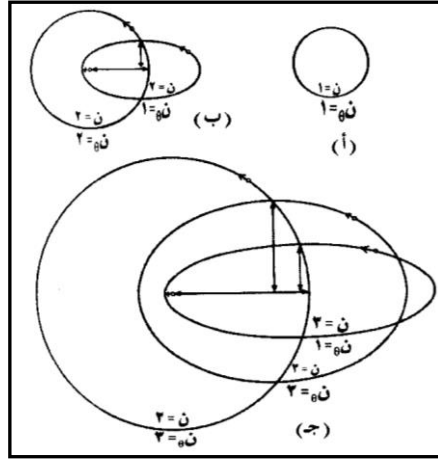
المستوى الأساسي $n = 2$ ينقسم إلى مستويين فرعيين $n_\theta = 1$ و $n_\theta = 2$ (S, P)
 المستوى الأساسي $n = 3$ ينقسم إلى ٣ مستويات فرعية $n_\theta = 1$ و $n_\theta = 2$ و $n_\theta = 3$

(s, p, d)

المستوى الأساسي $n = 1$ لا ينقسم ومداره يمثل مسار دائري $n_\theta = 1$ (s)

علل: عند تحليل طيف ذرة الهيدروجين بمطياف تحليل قدرته عالية تظهر خطوط فرعية متقاربة للخط الطيفي الواحد.

ج/ لأن كل مستوى أساسي ينقسم إلى مستويات فرعية متقاربة فتظهر عدد من الخطوط تساوي عدد المستويات الفرعية لكل خط.



تعريف

- (١) **علم الفيزياء ينقسم إلى:**
- (١) **الفيزياء التقليدية:** العلم الذي يفسر الظواهر الطبيعية للأنظمة العيانية.
- (٢) **الفيزياء الحديثة:** العلم الذي يفسر سلوك الجسيمات الصغيرة جداً للأنظمة المجهرية.
- (٢) **نظرية دالتون الذرية:** المادة تتكون من ذرات غير قابلة للهدم أو الانقسام.
- (٣) **نموذج طومسون الذري:** الذرة شبيهة بكرة مصمتة تتوزع بداخلها الشحنات الموجبة بانتظام وتتخللها الإلكترونات السالبة بحيث يكون مجموعها مساوياً للشحنة الموجبة.
- (٤) **الطيف المتصل:** هو الطيف الذي يحتوي على عدد كبير من الأطوال الموجية بشكل مستمر ومثال له طيف المصادر الضوئية/ الشمس.
- (٥) **الطيف الخطي:** هو الطيف الذي يحتوي على عدد محدود من الأطوال الموجية بشكل خطوط منفصلة. * مثال لـ: العناصر الكيميائية.
- * **يستفاد منه:** في الكشف عن المعادن والتمييز بينها.
- (٦) **أنواع الطيف الخطي:**
- (١) طيف انبعاث: هي الألوان الناتجة من العنصر عند تسخينه.
- (٢) طيف امتصاص: هي الخطوط السوداء الناتجة عند سقوط ضوء على العنصر.
- (٧) **قانون كيرشوف:** العناصر الكيميائية عندما تثار بالتسخين فإنها تشع نفس الألوان التي تمتصها حيث لكل عنصر ألوان خاصة يمتصها.
- (٨) **طرق إثارة العنصر الكيميائي:**
- (١) قذف غاز العنصر في أنابيب التفريغ بالإلكترونات فيمتص طاقتها أو جزء منها.
- (٢) سقوط أشعة ضوء عليه فيمتصها.
- (٣) تسخين العنصر.
- (٩) **طيف ذرة الهيدروجين:**
- (١) تظهر خطوط طيف تترتب في مجموعات تسمى بسلاسل الأطياف.
- (٢) الفرق بين الأطوال الموجية لخطوط الطيف تتناقص بسرعة كلما اتجهنا نحو الموجات الأقصر.
- (١٠) **نموذج رذرفور الذري:**
- (١) تتركز الشحنة الموجبة للذرة ومعظم كتلتها في النواة.
- (٢) تتوزع الإلكترونات السالبة حول النواة في مدارات بحيث تتعادل شحنتها مع الشحنة الموجبة للنواة.
- (٣) معظم حجم الذرة المحيط بالنواة فراغ.
- (١١) **إشعاع الجسم الأسود المثالي:** ينبعث إشعاع حراري عند تسخينه يعتبر طيف مستمر (متصل) وقد عجز علماء الفيزياء التقليدية عن وضع صيغة رياضية لتفسير طيفه.
- (١٢) **الجسم الأسود المثالي:** هو الجسم الذي يمتص جميع الأطوال الموجية أو يشعها.
- (١٣) **مبدأ الكم لبلاك:**
- (١) ينبعث الإشعاع من الجسم الأسود الساخن نتيجة اهتزاز جزيئات أو ذرات سطحه وتسمى بالمهتزازات.
- (٢) المهتزازات لا تنبعث بالطاقة الإشعاعية بشكل مستمر وإنما على شكل كمات.
- (٣) الكم لا يقبل الانقسام ولذلك فإن امتصاص (انبعاث) الطاقة يتم بصورة متقطعة وليس مستمر).
- (١٤) **فروض نظرية بوهر:**
- (١) يتحرك الإلكترون حول النواة في مدارات دائرية دون أن تشع الذرة طاقة.
- (٢) المدارات المستقرة المكتملة تجعل كمية التحرك الزاوي للإلكترون بأخذ قيم محددة.
- (٣) لا تشع الذرة طاقة طالما بقي الإلكترون في مداره ولكنها تشع أو تمتص كمية محددة من الطاقة عند انتقال الإلكترون من مستويات الطاقة.
- (١٥) **مخطط مستوى الطاقة:** هو مخطط تمثل فيه طاقات الإلكترون في المدارات المختلفة بمستوى أفقي ويبين انتقالات الإلكترون.
- (١٦) **نموذج بوهر سمر فيلد:** (١) مدارات الإلكترون حول النواة على شكل قطع ناقص بشكل عام.
- (٢) يوجد عدد كمي آخر يسمى العدد الكمي السمتي.
- (٣) يؤدي هذا أن ينقسم كل مدار أساسي إلى مدارات فرعية.

القوانين

(١) حساب كمية التحرك الزاوي للإلكترون:

$$ك_e = \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{2\pi r} = \frac{h}{2\pi n r} = \frac{h}{2\pi n a_0}$$

(٢) حساب نصف قطر المدار:

$$نق_n = n^2 \times \text{سم}$$

(٣) حساب سرعة الإلكترون في المدار:

$$ع_n = \frac{1}{n} \text{ سم/ث}$$

(٤) حساب طاقة الإلكترون (طاقة المدار) أو العدد الكمي الرئيسي للمستوى (رتبة المدار):

$$ط_n = \frac{1}{n^2} \text{ أ. ف}$$

(٥) حساب الطول الموجي / العدد الموجي:

$$أ. ف \left(\frac{1}{2n} - \frac{1}{f n} \right) R_H = \frac{1}{\lambda}$$

(٦) حساب الطاقة الممتصة أو المنبعثة:

$$ط_a - ط_f = (hf)$$

$$أ. ف \quad ط_a - ط_n = ط_a$$

(٧) حساب تردد الضوء / الطول الموجي:

$$هرتز \quad \frac{ع}{\lambda} = f$$

$$هرتز \quad \frac{ط_n}{h} = f$$

التعليقات :

التعليق (التفسير)	الحقيقة العلمية
لاكتشاف الإلكترونات السالبة والأيونات الموجبة ولذلك فإن الذرة يمكن أن تفقد أو تكتسب بعض مكوناتها وعليه يجب إلغاء أن الذرة لا يمكن هدمها أو انقسامها.	١ إلغاء الشق الثاني من نظرية دالتون أو (فشل النظرية)
لأنه ظهر بعد اكتشاف الإلكترون وإثباته أن الذرة متعادلة كهربياً نجح في تفسير بعض خواص المادة.	٢ يعتبر نموذج طومسون أول نموذج ذري.
لأن طيف المصادر الضوئية يحتوي على عدد كبير من الأطوال الموجية بشكل مستمر أما العناصر فطيفها يحتوي على عدد محدود من الأطوال الموجية بشكل منفصل.	٣ طيف المصادر الضوئية مستمر بينما طيف العناصر الكيميائية خطي.
لأن الهيدروجين يمتص ألوان معينة من الضوء الساقط عليه هي نفسها التي يشعها عند تسخينه حسب قانون كيرشوف.	٤ عند سقوط ضوء على ذرة الهيدروجين تظهر خطوط سوداء.
لأن خطوط طيفها تنتظم في تراتيب معينة تصنف إلى مجموعات تسمى بسلاسل الطيف.	٥ تصنيف طيف ذرة الهيدروجين في سلاسل.

التعليق (التفسير)	الحقيقة العلمية
لأنه لم يستطع تفسير الطيف الخطي المشاهد لسلسلة بالمر لذرة الهيدروجين ولأنه لم يستطيع تفسير تشتت جسيمات ألفا الساقطة على صفيحة الذهب.	٦ فشل نموذج طومسون الذري.
لوجوده في مركز كل ذرة نواة موجبة فتتنافر معها (دقائق ألفا بزوايا مختلفة حسب اقترابها من المركز)	٧ انحراف وانعكاس أو ارتداد عدد قليل من جسيمات ألفا عند اصطدامها بصفيحة ذهب.
لأن معظم حجم الذرة المحيط بالنواة فراغ تدور فيه الإلكترونات ونظراً لصغر كتلتها فإنها لا تؤثر على جسيمات ألف السريعة.	٨ نفاذ معظم جسيمات ألفا الساقطة على صفيحة الذهب دون انحراف.
لأنه حسب النظرية الكهرومغناطيسية التقليدية يحدث تعجيل لشحنة الإلكترون فيشع طاقة بصورة مستمرة ويفقد طاقته تدريجياً حتى يقع في النواة ويندمج معها.	٩ فشل نموذج رذرفورد الذري.
لأنه في بداية التسخين ينبعث إشعاع حراري طاقته صغيرة يقع في منطقة الأشعة تحت الحمراء وهي لا ترى لذلك يظهر معتم وبزيادة الحرارة تزداد طاقة الإشعاع ويظهر في منطقة الضوء المرئي فيعطي ألوان أحمر/ برتقالي..... ثم الأبيض.	١٠ تظهر قطعة حديد عند بداية التسخين معتمة ثم تبدأ بالتوهج بعد ذلك رفع درجة الحرارة.
لعجز علماء الفيزياء التقليدية عن وضع صيغة رياضية تعبر عن المنحنى التجريبي لطيف الجسم الأسود.	١١ مشكلة (معضلة) الجسم الأسود الساخن.
يحدث ذلك عندما ينتقل الإلكترون من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أقل فيفقد طاقة في صورة ضوء.	١٢ انبعاث الضوء من ذرة بوهر
لأن سرعته تتناسب عكسياً مع رتبة المدار ولذلك كلما اقترب تقل رتبة المدار فتزداد سرعته.	١٣ تزداد سرعة الإلكترون كلما اقترب من النواة.
لأن مدارات الإلكترون مكتملة ولذلك يسمح له بالتواجد فيها وليس في أي مدارات.	١٤ لا يوجد الإلكترون في الذرة إلا في مدارات محددة
لأن طاقة الإلكترون سالبة وهي تتناسب عكسياً مع مربع رتبة المدار لذلك تزداد جبرياً كلما أبتعد عن النواة.	١٥ تزداد طاقة الإلكترون جبرياً كلما ابتعد عن النواة.
لأن طاقة الإلكترون داخل الذرة مكتملة أي لها قيم محددة ولذلك ينتج عن حركته طيف خطي أما خارج الذرة فطاقته موجبة لأنها طاقة حركية لحركة مستمرة فينتج عن حركته طيف مستمر.	١٦ الطيف الناتج عن حركة الإلكترون في الذرة طيف خطي بينما خارج الذرة خطية مستمر.
لأن طاقته كبيرة فيعتبر غير مستقر لذلك إما يعود إلى المستوى الأصلي فاقداً طاقته في صورة طيف خطي أو ينتقل خارج الذرة في التفاعلات الكيميائية بعكس الإلكترون القريب من النواة.	١٧ الإلكترون البعيد عن النواة غير مستقر ويشترك في التفاعلات الكيميائية بعكس الإلكترون القريب من النواة.
لأنها تمثل الطاقة التي يجب أن يمتصها الإلكترون لنقله من المستوى الأرضي (ط _١) إلى المستوى	١٨ طاقة التأيين لذرة الهيدروجين ١٣.٦ أ.ف

التعليق (التفسير)	الحقيقة العلمية
(ط _∞) وهي تساوي الفرق بين طاقة المستويين.	
لأن مسار أي جسم تحت تأثير قوة تتناسب عكسياً مع مربع المسافة هو بشكل عام قطع ناقص.	١٩ مدار الإلكترون حول النواة على شكل قطع ناقص.
لأن كل مستوى أساسي ينقسم إلى مستويات فرعية متقاربة فتظهر خطوط تساوي عدد المستويات الفرعية.	٢٠ عند تحليل طيف ذرة الهيدروجين بمطياف تحليل قوي تظهر خطوط فرعية لكل خط طيف.

الإجابات النموذجية لتقويم الوحدة من الكتاب المدرسي

س١/

- (أ) عندما يُسخن الحديد يظهر في بداية التسخين معتماً ثم يبدأ بالاحمرار (عط تفسيراً لذلك).
 (ب) هل يمكن لذرة الهيدروجين وهي في حالتها الأرضية (أي إلكترونها في المستوى الأول) أن تطلق إشعاعاً، أو تمتص إشعاعاً مقدار طاقته (٦ إلكترون فولت)؟ (عط تفسيراً لجوابك).
 (ج) هل يمكن أن تكون طاقة الربط للإلكترون ذرة الهيدروجين (أي طاقة الإلكترون داخل الذرة) موجبة و(لماذا)؟

ج١/

- (أ) لأنه في بداية التسخين يكون الإشعاع الحراري عبارة عن إشعاعات طاقتها منخفضة أي طولها الموجي كبير فتقع في منطقة الأشعة تحت الحمراء وهي لا ترى بالعين المجردة فيظهر معتم وبارتفاع درجة الحرارة ينزاح الطيف المنبعث نحو مجال أعلى في الطاقة أي طولها الموجي قصير فيصدر إشعاعات مرئية باللون الأحمر ثم بقية الألوان.
 (ب) لا يمكن لذرة الهيدروجين أن تطلق إشعاعاً وهي في مستواها الأرض لأن معنى ذلك أن يفقد الإلكترون طاقته وينهار ويندمج مع النواة.
 كما لا يمكن لها أن تمتص إشعاعاً بهذه الطاقة لأن أقل طاقة للامتصاص هو أن تنتقل من المستوى الأول إلى الثاني حيث:

$$\text{ط}_1 - \text{ط}_2 = \text{ط}_3$$

$$\text{ط}_1 = -3.4 - (-13.6) = 13.6 + 3.4 = 17.0 \text{ أ. ف}$$

ويلاحظ أنها أكبر من الطاقة المعطاة ٦ أ. ف

- (ج) لا يمكن ذلك لأن هذا يعني أن الإلكترون في هذه الحالة يكون خارج الذرة وغير مرتبط بها أي يكون حر.

س٢/ ضع العلامة (□) أمام العبارة الصحيحة والعلامة (⊙) أمام العبارة الخاطئة:

- (أ) الجسم الأسود هو ذلك الجسم الذي يمتص جميع الأطوال الموجية. (□)
 (ب) طيف عنصر الصوديوم هو طيف خطي. (□)
 (ج) طيف الإشعاع الحراري هو طيف متصل. (□)
 (د) العنصر الكيميائي لا يشع نفس الأطوال الموجية التي يمتصها. (⊙)
 (هـ) مقدار طاقة التأين لذرة الهيدروجين هي (-٦.١٣) إلكترون فولت. (⊙)
 (و) في ذرة الهيدروجين، تقل طاقة الإلكترون كلما ابتعد عن النواة حتى تصبح طاقته في المدار الأخير = صفراً التي تناظر (ن = ∞). (⊙)
 (ز) تقل سرعة الإلكترون في ذرة الهيدروجين كلما اقترب من النواة. (□)
 (ح) يزداد نصف قطر المدار المسموح للإلكترون في ذرة الهيدروجين بزيادة مربع العدد الكمي الرئيسي (ن). (□)

س٣/ ما هي معضلة الجسم الأسود؟

ج٣/ معضلة الجسم الأسود:

- (١) هو أنه يعطي طيف مستمر متصل يحتوي جميع الأطوال الموجية.
 (٢) عدم تمكن علماء الفيزياء التقليدية من إيجاد صيغة رياضية لتفسير المنحنى التجريبي لطيفه حيث كان يفترض زيادة الطاقة الإشعاعية بزيادة مربع التردد وهذا لم يحدث.

س٤/ ما هو مبدأ بلانك في التكميم؟

ج٤) انظر.
س٥) ما المقصود بالطيف المتصل والطيف الخطي ثم إعط مثالا لكل منهما؟

ج٥) انظر.
س٦) أنكر عيوب نموذج رذرفورد.

ج٦) انظر.
س٧) ما هي فرضيات بوهر وما هي مبرراتها؟

ج٧) انظر.
س٨) أنكر نجاحات نظرية بوهر وما هي إخفاقاتها؟

ج٨) انظر.
س٩) ارسم مخطط مستوى الطاقة لكل من سلاسل ليمان وبالمر وياشن وبراكيت لذرة الهيدروجين.

س١٠) احسب طول موجة الضوء المنبعث من ذرة الهيدروجين عندما ينتقل الإلكترون من المستوى المناظر لـ $n=4$ إلى المستوى النهائي الموافق لـ $n=2$ ، علماً بأن ثابت ريديبيرج $R_H = 1.096777 \times 10^8 \text{ سم}^{-1}$.

$$\begin{aligned} \text{ج١٠) } \quad & n_f = 2 \quad n_i = 4 \quad \therefore R_H = 1.096777 \times 10^8 \text{ سم}^{-1} \\ & \therefore \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{4} \right) R_H = \frac{1}{\lambda} \\ & \left(\frac{1-4}{16} \right) R_H = \left(\frac{1}{24} - \frac{1}{22} \right) R_H = \frac{1}{\lambda} \\ & \therefore \lambda = \frac{16}{R_H \times 3} = \frac{16}{106677.6 \times 3} = 4863 \text{ أنجستروم } (A^\circ) \end{aligned}$$

س١١) احسب أقصر الأطوال الموجية وأطولها في سلسلة باشن مع العلم أن: $R_H = 1.096777 \times 10^8 \text{ سم}^{-1}$.

ج١١)

١) أقصر الأطوال الموجية في سلسلة باشن هو أن يعود الإلكترون من ما لانهاية إلى مستوى ٣

$$\begin{aligned} \therefore n_f = 3 \quad n_i = \infty \\ \therefore \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{\infty} \right) R_H = \frac{1}{\lambda} \\ \therefore \lambda = \frac{9}{R_H} = \frac{9}{1096776} = 8206 \text{ أنجستروم } (A^\circ) \end{aligned}$$

٢) أطول الأطوال الموجية هو أن يعون الإلكترون من المستوى ٤ إلى المستوى ٣.

$$\begin{aligned} \therefore n_f = 3 \quad n_i = 4 \\ \therefore \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{4} \right) R_H = \frac{1}{\lambda} \\ \therefore \lambda = \frac{144}{R_H \times 7} = \frac{144}{1096776 \times 7} = 18756 \text{ أنجستروم } (A^\circ) \end{aligned}$$

س١٢) إذا كان أطول الأمواج لسلسلة ليمان هو $1.216 \times 10^{-8} \text{ سم}$. أوجد قيمة ثابت ريديبيرج R_H .
ج١٢) أطوال الأطوال الموجية في سلسلة ليمان عندما $n_f = 1$ $n_i = 2$ $\lambda_{12} = 1.216 \times 10^{-8} \text{ سم}$

$$\therefore \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{2} \right) R_H = \frac{1}{\lambda}$$

$$\therefore \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{4} \right) R_H = \frac{1}{\lambda}$$

$$\therefore R_H = \frac{4}{\lambda \times 3} = \frac{4}{8 \times 10^8 \times 1216 \times 3} = 1.09649 \times 10^8 \text{ سم}^{-1}$$

س١٣ / إذا كان نصف قطر بوهر (نصف قطر المدار الأول للإلكترون) في ذرة الهيدروجين نق١ = 0.528×10^{-10} سم، وسرعته على هذا المدار ع١ = 2.2×10^8 سم/ث، وطاقته طا١ = -13.6 (أ.ف.)، احسب كلاً من نصف قطره (نق٢) وسرعته (ع٢) وطاقته (طا٢) على المدار الخامس. ج١٣

$$(1) \therefore \text{نق١} \times \text{نق٢} \times \text{نق٣} \leq \therefore \text{نق٢} = 25 \times 10^{-10} \text{ سم} = 2.5 \times 10^{-9} \text{ سم}$$

$$(2) \therefore \text{ع٢} = \frac{1}{5} \text{ع١} = \frac{1}{5} \times 2.2 \times 10^8 = 4.4 \times 10^7 \text{ سم/ث}$$

$$(3) \therefore \text{طا٢} = \frac{1}{25} \text{طا١} = \frac{1}{25} \times (-13.6) = -0.544 \text{ أ.ف.}$$

س١٤ / أثبتت ذرة الهيدروجين بامتصاص شعاع ضوئي طاقته طا = 12.75 إلكترون فولت، وما لبثت أن أطلقت على شكل ضوء ذي أطوال موجية مختلفة، احسب ما يلي:

- طاقة المستوى المثار (طان).
- العدد الكمي الرئيسي المرافق لهذا المستوى (ن).
- ارسم مخطط طاقة الأطوال الموجية لسلسلة بالمر المنبعثة نتيجة لهذه الإثارة. علماً بأن طاقة المستوى الأرضي (طا١) = -13.6 (أ.ف) و $R_H = 1.09677 \times 10^7 \text{ سم}^{-1}$.

ج١٤

$$(1) \therefore \text{طا} = \text{طان} - \text{طا١} = 12.75 \text{ إلكترون فولت} \Rightarrow \text{طان} = 12.75 - 13.6 = -0.85 \text{ أ.ف.}$$

$$(2) \therefore \text{طان} = \frac{1}{n^2} \text{طا١} = \frac{1}{n^2} \times (-13.6) = -0.85 \Rightarrow n = 4$$

∴ العدد الكمي الرئيسي للمستوى المثار هو المستوى الرابع.

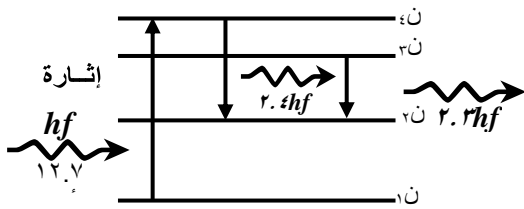
(3) رسم مخطط الطاقة لسلسلة بالمر المنبعثة.

لاحظ إما يعود الإلكترون مباشرة إلى المستوى

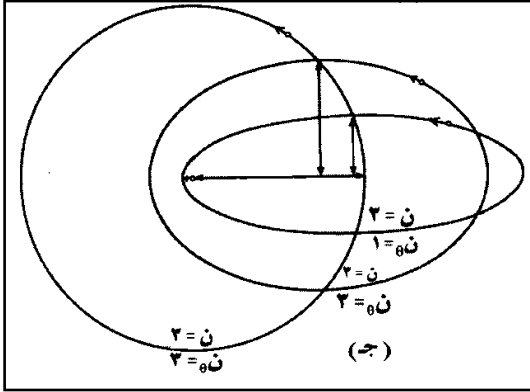
الثاني.

أو يعود الإلكترون إلى الثالث ثم يعود من الثالث

إلى الثاني.



س١٥ / ارسم المدارات الممكنة في نموذج بوهر / سمر فيلاد من أجل $n = 4$
ج٥ (١)



تم التحميل من مدونة ملخصات الثانوية العامة

للمزيد قم بزيارة المدونة على الرابط التالي

<https://ye-thirdsecondr.blogspot.com>

ومدونة اقرا معي وتعلم على الانترنت على الرابط

<https://aimn2013.blogspot.com>