

## I. حدود ميكانيك نيوتن

### I.1. قوة التجاذب الكوني وقوة التأثير السني الكهرساكن

#### I.1.1. قوة التجاذب الكوني : قانون نيوتن

يحدث بين جسمين ماديين نقطيين كتلتاهما  $m_A$  و  $m_B$  وتفصل بينهما مسافة  $AB$  قوة تجاذب كوني يعبر عنها بالعلاقة :

$$\vec{F}_{A/B} = -\frac{G.m_A.m_B}{(AB)^2}.\vec{u}_{AB}$$

حيث  $G=6,67.10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$  ثابتة التجاذب الكوني :

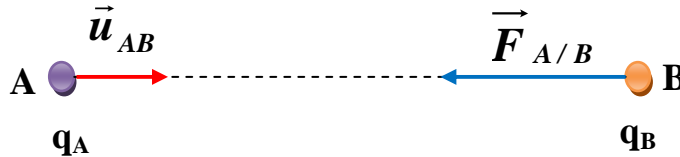


#### I.2.1. قوة التأثير السني الكهرساكن : قانون كولوم

يحدث بين جسمين نقطيين شحنتاهما  $q_A$  و  $q_B$  قوة تجاذب أو تنافر يتعلق منحاهما بإشارتي الشحنتين  $q_A$  و  $q_B$  ويعبر عنها بالعلاقة :

$$\vec{F}_{A/B} = -\frac{k.q_A.q_B}{(AB)^2}.\vec{u}_{AB}$$

مع  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$  حيث  $\epsilon_0$  هي ثابتة النفاذية في الفراغ :  $k=9.10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$



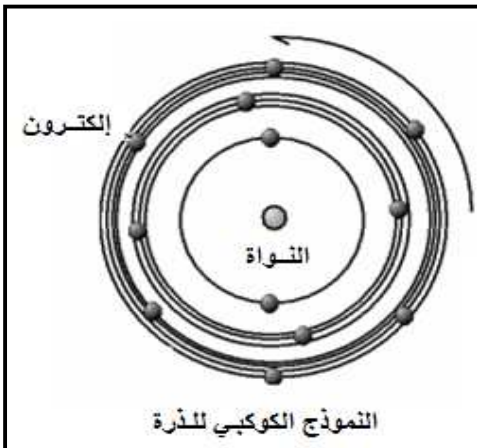
#### ملحوظة :

عند مقارنة قوة التجاذب الكوني  $F_g$  وشدة القوة الكهرساكنة  $F_e$  التي يخضع لها إلكترون ذرة الهيدروجين ، نجد أن :

$$\frac{F_g}{F_e} = \frac{G.m_e.m_p}{k.q_e.q_p} = \frac{G.m_e.m_p}{k.e^2} = \frac{6,67.10^{-11} \times 9,1.10^{-31} \times 1,67.10^{-27}}{9.10^9 \times (1,6.10^{-19})^2} \approx 4,4.10^{-40}$$

التأثير البيني التجاذبي على المستوى الذري مهمل أمام التأثير البيني الكهرساكن .

### I.2. النموذج الكوكبي للذرة : نموذج رذرفورد Rutherford



اعتمادا على المماثلة بين قوى التأثيرات التجاذبية الكونية التي تحكم حركة الكواكب وقوى التأثيرات الكهرساكنة التي تحكم حركة الإلكترونات حول النواة ، اقترح العالم الفيزيائي رذرفورد في مطلع القرن العشرين نموذجا كوكبيا للذرة تلعب فيه النواة دورا شبيها بالكوكب والإلكترونات في مداراتها دورا شبيها بأقمار هذا الكوكب .

### I.3. حدود الميكانيك الكلاسيكية

إن ميكانيك نيوتن تسمح بالتنبؤ ب'مكتنية وضع قمر في مدار حول الأرض حيث يمكن حساب السرعة التي يجب منحها

$$\text{للقمر الإصطناعي والتي تجعله يبقى في مدار دائري حول الأرض} \quad v_0 = \sqrt{\frac{G.M_T}{R_T + z}}$$

ويتضح من هذه العلاقة أن شعاع مدار القمر مكن أن يأخذ جميع القيم الممكنة وذلك حسب قيمة  $v_0$ .

إذا افترضنا أن إلكترون ذرة الهيدروجين في حركة دائرية حول النواة. فإنه حسب ميكانيك نيوتن سيكون لشعاع مدار الإلكترون جميع القيم الممكنة. وعليه، فإن ذرات الهيدروجين سيكون لها أحجاما مختلفة، وهذا غير صحيح، إذ لجميع ذرات الهيدروجين نفس الحجم.

← ميكانيك نيوتن عاجزة على تفسير البنية الذرية.

وبحلول القرن العشرين، تم اكتشاف ظواهر فيزيائية لم يكن ممكنا تفسيرها باعتماد قوانين الميكانيك الكلاسيكية، خصوصا عندما يتعلق الأمر بأجسام ذات أبعاد صغيرة جدا، الأمر الذي أدى إلى نشوء نظرية جديدة سميت **بالميكانيك الكمية**

**La mécanique quantique.**

## II. تكمية التبادلات الطاقية

### 1.II. مفهوم تكمة الطاقة

عندما تصطدم ذرة بدقيقة مادية (إلكترون، ذرة أخرى...) أو عندما يحدث تأثير بيني بين الذرة و إشعاع ضوئي، يحدث تبادل للطاقة بين الذرة والوسط الخارجي. لا يمكن لهذه الطاقة المتبادلة أن تأخذ إلا قيما محدودة ومنفصلة وبالتالي فإنها **مكّمة**.

### 2.II. نموذج الفوتون Photon

لتفسير ظاهرة المفعول الكهروضوئي (أي انتزاع إلكترونات فلز بواسطة إشعاع ضوئي ملائم) اعتبر ألبرت إينشتاين Albert Einstein سنة 1905 أن الحزمة الضوئية ذات التردد  $\nu$  تتكون من دقائق عديدة الشحنة وعديمة الكتلة تنتشر بسرعة انتشار الضوء تسمى **الفوتونات**، وتحمل كل منها كما من الطاقة.

$$\text{يحمل كل فوتون طاقة تعبيرها :} \quad E = h\nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

$\nu$  : تردد الموجة (Hz) ؛  $\lambda$  : طول الموجة (m) ؛  $E$  : طاقة الفوتون (J)  
 $h$  : ثابتة بلانك (J.s) Planck وتساوي :  $h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$  ؛  $c$  : سرعة انتشار الضوء (m/s)

### تمرين تطبيقي :

أحسب بالجول ثم بالإلكترون - فولط، طاقة فوتون مقرون بالإشعاع الأحمر لطيف الهيدروجين طول موجته هو  $\lambda=657 \text{ nm}$ .  
نعطي : سرعة الضوء في الفراغ :  $c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  و ثابتة بلانك :  $h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$  و  $1\text{eV}=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$$\text{الحل :} \quad \text{طاقة الفوتون هي :} \quad E = h\nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6,63 \cdot 10^{-34} \times \frac{3 \cdot 10^8}{657 \cdot 10^{-9}} = 3,027 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1,89 \text{ eV}$$

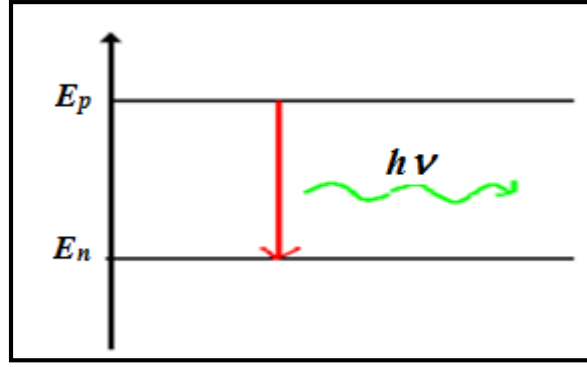
## 3.II. موضوعات بوهر Bohr

لتفسير طيف الانبعاث لذرة الهيدروجين وضع العالم الدنماركي نيلس بوهر Niels Bohr موضوعات تحمل اسمه :  
✓ تكون تغيرات الطاقة لذرة تغيرات مكّمة.

✓ تتميز كل حالة طاقة بمستوى طاقي ولا توجد الذرة إلا في حالات طاقة معينة.

✓ يتم انبعاث فوتون تردده  $h\nu$  عندما تنتقل الذرة من مستوى طاقي  $E_p$  إلى مستوى طاقي  $E_n$  أقل، بحيث :

$$\Delta E = E_p - E_n = h\nu$$



#### 4.II. تكمة مستويات الطاقة في الذرات

يمكن للذرة أن تنتقل من حالة إلى حالة أخرى وذلك إما باكتسابها أو فقدانها للطاقة .

لتفسير التبادل الطاقي الحاصل بين الذرة والشعاع الضوئي افترض العالم الفيزيائي بوهر Bohr أن طاقة الذرة كممة واقترح

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2}$$

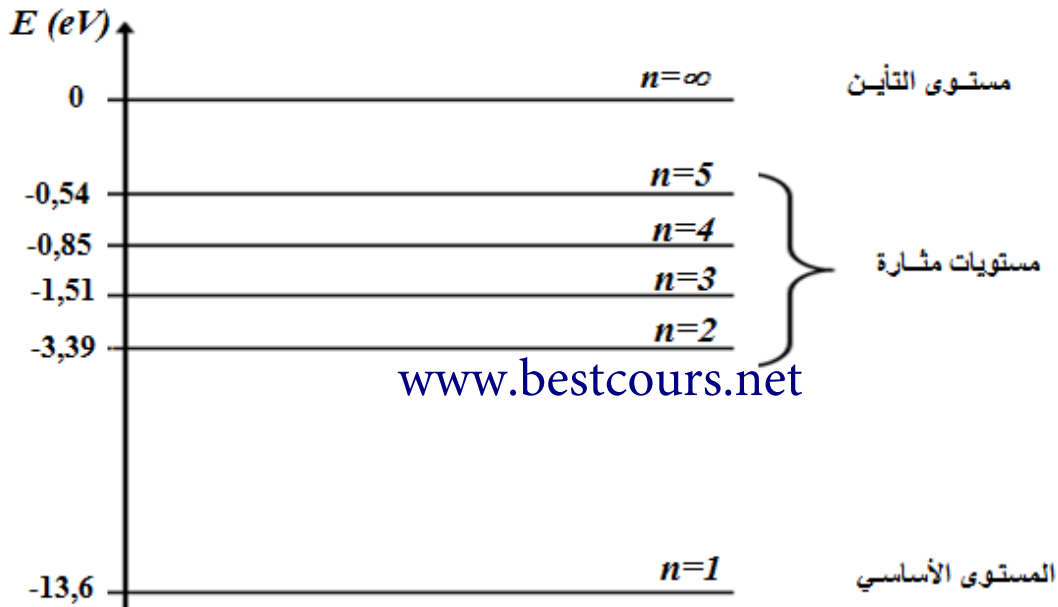
علاقة تحدد مختلف مستويات طاقة ذرة الهيدروجين . :

$$E_0 = 13,6 \text{ eV}$$

مع  $n$  : عدد صحيح غير منعدم يسمى **العدد الكمي** ؛

- المستوى الطاقي الذي يوافق العدد الكمي  $n=1$  يسمى **المستوى الأساسي** وهو يوافق أصغر قيمة للطاقة ( الحالة المستقر للذرة ) ، طاقته هي :  $E_1 = -13,6 \text{ eV}$  .
- مستويات الطاقة ذات العدد الكمي  $n > 1$  توافق **المستويات المثارة** .
- المستوى الطاقي ذو العدد الكمي  $n=\infty$  يوافق الطاقة  $E_\infty = 0$  ، حيث الإلكترون غير مرتبط بالذرة ( **حالة تأين** الذرة ) .

#### مخطط مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين :



#### ملحوظات :

- ✓ تتكون الجزيئات من عدة ذرات وهذا يفرض الأخذ بعين الاعتبار دوران و اهتزازات هذه الذرات عند حساب طاقة الجزيئة التي تكون كممة بدورها .
- ✓ طاقة النواة كممة ، ذلك أن النواة يمكنها أن تنتقل من مستوى طاقي إلى آخر مثل الذرة .

### تمرين تطبيقي :

باستعمال مخطط مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين :

- 1- أحسب الطاقة المفقودة خلال انتقال ذرة الهيدروجين من الحالة المثارة الرابعة إلى حالتها الأساسية .
- 2- ما هي أكبر قيمة ممكنة لطاقة الانتقال بين حالتين متتاليتين ؟

### الحل :

- 1- الطاقة المفقودة خلال انتقال ذرة الهيدروجين من الحالة المثارة الرابعة إلى حالتها الأساسية هي :

$$\Delta E = E_4 - E_1 = -0,85 - (-13,6) = 12,75eV$$

- 2- أكبر قيمة ممكنة لطاقة الانتقال بين حالتين متتاليتين هي الانتقال من الحالة المثارة الأولى إلى الحالة الأساسية :

$$\Delta E = E_2 - E_1 = -3,39 - (-13,6) = 10,21eV$$

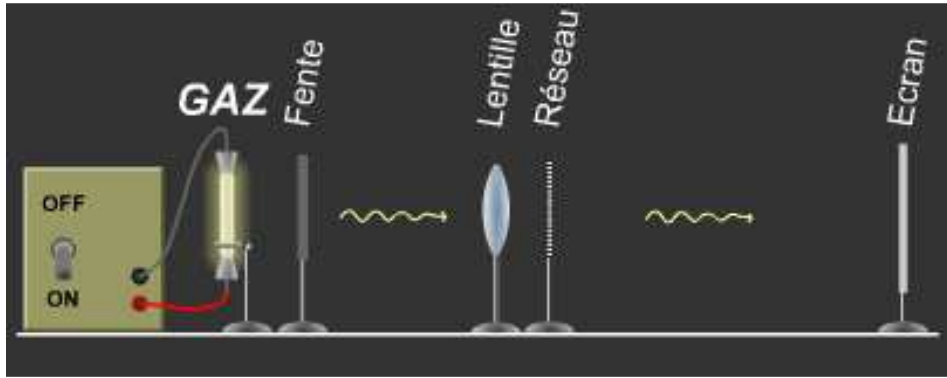
### III. تطبيقات على الأطياف

#### 1.III. تعريف طيف ضوء

نسمي طيف ضوء مجموع الإشعاعات التي يتكون منها هذا الضوء ، ويتميز كل إشعاع منها بطول الموجة في الفراغ .

#### 2.III. طيف الانبعاث لذرة الهيدروجين

نحصل على طيف الانبعاث لذرة الهيدروجين باستعمال حبابة تحتوي على غاز ثنائي الهيدروجين تحت ضغط ضعيف تتم إثارته إما بقذفه بجرزمة إلكترونية أو التفريغ الكهربائي .



يتضمن طيف الانبعاث لذرة الهيدروجين عدة حزات مرئية وغير مرغوبة ، وتكون حزات المجال المرئي حيث توافق كل منها إشعاعا أحادي اللون .



بالإثارة ينتقل الإلكترون في ذرات الهيدروجين إلى مستوى طاقي أعلى وبعد ذلك تفقد الذرات إثارتها حيث تعود إلى مستوى طاقي أدنى وينتج عن هذه العودة إنبعاث حزات طيفية ذات أطوال موجة محددة ونحصل على طيف الانبعاث . وهكذا العلاقة التي توافق انتقال الذرة من مستوى طاقي  $E_P$  إلى مستوى طاقي أدنى  $E_n$  :

$$E_P - E_n = h\nu$$

$$h\nu = h \frac{c}{\lambda} = E_0 \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right) \quad \text{تصبح :} \quad E_P = -\frac{E_0}{p^2} \quad \text{و} \quad E_n = -\frac{E_0}{n^2} \quad \text{مع :}$$

ومنه طول موجة الإشعاع المنبعث :  $\frac{1}{\lambda} = \frac{E_0}{hc} \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right)$

نضع :  $R_H = \frac{E_0}{hc}$  وتسمى ثابتة ريديبرك Rydberg :  $R_H = 1,097.10^7 m^{-1}$

وبالتالي طول الموجة المرتبطة بالإشعاع المنبعث هو :  $\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right)$  (علاقة Rydberg)

### ملحوظة :

طيف الإمتصاص وطيف الإنبعاث متكاملان ، لأن الذرة لا تمتص سوى الفوتونات التي ترددها يساوي تردد الفوتونات التي يمكن أن تبعثها .  
[www.bestcours.net](http://www.bestcours.net)

طيف الإمتصاص لذرة الصوديوم



طيف الإنبعاث لذرة الصوديوم



### 3.III المتسلسلات الطيفية للإنبعاث

← متسلسلة بالمر Balmer

توصل العالم بالمر Balmer بعد عدة أبحاث إلى العلاقة التي تمكن من معرفة أطوال الموجات المنبعثة من ذرة الهيدروجين المثارة وذلك باعتبار أن الإلكترونات بعد فقدان إثارتها تعود من مستوى طاقي معين إلى المستوى الطاقي الثاني :  $n=2$

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{p^2} \right) \quad \text{مع } p > 2$$

بالنسبة لكل قيمة العدد  $n$  توافقها متسلسلة طيفية للحزات وتسمى كل متسلسلة باسم العالم الذي اكتشفها وهكذا نجد :

← متسلسلة ليمان Lyman بالنسبة لـ  $n=1$  و  $p > 1$

← متسلسلة باشين Baschen بالنسبة لـ  $n=3$  و  $p > 3$

← متسلسلة براكيت Brackett بالنسبة لـ  $n=4$  و  $p > 4$

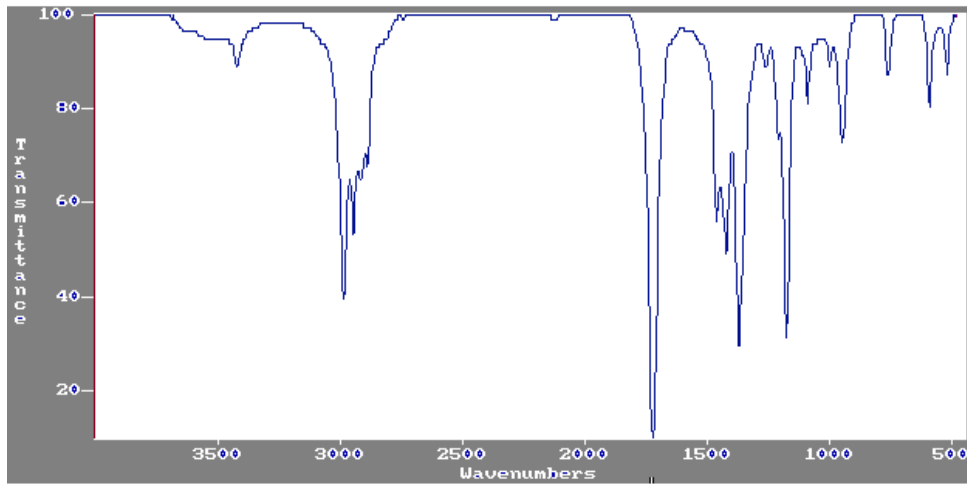
← متسلسلة بفوند Pfund بالنسبة لـ  $n=5$  و  $p > 5$

### 4.III أطاف الحزبات

يعتبر طيف الإمتصاص لجزيئة ذا أهمية قصوى في الكيمياء ، حيث يعطي معلومات عن المجموعات الوظيفية وعن الروابط التي تحتوي عليها .

عندما يحدث امتصاص لبعض الأشعة تنخفض الدة الضوئية ويوافق كل قمة مقلوبة من المنحنى المثل لطيف الإمتصاص طول الموجة الممتصة ( أو تردد الإشعاع الممتص ) .

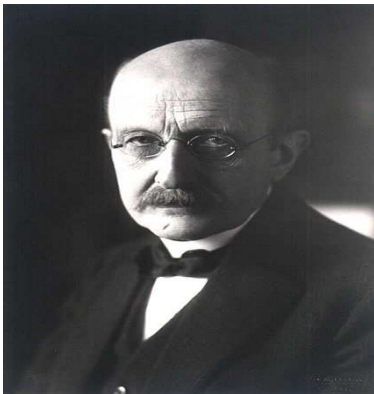
**مثال : طيف الإمتصاص لحزنة البوتان - 2. أون :**



**5.III. أطاف الحزئات**

طاقة النوى هي أيضا مكماة ، ففي النشاط الإشعاعي ، تكون النوى الناتجة عن تفتت إشعاعي نوى مثارة . فقدان الإثارة لهذه النوى يصاحبه انبعاث فوتونات ذات طاقة عالية ( إشعاع  $\gamma$  ) تميز النوى الباعثة .

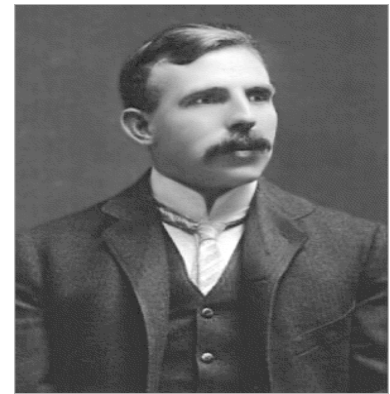
**La mécanique Quantique من رواد النظرية الفيزيائية الجديدة : الفيزياء الكمية**



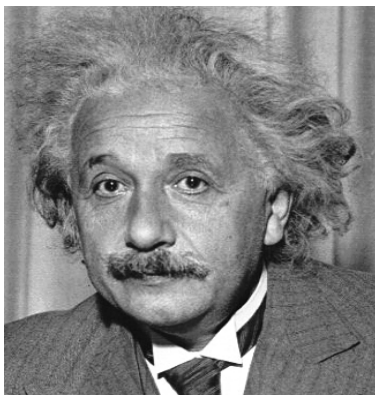
ماكس بلانك  
Max Planck



نيلس بوهر  
Niels Bohr



إيرنست رذرفورد  
Ernest Rutherford



ألبرت أينشتاين  
Albert Einstein



لويس دوبروكلي  
Louis De Broglie