الفصل الثالث:

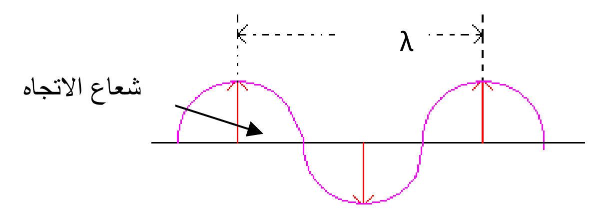
النماذج التقليدية للذرة

1. الطبيعة الموجية للضوء :

تنتمي الأمواج الضوئية إلى الأمواج الكهرومغناطيسية و هي إنتشار للحقلين الكهربائي و المغناطيسي المتعامدان (في آن واحد) مع اتجاه الانتشار (علما أن كلاهما تابع للزمن).

إذن الموجة الضوئية هي موجة كهرومغناطيسية تنتشر في الفراغ بسرعة ثابتة C بحيث $C = 3.10^8 m/s$.

تتميز هذه الموجة بـ : طول الموجة λ ، تواتر ν و عدد موجي $\bar{\nu}$.



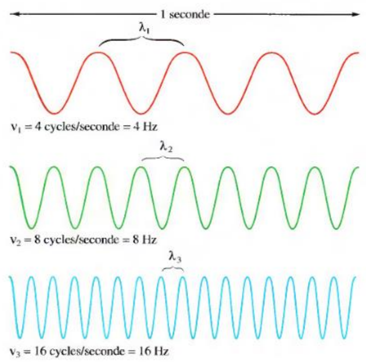
1- **الدور** T : هو الزمن اللازم لشعاع الإهتزاز الكهربائي أو المغناطيسي لكي يأخذ نفس الطول و نفس الإتجاه ويقاس بالثانية.

2- **طول الموجة** λ : هي المسافة التي تقطعها الموجة خلال الدورT ويقاس بالمتر.

3- **التواتر** ν : هو عدد الأمواج التي تمر من نقطة معينة في وحدة الزمن $\nu = \frac{C}{\lambda}$.

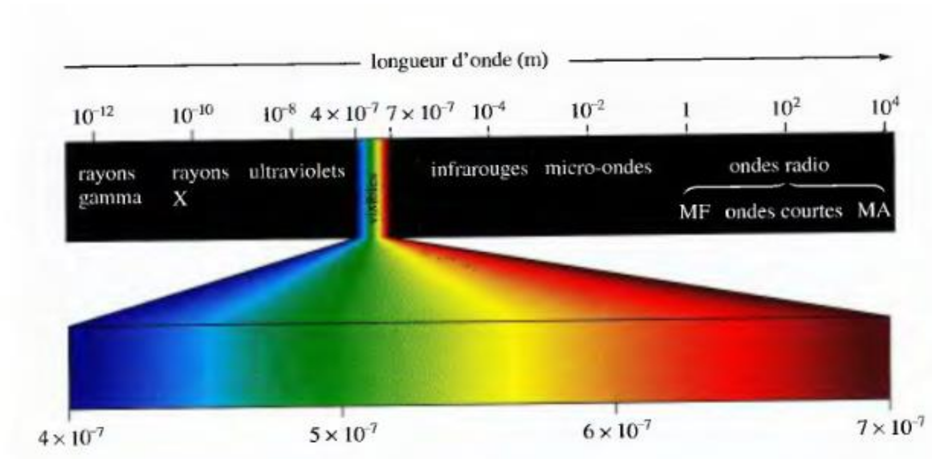
4- **العدد الموجي** $\bar{\nu}$: هو عدد الأمواج المقطوعة في خلال 1 متر.

رياضيا ، العدد الموجي هو مقلوب طول الموجة $\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda}$



2. الطيف الكهرومغناطيسي:

يتكون الطيف الكهرومغناطيسي من مختلف الاشعاعات الكهرومغناطيسية ابتداءا من الأشعة γ ذات طول الموجة القصير (تواتر عالي) و الناتجة عن تهافت مختلف العناصر المشعة الى غاية الأمواج ذات طول الموجة الكبير (تواتر صغير) و الصادرة عن خطوط النقل الكهربائي. الطيف الكهرومغناطيسي في أغلب مناطقه غير مرئي بالعين المجردة، لا ترى إلا منطقة صغيرة توجد وسط الطيف تدعى بالمنطقة المرئية.



3. نظرية الكم :

أثبت *Max Planck* (1900) أن الطاقة التي تحملها الموجة الضوئية هي مقادير محددة و غير مستمرة أي أنها تأخذ قيما محددة و مضاعفة لمقدار معين هو بحيث : $E = h.\nu$

و هي ما يمثل كم واحد بينما مجموع الكمات هو $E = n.h.\nu$

بحيث:

ν : تواتر الموجة الضوئية.

h : ثابت *Planck* بحيث: $h=6.63.10^{-34}\ J.s$

هذه النظرية هي عكس النظرية الكلاسيكية التي تدل على أن طاقة الإشعاع الضوئي هي طاقة مستمرة (تتغير بصورة مستمرة) في حين حسب النظرية الكمية فأن كل تغير للطاقة يتم بكمات معينة تقدر ب: $E = n.h.\nu$

(الطبيعة الموجبة للضوء المميزة بظواهر التداخل و الإنعكاس أو الإنكسار لا تسمح بتبادل منقطع للطاقة و بالتالي فشرح بعض الظواهر كالفعل الكهروضوئي هو أمر غير مفهوم).

في 1905 عمم *Einstein* نظرية الكم مبينا أن الإشعاع الضوئي يتألف من جسيمات متناهية في الصغر حاملة لطاقة E و تتحرك بسرعة C تدعى الفوتونات . طاقة هذه الفوتونات تساوي كم (*Quantum*) من طاقة بلانك $E = h.\nu$.

حسب *Einstein* فإن للضوء طبيعة موجبة و أخرى جسيمية ما سمح له بتفسير ظاهرة الفعل الكهروضوئي.

مثال :

1/ أحسب الطاقة بالجول لفوتون من الضوء تواتره $\nu = 2.89.10^{10} Hz$

$$E = h.\nu$$
$$= 6.63.10.^{-34} J.s \times 2.89.10^{10} s^{-1}$$
$$E = 19.16.10.^{-24} J$$

2/ أحسب الطاقة الموافقة بالكيلوجول ل 1 مول من فوتونات ضوء طول موجته $\lambda = 632.8nm$

$$E = N_A \,.\, h.\nu = N_A \,.h.\frac{C}{\lambda}$$

$$= 6.023.10^{23} \times 6.63 10.^{-34} J.s \times \frac{3.10^{8}\, m.s^{-1}}{632.8.10^{-9}\, m}$$

$$E = 1.89 10.^{5} J / mol$$

$$E = 189 KJ / mol$$

4. طيف الإصدار :

هو تحليل الضوء الصادر عن عنصر كيميائي مسخن في درجة حرارة عالية او مثار بواسطة شرارة كهربائية أو تفريغ كهربائي (في أنبوب مهبطي) .

ينتشر هذا الضوء و ينقسم إلى مركباته التي يملك كل منها طول موجة خاصة و مميزة. طيف الإصدار هو كل تسجيل للضوء الصادر عن هذا العضو و لكل عنصر كيميائي طيف اصدار خاص به بحيث يمكن تحديده عن غيره من العناصر من خلال تحديد أطوال الموجة لخطوط هذا الطيف و التواترات الموافقة لها.

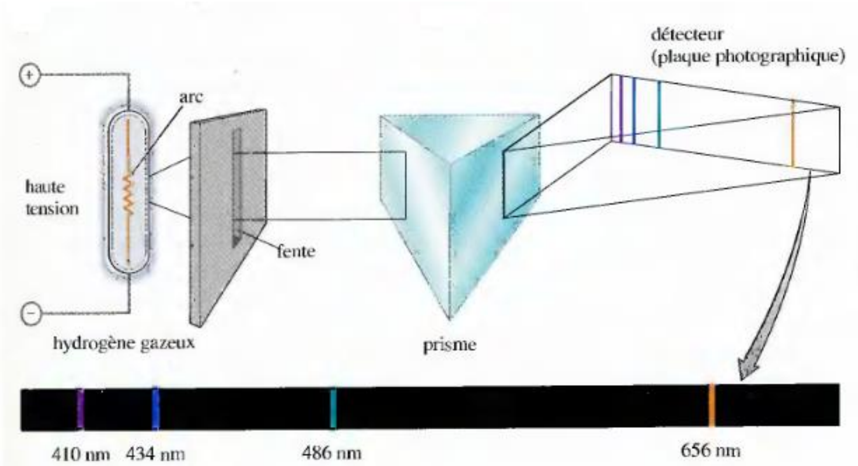
- طيف إصدار الهيدروجين:

{ مصباح الهيدروجين هو أنبوب مهبطي به هيدروجين ، عند ضغط منخفض إذا أرسلنا تفريغ كهربائي في الأنبوب فإن ذرات H تحرر طاقة على شكل ضوء (نتيجة إصطدامها مع الأشعة المهبطية تصبح مثارة أي أنها تملك طاقة) }

نضع على مسار هذا الضوء موشور فنحصل على طيف إصدار الهيدروجين و هو عبارة عن أربعة خطوط ملونة مفصولة بمناطق سوداء (أو مظلمة).

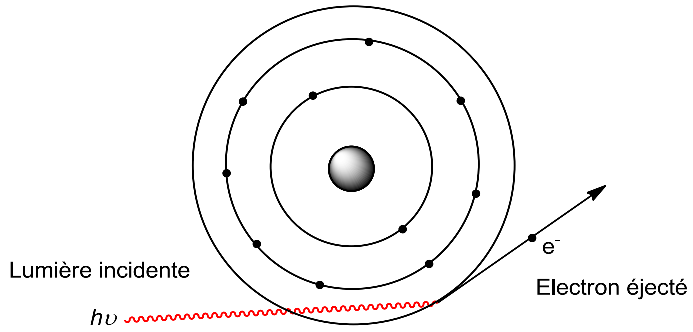
- كل خط يوافق إشعاع كهرومغناطيسي ذو طول موجة و تواتر مميز.

ملاحظة: بالنسبة **لطيف إصدار** الهيليوم فهو يقدم 6 خطوط في المنطقة المرئية.



4 – الفعل الكهروضوئي :

إصطدام شعاع ضوئي ببعض السطوح خاصة المعادن ينتج عنه إقتلاع الإلكترونات الموجودة ففي المعدن ن هذا ما يؤدي إلى إنتاج حزمة من الإلكترونات .



تم تفسير هذه الظاهرة من طرف كما يلي :

عند ضرب ذرات المعدن ، تقدم فوتونات الضوء طاقتها إلى هذه الذرات فتصبح إلكتروناتها مثارة ما يسهل من خروجها من سطح المعدن لكن لحدوث هذا يجب أن تكون طاقة الفوتونات أي طاقة الضوء الصادر E أكبر من قيمة دنيا تدعى طاقة العتبة E_0.

$$E > E_0$$

مع العلم أن:

$$\begin{cases} E = h.\nu \\ E_0 = h.\nu_0 \end{cases}$$

ν: تواتر الضوء الصادر.

ν_0: تواتر العتبة.

$$\Rightarrow h.\nu > h.\nu_0$$
$$\Rightarrow \nu > \nu_0$$

لدينا أيضا:

$$\begin{cases} \nu = \dfrac{C}{\lambda} \\ \nu_0 = \dfrac{C}{\lambda_0} \end{cases}$$

$$\Rightarrow h.\frac{C}{\lambda} > h.\frac{C}{\lambda_0}$$
$$\Rightarrow \lambda < \lambda_0$$

- إذن ، شرط حدوث الفعل الكهروضوئي هو أن يكون: $E > E_0$ أو $\nu > \nu_0$ أو $\lambda < \lambda_0$.

ـ إذا كانت طاقة الفوتونات أكبر من طاقة العتبة فإن الفائض من الطاقة يتحول إلى طاقة حركية للإلكترونات المقتلعة.

$$E \rangle E_0 \Rightarrow E = E_0 + E_c$$
$$\Rightarrow h.\nu = h\nu_0 + E_c$$
$$\Rightarrow E_c = \frac{1}{2} m_e.v^2 = h(\nu - \nu_0)$$
$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2h(\nu - \nu_0)}{m_e}}$$

v : هي سرعة الإلكترونات المقتلعة.

ملاحظة:

- لكل معدن تواتر عتبة ν_0 خاصة به.
- الطاقة الحركية للإلكترونات المنزوعة لا تتعلق بشدة الضوء الصادر.

5. نموذج Bohn الذري :

حسب قوانين الفيزياء الكلاسيكية التي يخضع لها نموذج *Thomson* الذري، الإلكترونات المشحونة سلبيا تكون ساكنة حيث أنها تكون محاطة بسحابة موجبة الشحنة. في حين نموذج *Rutherford* ، الإلكترونات تكون في حركة حول النواة ، لكن هذه الحركة يوافقها إرسال مستمر للضوء ، أي أن الإلكترونات ستفقد شيئا فشيئا طاقتها و تقترب إلى النواة إلى أن تنتهي بالسقوط عليها - بحركة حلزونية – ما يعني أن الذرات تكون غير مستقرة . إذن الفيزياء الكلاسيكية لا تسمح بفهم بنية الذرة و لا تفسير طيف إصدار العناصر الكيميائية و لا ظاهرة الفعل الضوئي . فقط النظرية الكمية نجحت في شرح هذه الظواهر بطريقة مُرضية .

1-5 النموذج المستوي لذرة الهيدروجين حسب Bohr :

استطاع بور أن يفسر بنية ذرة الهيدروجين و أيضا قدم شرحا لطيف إصدار H و هذا بالاعتماد على الأعمال السابقة ل *Planck* و *Einstein* . يقتصرهذا النموذج على دراسة الأنظمة ذات الإلكترون الواحد منها الهدروجين و أشباه الهدروجين $_{4}Be^{+3}, _{3}Li^{+2}, _{2}He^{+}$.

و يعتمد هذا النموذج على المسلمات التالية :

1- يرسم الإلكترون حول النواة مدارات دائرية مستقرة أي تملك طاقة محددة.

2- طاقة الإلكترون لا يمكن أن تأخذ إلا قيما ثابتة (مسموحة) متعلقة بكل مدار.

3- إذا انتقل من مدار إلى آخر ، فإنه يكسب أو يفقد طاقة بامتصاصه أو اصداره إشعاع كهرومغناطيسي (ضوئي) أو كم من الفوتونات .

4- لا يمكن للعزم الحركي أن يأخذ إلا قيما محددة: $m_e.v.r = \frac{nh}{2\pi}$

بحيث:

m_e : كتلة الالكترون.

v : سرعة الالكترون.

r : نصف قطر مدار ذرة بور.

h : ثابت بلانك.

n : عدد صحيح .... $n=1, 2, 3, 4,$

5-2 تحديد نصف قطر ذرة Bohr :

إن الإلكترون الوحيد في ذرة بور ذو الكتلة m_e يتحرك بسرعة v_n ويرسم مدارا مستقرا n نصف قطره r_n هذا الإلكترون يكون خاضعا لقوتين $\vec{F_e}$ و $\vec{F_c}$ المتساويتين والمتعاكستين في الاتجاه بحيث :

- $\vec{F_c}$: القوة الطاردة المركزية: $F_c = \frac{m_e . v_n^2}{r_n}$
- $\vec{F_e}$: قوى التجاذب الكهروستاتيكي أو القوة الكولومبية : $F_e = \frac{-KZe^2}{r_n^2}$

بحيث:

Z: الرقم الذري.

e: شحنة الالكترون: $|e| = 1.6.10^{-19} C$

K: ثابت قوى التجاذب الكهروستاتيكي: $K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9.10^9 \,[MKSA] = 1\,[CGS]$

حتى يبقى الالكترون في مداره المستقر يجب أن يكون:

$$F_e + F_c = 0$$
$$\Rightarrow \frac{KZe^2}{r_n^2} = \frac{m_e . v_n^2}{r_n}$$
$$\Rightarrow m_e . v_n^2 . r_n = KZe^2$$
$$\Rightarrow v_n^2 = \frac{KZe^2}{m_e . r_n} \cdots\cdots\cdots (1)$$

وحسب المسلمة الرابعة افترض بور أنه لا يمكن للعزم الحركي ان يأخذ إلا قيما محددة بحيث:

$$m_e.v_n.r_n = \frac{nh}{2\pi}$$
$$\Rightarrow v_n = \frac{nh}{2\pi.m_e.r_n}$$
$$\Rightarrow v_n^2 = \frac{n^2h^2}{4\pi^2.m_e^2.r_n^2}\cdots\cdots\cdots(2)$$

بمقارنة (1) و (2) نجد:

$$\frac{n^2h^2}{4\pi^2.m_e^2.r_n^2} = \frac{KZe^2}{m_e.r_n}$$
$$\Rightarrow \frac{n^2h^2}{4\pi^2.m_e.r_n} = KZe^2$$

ومنه:

$$\boxed{r_n = \frac{n^2}{Z}\frac{h^2}{4\pi^2Ke^2.m_e}}$$

نرمز ب: r_1 أو a_0 لنصف قطر المدار الأول لذرة الهيدروجين Z=1 في حالتها الأساسية $n=1$.

$$\boxed{r_1 = a_0 = \frac{h^2}{4\pi^2Ke^2.m_e}}$$

اذن يمكن وضع:

$$\boxed{r_n = \frac{n^2}{Z}a_0}$$

وهي العلاقة العامة لحساب نصف قطر ذرة الهيدروجين Z=1 وأشباه الهيدروجين $Z\neq1$.

حساب r_1 أو a_0 :

$$r_1 = \frac{h^2}{4\pi^2Ke^2.m_e}$$
$$r_1 = \frac{(6.63\times10^{-34}J.s)^2}{4.(3.14)^2.9\times10^9.(1.6\times10^{-19}C)^2.9.1\times10^{-31}Kg}$$
$$r_1 = 0.53\times10^{10}m$$
$$r_1 = a_0 = 0.53A^0$$

بالنسبة ل ذرة الهيدروجين Z=1 :

$$r_1 = a_0 = 0.53A^0$$
$$r_2 = \frac{2^2}{1}.0.53A^0 = 2.12A^0$$
$$r_3 = \frac{3^2}{1}.0.53A^0 = 4.71A^0$$
$$r_4 = \frac{4^2}{1}.0.53A^0 = 8.48A^0$$

مثال: بالنسبة لشبيه الهيدروجين ${}_3Li^{2+}$: Z=3 :

$$r_n({}_3Li^{2+}) = \frac{n^2}{Z}.a_0$$
$$r_1 = \frac{1^2}{3}.0.53A^0 = 0.17A^0$$
$$r_2 = \frac{1^2}{3}.0.53A^0 = 0.70A^0$$
$$r_3 = \frac{1^2}{3}.0.53A^0 = 1.59A^0$$

5.3. إيجاد سرعة الإلكترون في ذرة بور:

حسب المسلمة الرابعة افترض بور أنه لا يمكن للعزم الحركي ان يأخذ إلا قيما محددة بحيث:

$$m_e.v_n.r_n = \frac{nh}{2\pi}$$
$$\Rightarrow v_n = \frac{nh}{2\pi.m_e.r_n}$$

بالتعويض بعبارة نصف القطر r_n نجد:

$$v_n = \frac{nh}{2\pi.m_e} \times \frac{4\pi^2.ZKe^2.m_e}{n^2h^2}$$
$$\boxed{v_n = \frac{Z}{n}\frac{2\pi K.e^2}{h}}$$

نرمز ب: v_1 لسرعة الالكترون في المدار الأول لذرة الهيدروجين Z=1 في حالتها الأساسية $n=1$.

$$\boxed{v_1 = \frac{2\pi K.e^2}{h}}$$

اذن يمكن وضع:

$$\boxed{v_n = \frac{Z}{n}v_1}$$

وهي العلاقة العامة لحساب سرعة الالكترون في ذرة الهيدروجين Z=1 وأشباه الهيدروجين Z≠1 .

حساب v_1 :

$$v_1 = \frac{2\pi K.e^2}{h}$$
$$v_1 = \frac{2.(3.14)\times 9\times 10^{9}.(1.6\times 10^{-19}C)^2}{6.63\times 10^{-34}J.s}$$
$$v_1 = 2.18\times 10^{6}m.s^{-1}$$

بالنسبة لذرة الهيدروجين Z=1 :

لدينا: $v_n = \frac{Z}{n}v_1$

$$v_1 = 2.18.10^{6}m/s$$
$$v_2 = \frac{1}{2}.2.18.10^{6}m/s = 1.092.10^{6}m/s$$
$$v_3 = \frac{1}{3}.2.18.10^{6}m/s = 0.728.10^{6}m/s$$
$$v_4 = \frac{1}{4}.2.18.10^{6}m/s = 0.545.10^{6}m/s$$

وهي العلاقة العامة لحساب سرعة إلكترون ذرة الهيدروجين Z=1 وأشباه الهيدروجين Z≠1 .

مثال: بالنسبة لشبيه الهيدروجين $_2He^+$: Z=2 :

لدينا: $v_n = \frac{Z}{n}v_1$

$$v_1(He^+) = \frac{2}{1}.2.18.10^{6}m/s = 4.36.10^{6}m/s$$
$$v_2(He^+) = \frac{2}{2}.2.18.10^{6}m/s = 2.18.10^{6}m/s$$
$$v_3(He^+) = \frac{2}{3}.2.18.10^{6}m/s = 1.453.10^{6}m/s$$
$$v_4(He^+) = \frac{2}{4}.2.18.10^{6}m/s = 1.09.10^{6}m/s$$

5.4. إيجاد طاقة الإلكترون في ذرة بور:

الطاقة الكلية للإلكترون هي مجموع الطاقة الحركية E_c والطاقة الكامنة E_p.

أي: $E_T = E_p + E_c$

أ. إيجاد عبارة الطاقة الحركية: وجدنا سابقا حسب العلاقة (1):

$$v_n^2 = \frac{KZe^2}{m_e.r_n}$$
$$\Rightarrow m_e v_n^2 = \frac{KZe^2}{r_n}$$
$$\Rightarrow \frac{1}{2} m_e v_n^2 = \frac{KZe^2}{2r_n}$$
$$\Rightarrow E_c = \frac{KZe^2}{2r_n}$$

ب. إيجاد عبارة الطاقة الكامنة: الطاقة الكامنة هي العمل اللازم لجلب الالكترون من ما لانهاية ∞ الى r (نصف قطر الذرة).

$$E_P = -\int_{\infty}^{r} F_e dr$$
$$= -\int_{\infty}^{r} \frac{-KZe^2}{r^2} dr$$
$$= KZe^2 \int_{\infty}^{r} \frac{dr}{r^2}$$
$$= KZe^2 \left[-\frac{1}{r} \right]_{\infty}^{r}$$
$$= KZe^2 \left[\left(-\frac{1}{r} \right) - \left(-\frac{1}{\infty} \right) \right]$$
$$E_p = \frac{-KZe^2}{r}$$

اذن: $\boxed{E_p = \frac{-KZe^2}{r_n}}$

$$\Rightarrow E_T = E_C + E_P = \frac{KZe^2}{2r_n} - \frac{KZe^2}{r_n} = \frac{-KZe^2}{2r}$$

بالتعويض بعبارة نصف القطر r_n نجد:

$$E_n = -\frac{KZe^2}{2} \times \frac{4\pi^2.ZKe^2.m_e}{n^2 h^2}$$

$$\boxed{E_n = -\frac{Z^2}{n^2}\cdot\frac{2\pi^2K^2e^4m_e}{h^2}}$$

نرمز ب: E_1 لطاقة الالكترون في المدار الأول لذرة الهيدروجين Z=1 في حالتها الأساسية $n=1$.

$$E_1 = -\frac{2\pi^2K^2e^4m_e}{h^2}$$

اذن يمكن وضع:

$$\boxed{E_n = \frac{Z^2}{n^2}E_1}$$

وهي العلاقة العامة لحساب لطاقة الالكترون في ذرة الهيدروجين Z=1 وأشباه الهيدروجين $Z\neq1$.

حساب E_1:

$$E_1 = -\frac{2\pi^2K^2e^4m_e}{h^2}$$

$$E_1 = -\frac{2.(3.14)^2.(9\times10^9)^2.(1.6\times10^{-19}C)^4.9.1\times10^{-31}Kg}{(6.63\times10^{-34}J.s)^2}$$

$$E_1 = -21.8\times10^{-19}m$$

$$E_1 = -13.6eV$$

بالنسبة لذرة الهيدروجين Z=1 :

$$E_1 = -13.6eV$$

$$E_2 = \frac{1^2}{2^2}.-13.6eV = -3.4eV$$

$$E_3 = \frac{1^2}{3^2}.-13.6eV = -1.54eV$$

$$E_4 = \frac{1^2}{4^2}.-13.6eV = -0.85eV$$

$$E_\infty = 0$$

مثال: بالنسبة لشبيه الهيدروجين $_2He^+$: Z=2 :

لدينا: $E_n = \frac{Z^2}{n^2}E_1$

$$E_1(He^+) = \frac{2^2}{1^2}(-13.6eV) = -54.4eV$$

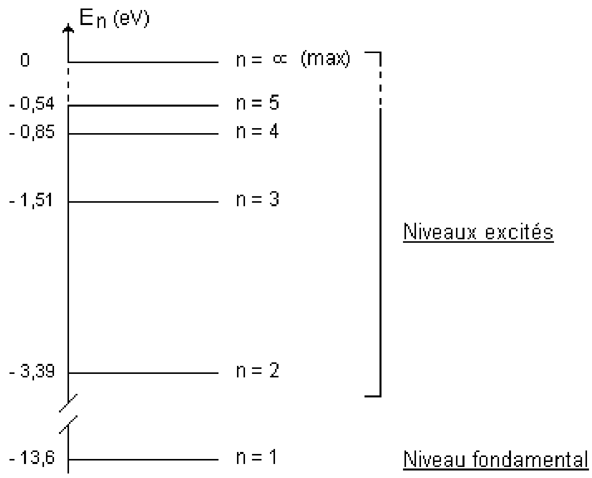
$$E_2(He^+) = \frac{2^2}{2^2}(-13.6eV) = -13.6eV$$

$$E_3(He^+) = \frac{2^2}{3^2}(-13.6eV) = -6.04eV$$

$$E_4(He^+) = \frac{2^2}{4^2}(-13.6eV) = -3.4eV$$

$$E_\infty(He^+) = 0$$

وعلى هذا اللأساس يمكن تمثيل المخطط الطاقوي لطيف إمتصاص ذرة الهيدروجين كما يلي:



5. تفسير طيف إصدار H حسب نظرية بور:

عند انتقال الالكترون من مدار n_1 ذو طاقة E_{n1} الى مدار n_2 ذو الطاقة E_{n2} فإن التغير في الطاقة يكون:

$$\Delta E = E_{n2} - E_{n1} = \left(-\frac{Z^2}{n_2^2}\cdot\frac{2\pi^2K^2e^4m_e}{h^2}\right) - \left(-\frac{Z^2}{n_1^2}\cdot\frac{2\pi^2K^2e^4m_e}{h^2}\right)$$

$$\Delta E = -\frac{2\pi^2K^2e^4m_e.Z^2}{h^2}\left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2}\right)$$

$$\Delta E = \frac{2\pi^2K^2e^4m_e.Z^2}{h^2}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

لكن الطاقة المكتسبة أو المفقودة تكون على شكل امتصاص أو ارسال اشعاع ضوئي تواتره ν.

$$\Delta E = h.\nu = h.\frac{C}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \Delta E = h.\frac{C}{\lambda} = \frac{2\pi^2 K^2 e^4 m_e.Z^2}{h^2}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{2\pi^2 K^2 e^4 m_e.Z^2}{Ch^3}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

نضع:

$$\boxed{R_H = \frac{2\pi^2 K^2 e^4 m_e}{Ch^3}}$$

R_H : ثابت ريدبارغ الخاص بالهيدروجين.

حساب ثابت ريدبارغ:

$$R_H = \frac{2\pi^2 K^2 e^4 m_e}{Ch^3}$$

$$R_H = \frac{2.(3.14).2.(9.10^9)^2.(1.6.10^{-19})^4.9.1.10^{-31}Kg}{3.10^8 m/s.(6.63.10^{-34} J.s)^3}$$

$$R_H = 1.097373.10^7 m^{-1}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \bar{\nu} = Z^2.R_H\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

بحيث: $n_2 \rangle n_1$

وهي علاقة بالمر.

ملاحظة:

في علاقة *Balmer*:

$$\frac{1}{\lambda} = \bar{\nu} = Z^2.R_H\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

نأخذ دائما $n_2 \rangle n_1$ سواء كان ذلك في حالة الإمتصاص أو الإصدار ، لأن طول الموجة الممتصة أو الصادرة لا يمكن أن يكون إلا موجبا.

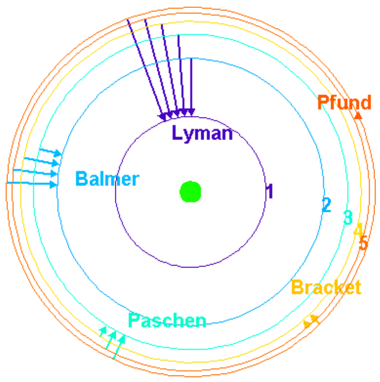
6. السلاسل الطيفية لذرة الهيدروجين :

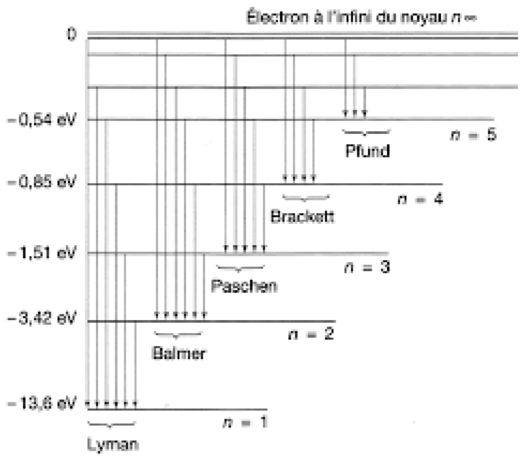
نجح نموذج *Bohr* في تفسير طيف اصدار الهيدروجين المدروس سابقا (المنطقة المرئية) و الذي يظهر على شكل عدة سلاسل من الخطوط عند اثارة ذرة الهيدروجين.

ينتقل فيها الالكترون في ذرة الهيدروجين من مستوى طاقي إلى مستوى طاقي آخر ، و هذا بإرساله إشعاع ضوئي (فوتون) يملك طاقة محددة . مجموع هذه الفوتونات التي تملك نفس الطاقة تشكل خط طيفي و مجموع هذه الخطوط الموافق لمختلف الانتقالات الممكنة تشكل طيف الإصدار الملاحظ سابقا .

يتكون طيف إصدار الهيدروجين من عدة سلاسل خطية . السلاسل الخطية الأكثر شيوعا توجد في المنطقة الفوق بنفسجية المرئية و المنطقة تحت الحمراء .

- **سلسلة *Lyman*** : سلسلة الخطوط الموافقة لانتقال الالكترون إلى المستوى الطاقي n = 1 (الحالة الأساسية) هي سلسلة *Lyman* و تنتمي إلى المجال فوق البنفسجي .
- **سلسلة *Balmer*** : وتوافق انتقال الالكترون إلى المستوى الطاقي n = 2 أربعة خطوط من السلسلة الطيفية *Balmer* تنتمي إلى المجال المرئي أما الخطوط الأخرى فتنتمي إلى المنطقة الفوق بنفسجية .
- **في سلسلة *Paschen*** التي تنتمي إلى المجال التحت حمراء فتوافق إنتقال الإلكترون إلى المستوى الطاقي الأدنى n = 3
- في **سلسلة *Brackett*** التي تنتمي إلى المجال التحت حمراء فتوافق إنتقال الإلكترون إلى المستوى الطاقي الأدنى n = 4
- في **سلسلة *Pfound*** التي تنتمي إلى المجال التحت حمراء فتوافق إنتقال الإلكترون إلى المستوى الطاقي الأدنى n = 5





7. الخطوط الحدية :

- الخط الأولي : و يوافق انتقال الالكترون من مدار $n_2=n_1+1$ ذو الى مدار n_1 ويوافق فرق في الطاقة أصغر أي طول موجة أعظمي λ_{max} . العدد الموجي لهذا الانتقال هو:

$$\frac{1}{\lambda}=\bar{\nu}=Z^2.R_H\left(\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2}\right)$$

بالنسبة لذرة الهيدروجين Z=1 :

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_{max}} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{(n+1)^2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_{max}} = R_H \left(\frac{(n_1+1)^2 - n_1^2}{n_1^2(n_1+1)^2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_{max}} = R_H \left(\frac{2n_1+1}{n_1^2(n_1+1)^2} \right)$$

$$\boxed{\Rightarrow \lambda_{max} = \frac{n_1^2(n_1+1)^2}{R_H(2n_1+1)}}$$

• الخط الحدي : و يوافق انتقال الالكترون من المدار $\infty \rightarrow n_2$ ذو الى المدار n_1 ويوافق فرق في الطاقة أكبر أي طول موجة أصغري λ_{min} . العدد الموجي لهذا الانتقال يكون:

لدينا :

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_{min}} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{\infty} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_{max}} = \frac{R_H}{n_1^2}$$

$$\boxed{\Rightarrow \lambda_{max} = \frac{n_1^2}{R_H}}$$

نتيجة:

السلسلة	n_1	n_2	λ_{min}	λ_{max}	المجال
Lyman	1	2, 3, 4, …, ∞	91.1	121.5	U.V
Balmer	2	3, 4, 5, …, ∞	364.7	656.2	UV-Visible
Paschen	3	4, 5, 6, …, ∞	820.5	1875.1	I.R
Brackett	4	5, 6, 7, …, ∞			I.R
Pfound	5	6, 7, 8, …, ∞			I.R

8. الانتقالات الإلكترونية :

الامتصاص:عندما يمتص الإلكترون كم من الطاقة سيبتعد عن النواة أي أنه ينتقل من مستوى طاقي أدنى إلى مستوى طاقي أعلى بحيث تكون هذه الطاقة موجبة . نسمي هذا الانتقال بالامتصاص.

الإصدار: و هو عند انتقال الإلكترون من مستوى طاقي أعلى إلى مستوى طاقي أدنى أي أن الالكترون يفقد طاقة على شكل إشعاع ضوئي (فوتون) ليقترب إلى النواة. بحيث تكون هذه الطاقة سالبة. نسمي هذا الإنتقال بالإصدار.

ملاحظة :

- نرمز للمستوى الطاقي الموافق للمدار n بأحرف لاتينية كما يلي:

n=1 K
n=2 L
n=3 M
n=4 N

- نرمز لانتقال الإلكترون من المستوى الطاقي n_1 إلى $n_2=n_1+1$ بـ: α
نرمز لانتقال الإلكترون من المستوى الطاقي n_1 إلى $n_2=n_1+2$ بـ: β
نرمز لانتقال الإلكترون من المستوى الطاقي n_1 إلى $n_2=n_1+3$ بـ: γ

مثلا:

الخط M_β و يوافق الانتقال: من $n_1=3$ إلى $n_2=5$.

الخط Kα و يوافق الانتقال: من $n_1=1$ إلى $n_2=2$.

9. الحالة الأساسية و الحالة المثارة :

يكون الالكترون في ذرة الهيدروجين عموما في أدنى مستوى طاقي (الموافق للمدارالأقرب للنواة) في هذه الحالة نقول أن الذرة توجد في الحالة الأساسية (غالبا n = 1 : المدار الأول) . لكن بفعل التفريغ الكهربائي أو التسخين ينتقل الالكترون إلى مستوى طاقي أعلى . نقول إذن أن الذرة توجد في حالة مثارة ، هذه الذرة ترسل طاقة على شكل فوتونات ليعود ال إلى مستوى أقل طاقة أي إلى الحالة الاساسية (الحالة المثارة الأولى n =2 ، الحالة المثارة الثانية n = 3 ... إلخ)

10. أشباه الهيدروجين :

هي أيونات بعض الذرات ، تملك إلكترونا واحدا فقط و هذا بعد فقدها باقي الإلكترونات . مثلا: $_2He^+$, $_3Li^{2+}$, $_4Be^{3+}$, …

حسب المعادلات التالية :

$$_2He \longrightarrow {_2He^+} \quad +1e^-$$

$$_3Li \longrightarrow {_3Li^{2+}} \quad +2e^-$$

$$_4Be \longrightarrow {_3Be^{3+}} \quad +3e^-$$

بما أن هذه الأيونات تملك واحد فيمكن أن نطبق عليها نظرية بور للإلكترون الوحيد في ذرة الهيدروجين و بنفس الطريقة السابقة يمكن حساب نصف قطر الذرة ن سرعة الإلكترون و طاقته.

الرقم الذري يختلف عن حالة الهيدروجين.

$$\boxed{r_n = \frac{n^2}{Z}\frac{h^2}{4\pi^2 Ke^2.m_e}} \qquad \boxed{r_n = \frac{n^2}{Z}a_0}$$

$$\boxed{v_n = \frac{Z}{n}\frac{2\pi K.e^2}{h}} \qquad \boxed{v_n = \frac{Z}{n}v_1}$$

$$\boxed{E_n = -\frac{Z^2}{n^2} . \frac{2\pi^2 K^2 e^4 m_e}{h^2}} \qquad \boxed{E_n = \frac{Z^2}{n^2} E_1}$$