جامعة الإخوة منتوري قسنطينة 1
كلية العلوم الدقيقة
هيكل علوم المادة

محاضرات مادة الكيمياء 1

الجزء الثاني

النماذج الذرية: نموذج بور

للأستاذ كمال مجروبي

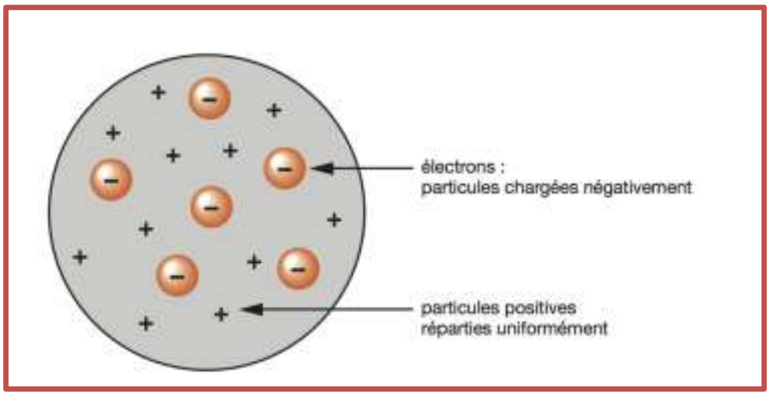
2020 - 2021

III - النماذج الذرية

1. نموذج Thomson

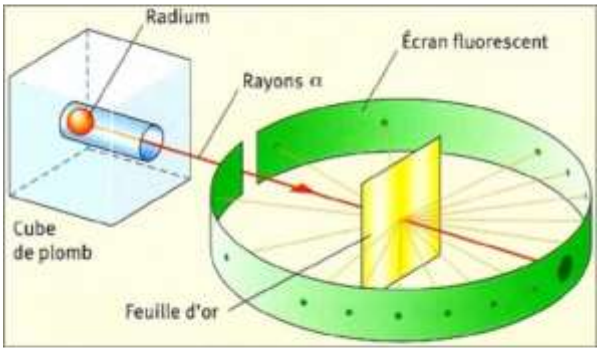
شبه Thomson الذرة كحبة البرتقال لبها متراص يمثل كتلة الذرة التي تشغل كل حجم الذرة و على السطح تسبح الإلكترونات.

Joseph John Thomson
1856 - 1940



2. نموذج Rutherford

Ernest Rutherford
1871 - 1937



- تخترق حزمة من دقائق α ورقة الذهب دون أي انحراف (تحتفظ النقطة بنفس الشدة مع أو بدون ورقة الذهب)
- ينحرف قسم صغير جدا من دقائق α ويصطدم في نقاط مختلفة من المصباح. يفترض Rutherford أن كتلة الذرة توجد متمركزة في حجم كرة نصف قطرها صغير جدا بالنسبة لنصف قطرة الذرة، تسمى النواة الذرية.

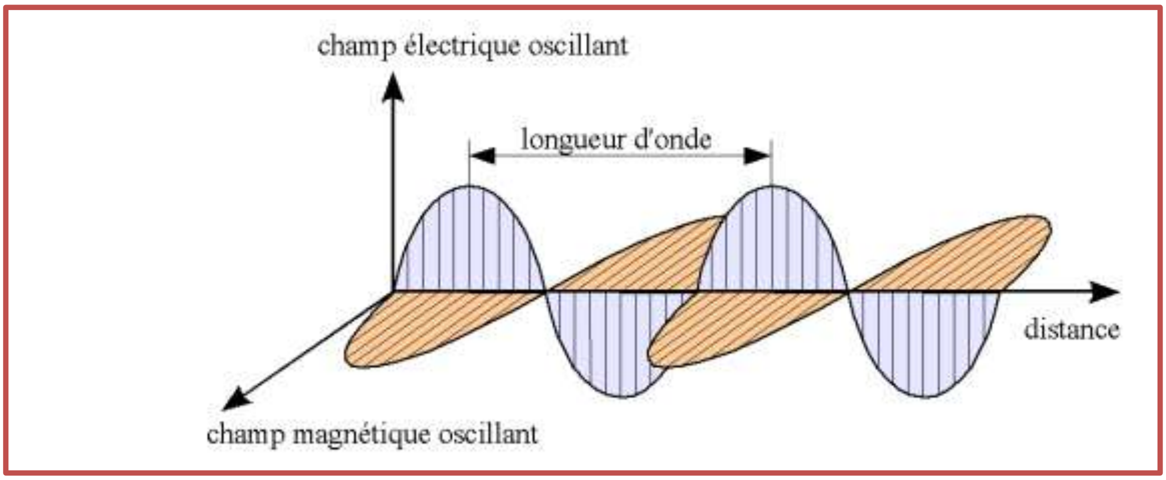
الذرة إذن تكاد ان تكون فارغة. تحمل النواة شحنة موجبة وحول النواة تدور الإلكترونات، تحمل شحنةسالبة .

3- نموذج بور: مدخل عام

1- الطبيعة الازدواجية للضوء.

1-1- الطبيعة الموجية.

تنسب الموجات الضوئية إلى الموجات الكهرومغناطيسية التي توافق تغلغل حقل كهربائي وحقل مغناطيسي متعامدين فيما بينهما ومتعامدين على اتجاه التغلغل. هذان الحقلان هما دالتان دوريتان للزمن (دورة زمنية T) ولإحداثية الفضاء (دورة فضائية λ : طول الموجة) تتغلغل الموجة في الفراغ بسرعة الضوء والتي نميزها بتواتر $\upsilon = \frac{1}{T}$ أو بطول موجة في الفراغ $\lambda = cT = \frac{c}{\upsilon}$



2-1- الطبيعة الجسيمية

اقترح بلانك سنة 1900 وبعده أينشتاين سنة 1905 نظرية الكم (quanta) :

الطاقة المنقولة بواسطة إشعاع ذو تواتر ν مكممة.

الفوتون يكافأ حبة طاقة مضيئة وهي دقيقة كتلتها عند السكون معدومة وتتغلغل بسرعة الضوء ولها كم طاقي (quantum) $E = h\upsilon$

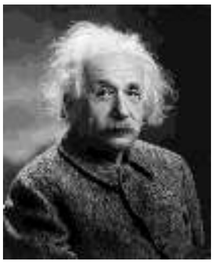
حيث h هو ثابت بلانك والذي مقداره $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s .

التبادل الطاقوي بين المادة والإشعاع يتم بالكم $n(h\upsilon)$ حيث $n \in N^*$.

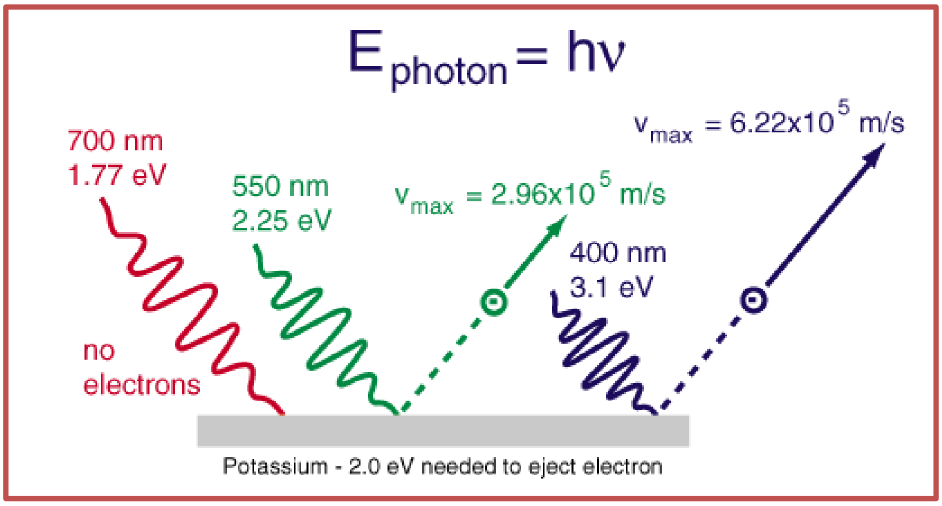
Max Planck
1858 - 1947

افترض أينشتاين أن الفوتونات حينما تصطدم بالإلكترونات الخارجية لسطح المعدن تكسبها طاقة تسمح لها بالانفلات حسب العلاقة:

$$h\upsilon = h\upsilon_0 + \frac{1}{2}mv^2$$



Albert Einstein
1879 - 1955



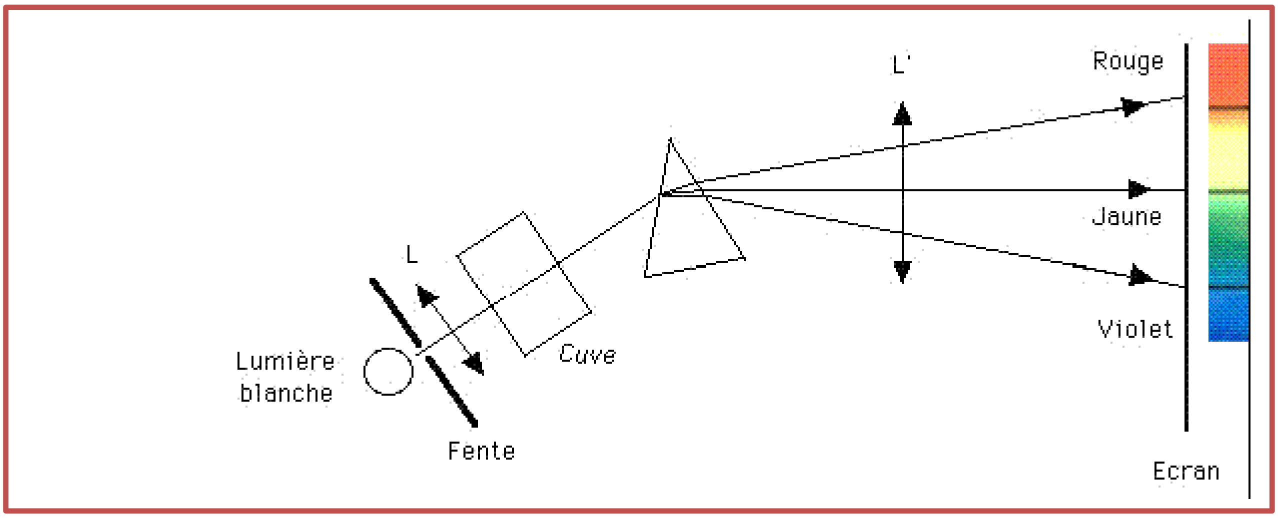
$h\nu_0$ يسمى طاقة العتبة و ν_0 تواتر العتبة وهناك ثلاث حالات:

- $\nu < \nu_0$ ليس هناك فعل كهروضوئي والإلكترون لا يغادر المعدن.
- $\nu = \nu_0$ التواتر اللازم لنزع الإلكترون من على سطح المعدن.
- $\nu > \nu_0$ يمتص الإلكترون الفرق في الطاقة ويحولها إلى طاقة حركية.

2- الأنواع المختلفة للطيف.

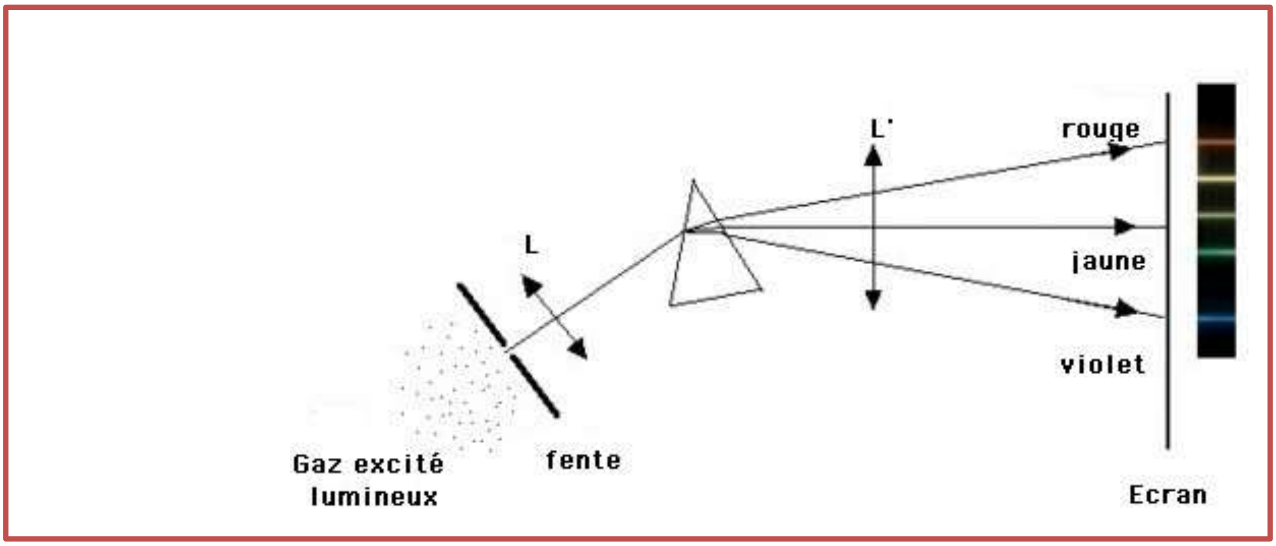
2-1- طيف مستمر

فحص طيف الضوء (تراكب مختلف الإشعاعات أحادية اللون) يتمثل في تفكيك الضوء بواسطة موشور (prisme) إلى مختلف هذه الإشعاعات الأحادية اللون ويسمح بمشاهدة كل المجال المرئي (تفكك الضوء الأبيض إلى تغير متواصل للون)



2-2 طيف غير مستمر.

هناك منابع أخرى تصدر طيفا غير متواصل (مصباح لبخار الصوديوم، الأطياف الذرية).



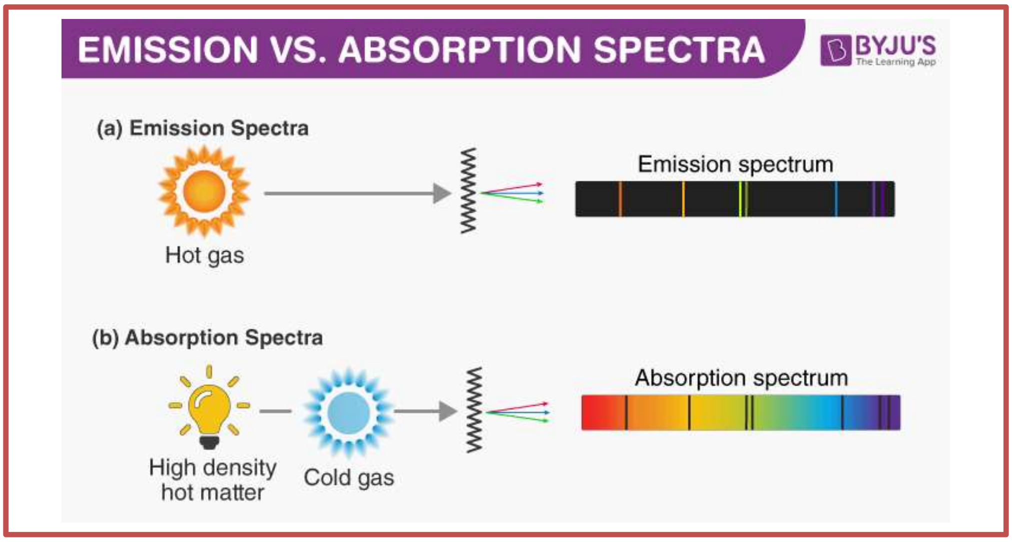
3- الأطياف الذرية لذرة الهيدروجين.

3-1- طيف الامتصاص : *spectre d'absorption*

تكون الذرة في حالتها الأساسية فتمتص طاقة، فتصبح في حالة مثارة، فنتحصل على طيف غير متواصل للخطوط.

3-2- طيف الإصدار : *spectre d'émission*

تكون الذرة في حالة مثارة، فترجع إلى حالتها الأساسية، فنتحصل على طيف غير متواصل للخطوط. يمكن الحصول على طيف الإصدار بتفريغ كهربائي في أنبوب Geiger يحوي على الهيدروجين تحت ضغط منخفض.



ملاحظة : أطول الموجات لخطوط الطيف (ملونة في طيف الاصدار وسوداء في طيف الامتصاص لذرة الهيدروجين) تحسب بعلاقة *Balmer – Rydberg – Ritz*

Johannes Rydberg
1854 - 1919

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left| \frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right| \quad ❶$$

حيث: $R_H = 1,097.10^7\ m^{-1}$ يدعى ثابت *Rydberg*

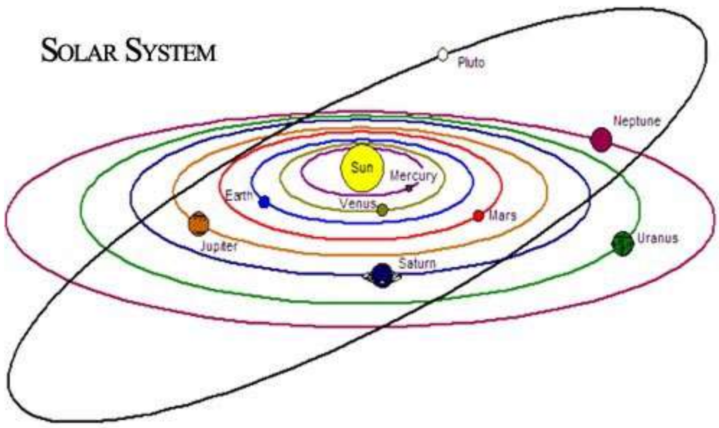
4- النموذج الفلكي لبور.

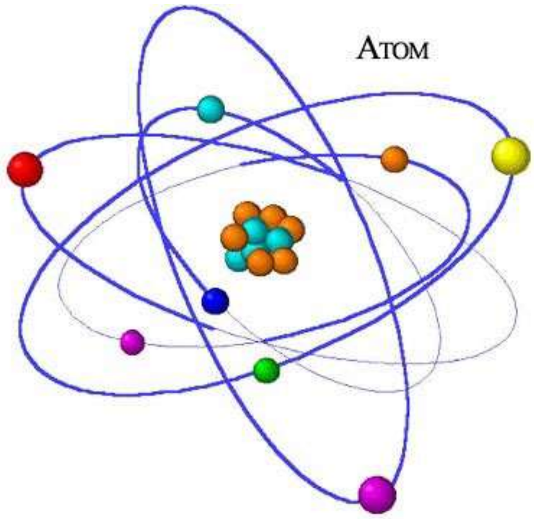
Niels Bohr
1885 - 1962

انطلاقا من ذرة Rutherford قارن Bohr حركة الإلكترون حول النواة (حالة ذرة الهيدروجين وأشباهه) الخاضع لقوة جذب كولومبية إلى حركة الأرض حول الشمس خضعة لقوة جذب نيوتنية من نفس النوع.

- أشباه ذرة الهيدروجين (الهيدروجنويد) :
- بناء أحادي الذرة يحتوي على إلكترون واحد $^{A}_{Z}X^{(Z-1)+}$

مثل: $^{4}_{2}He^{+};\ ^{6}_{3}Li^{2+};\ ^{9}_{4}Be^{3+}$





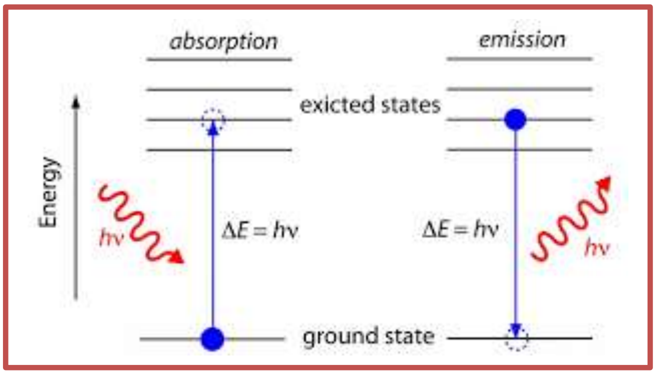
1-4 فضيات بور.

- اعتبر مسار الإلكترون دائري ثابت حول النواة. ①
- يتحرك الإلكترون حول النواة على مدارات معينة موافقة لقيم محددة لطاقة الإلكترون (الطاقة مكممة). لكل إلكترون مستويات طاقية مسموحة. ②
- الطاقة الكلية $E_T = E_C + E_p$ ثابتة. لا يمتص الإلكترون ولا يصدر إشعاعا لما يكون في مداراته المعينة، عندما ينتقل الإلكترون من مستوى طاقوي إلى مستوى طاقوي آخر فإن هناك امتصاص أو إصدار لإشعاع ذو تواتر υ . ③

حيث:
$$\Delta E = E_2 - E_1 = h\upsilon$$

- العزم الحركي المداري مكمم. ④

$$L = mvr = n\frac{h}{2\pi}$$



امتصاص : absorption   اصدار : émission

يستغل بور ابحاث بلانك – اينشتاين و النتائج التجريبية لطيفي الامتصاص والاصدار لذرة الهيدروجين اضافة الى فرضياته المذكورة اعلاه ليبني نظريته حول الأنظمة الذرية التي تتكون من الكترون واحد. بالنسبة لبور الالكترون يدور على مدارات دائرية مسموحة(مكممة) فقط (المدارات الدائرية الممكنة الاخرى لا يمكن ان يتواجد الالكترون عليها)، كل مدار مسموح يوافق مستوي طاقوي مسموح (مكمم)، رغم ان هذا الطرح يتناقض تماما مع نظرية ماكسويل في الكترون - ديناميك (كل دقيقة تتحرك حول مركز تشع باستمرار موجات كهرومغناطيسية و عليه طاقتها الكلية تتناقص مع الزمن) ومنه فان الطاقة الكلية للإلكترون لن تكون ثابتة و مساره لن يبقى مستقرا و دائريا (يصير حلزونيا)، وبالتالي سيسقط الالكترون على النواة. يتجاوز بور هذه الاشكالية بالاعتماد على الفرضية ③. سيحاول بور ان يجد العلاقات الرياضية التي ستسمح له بإيجاد : نصف قطر هذه المسارات الدائرية، سرعة الالكترون حول هذه الأفلاك، طاقة المستويات الطاقوية، و اخيرا قيم اطوال موجات او تونرات الخطوط الطيفية لذرة الهيدروجين.

2-4 دراسة نموذج بور.

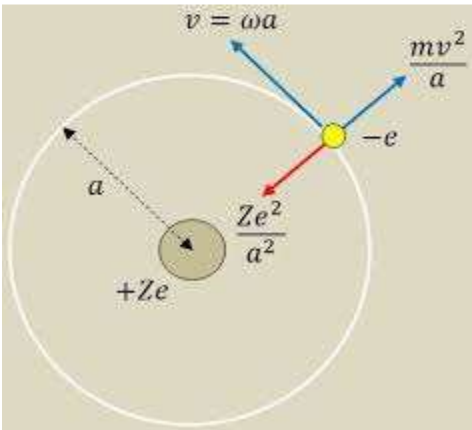
❖ حساب الطاقة الكلية للإلكترون:

نعتبر الالكترون (e-) في حركة دائرية منتظمة حول نواة الذرة (Ze+)، نفرض ان النواة ثابتة. الطاقة الكلية هي مجموع الطاقة الحركية و الطاقة الكامنة $E = E_C + E_P$ ، حيث :

$$E_C = \frac{1}{2}mv^2 \quad ; \quad E_P = -\frac{KZe^2}{r} \quad ; \quad K = 9.10^9 \ SI$$

$$E = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{KZe^2}{r} \qquad ①$$

يكون الالكترون خلال حركته في توازن على مداره المستقر، هناك اذن مساواة بين القوة المركزية المرتبطة بالتسارع النظامي والقوة الكولومبية.



$$F = \frac{mv^2}{r} = \frac{KZe^2}{r^2} \Rightarrow mv^2 = \frac{KZe^2}{r} \qquad ②$$

نعوض العلاقة ② في العلاقة ①

$$E = -\frac{1}{2}mv^2 = -\frac{1}{2}\frac{KZe^2}{r}$$

ملاحظة :

- E < 0 هو شرط تكوين نظام (الكترون – نواة) مرتبط. وكذلك شرط للحصول على مسار مغلق
- E هي دالة مستمرة للمتغير r

العزم الحركي الزاوي $L = mvr$

$$E = -\frac{1}{2}mv^2 = -\frac{1}{2}\frac{L^2}{mr^2} \qquad ③$$

$$E = -\frac{1}{2}\frac{KZe^2}{r} \Rightarrow r = -\frac{1}{2}\frac{KZe^2}{E} \qquad ④$$

نعوض ④ في ③

$$E = -\frac{2L^2E^2}{me^4K^2Z^2}$$

$$E = -Z^2 \times \frac{me^4K^2}{2L^2} \quad ⑤$$

ملاحظة :

ابعاد ثابت بلانك J.s $h = 6,62.10^{-34}$ هي ابعاد العمل او الفعل والذي نرمز له بالحرف A هي (طاقة x الزمن). العمل هو جداء (الكتلة x السرعة x المسافة) $(m.v.d)$. (الكتلة x السرعة) تدعى كمية الحركة. المسافة التي يقطعها الالكترون حول النواة هي طول الدائرة اي محيطها $2\pi r$.

$$A = mv \times 2\pi r = L \times 2\pi$$

بالنسبة لبور هذا الفعل لا يمكن ان يأخذ الا قيما مضاعفة غير منعدمة لثابت بلانك:

$$A = L \times 2\pi = nh$$

$$L = n\frac{h}{2\pi} \quad ⑥$$

نعوض ⑥ في ⑤

$$\boxed{E_n = -\frac{Z^2}{n^2} \times \frac{2\pi^2me^4K^2}{h^2} \quad ⑦}$$

في هذه العلاقة: المتغيران هما الرقم الذري Z و العدد الكمي n، حيث: $n = 1, 2 \dots \dots \dots \infty$

نقوم بحساب قيمة الكسر الذي يحوي الثوابت :

$$\frac{2\pi^2me^4K^2}{h^2} = \frac{2 \times (3,14)^2 \times 9,1094.10^{-31} \times (1,602.10^{-19})^4 \times (9.10^9)^2}{(6,62.10^{-34})^2}$$

$$\frac{2\pi^2me^4K^2}{h^2} = 2,18.10^{-18}\ \mathrm{J}$$

نضرا لصغر رتبة هذا العدد نستعمل وحدة ev عوض J

$$\frac{1ev}{x} = \frac{1,6.10^{-19}\ \mathrm{J}}{2,18.10^{-18}} \Rightarrow x = \frac{2,18.10^{-18}}{1,6.10^{-19}} = 13,6\ ev$$

وعلية العلاقة ⑦ تصير :

$$\boxed{E_n = -13,6 \times \frac{Z^2}{n^2}\ (ev)}$$

❖ حساب نصف قطر المسارات الدائرية:

$$r = -\frac{1}{2}\frac{KZe^2}{E} \quad ④$$

نعوض قيمة E في العلاقة ⑦ في العلاقة ④

$$r_n = -\frac{1}{2}\frac{KZe^2}{E_n} = -\frac{1}{2} \times KZe^2 \times \left(-\frac{n^2h^2}{Z^2 \times 2\pi^2 me^4 K^2}\right)$$

$$\boxed{r_n = \frac{n^2}{Z} \times \frac{h^2}{4\pi^2 me^2 K} \quad ⑧}$$

في هذه العلاقة: المتغيران هما الرقم الذري Z و العدد الكمي n. نقوم بحساب قيمة الكسر الذي يحوي الثوابت :

$$\frac{h^2}{4\pi^2 me^2 K} = \frac{(6,62.10^{-34})^2}{4(3,14)^2 \times 9,1094.10^{-31} \times (1,602.10^{-19})^2 \times 9.10^9}$$

$$\frac{h^2}{4\pi^2 me^2 K} = 0,53.10^{-10}\, m = 0,53\, \text{Å}$$

$$\boxed{r_n = 0,53 \times \frac{n^2}{Z} (\text{Å})}$$

❖ حساب سرعة الالكترون حول المسارات الدائرية:

لدينا العلاقة :

$$mv_n r_n = n\frac{h}{2\pi}$$

$$v_n = n \times \frac{h}{2\pi m r_n}$$

نعوض قيمة r_n في العلاقة ⑧ في هذه العلاقة

$$v_n = n \times \frac{h}{2\pi m} \times \frac{Z \times 4\pi^2 me^2 K}{n^2 h^2}$$

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

في هذه العلاقة: المتغيران هما الرقم الذري Z و العدد الكمي n. نقوم بحساب قيمة الكسر الذي يحوي الثوابت :

$$\frac{2\pi e^2 K}{h} = \frac{2 \times 3,14 \times (1,602.10^{-19})^2 \times 9.10^9}{6,62.10^{-34}}$$

$$\frac{2\pi e^2 K}{h} = 2,19 \times 10^6\ m.s^{-1}$$

$$\boxed{v_n = 2,19.10^6 \times \frac{Z}{n} \times (m/s)}$$

❖ حساب طول الموجة لخطوط الطيف:

ايجاد العلاقة التجريبية ❶ نظريا، والتي توصل اليها ***Balmer – Rydberg – Ritz*** ، ليعزز بور نموذجه الذري.

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} = |E_p - E_n| = \left| -\frac{Z^2}{p^2} \times \frac{2\pi^2 m e^4 K^2}{h^2} - \left(-\frac{Z^2}{n^2} \times \frac{2\pi^2 m e^4 K^2}{h^2} \right) \right|$$

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} = Z^2 \times \frac{2\pi^2 m e^4 K^2}{h^2} \left| \frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right|$$

$$\frac{1}{\lambda} = Z^2 \times \frac{2\pi^2 m e^4 K^2}{h^3 c} \left| \frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right| \qquad ❷$$

$$\frac{2\pi^2 m e^4 K^2}{h^3 c} = \frac{2(3,14)^2 \times 9,1094.10^{-31}(1,602.10^{-19})^4 \times (9.10^9)^2}{(6,62.10^{-34})^3 \times 3.10^8}$$

$$\frac{2\pi^2 m e^4 K^2}{h^3 c} \approx 1,097.10^7\ m^{-1} = R_H$$

❖ ملاحظة: هناك تطابق كبير بين ثابت **Rydberg** التجريبي و النظري

العلاقة ❷ تصبح :

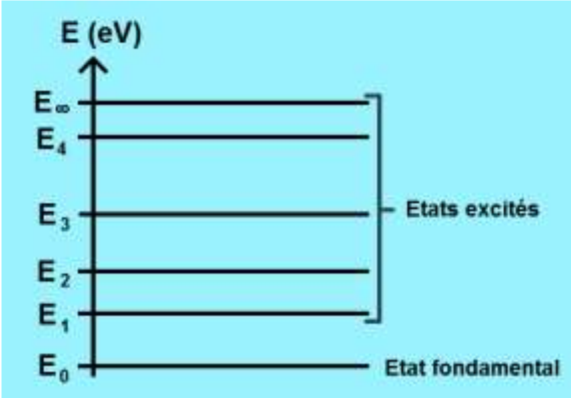
$$\boxed{\frac{1}{\lambda} = Z^2 R_H \left| \frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right|}$$

بالنسبة لذرة الهيدروجين Z = 1

❖ ملاحظة: بالنسبة لذرة الهيدروجين، الحالة المعرفة من اجل

$n = 1, r_1 = 0,53 Å, E_1 = -13,6\ ev$ ، تدعى بالحالة الاساسية (état fondamental)الحالات الاخرى تدعى بالحالات المثارة (états excités).

أ.د.كمال مجروبي



هذا الجدول يلخص اهم العلاقات الخاصة بذرة الهيدروجين واشباهه :

	r_n	v_n	E_n	$\bar{\upsilon} = \frac{1}{\lambda}$
ذرة H	$0,53 \times n^2 (\mathring{A})$	$\frac{2,19.10^6}{n} \times (m/s)$	$-\frac{13,6}{n^2}\ (ev)$	$R_H \left\lvert \frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right\rvert$
اشباه ذرة H	$0,53 \times \frac{n^2}{Z} (\mathring{A})$	$2,19.10^6 \times \frac{Z}{n} \times (m/s)$	$-13,6 \times \frac{Z^2}{n^2}\ (ev)$	$Z^2 R_H \left\lvert \frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right\rvert$

5- السلاسل الطيفية لذرة الهيدروجين.

- سلسلة ليمان (Lyman): n = 1 → p = 2,3,4 ......∞


Théodore Lyman
1874 - 1954

$$\bar{\upsilon} = \frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{p^2} \right)$$

- سلسلة بلمر (Balmer): $n = 2 \rightarrow p = 3,4,5 \ldots\ldots \infty$

$$\bar{\upsilon} = \frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{p^2}\right)$$

Johann Jakob Balmer
1885 - 1962

- سلسلة باشن (Paschen): $n = 3 \rightarrow p = 4,5,6 \ldots\ldots \infty$

$$\bar{\upsilon} = \frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{p^2}\right)$$

Friedrich Paschen
1865 - 1947

- سلسلة براكت (Brackett): $n = 4 \rightarrow p = 5,6,7 \ldots\ldots \infty$

$$\bar{\upsilon} = \frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{p^2}\right)$$

Frederick Sumner Brackett
1896 – 1988

▪ سلسلة فوند (pfund): $n = 5 \rightarrow p = 6,7,8\ ......\infty$

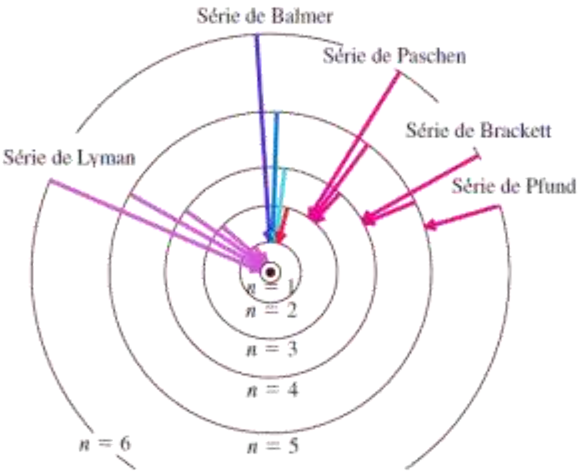
August Herman Pfund
1879 – 1949

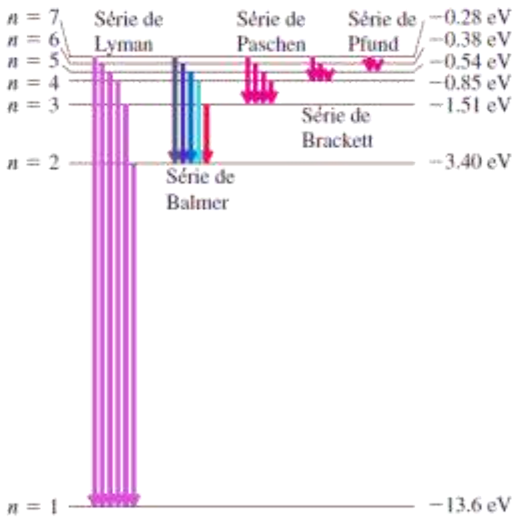
$$\bar{\upsilon} = \frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{p^2}\right)$$

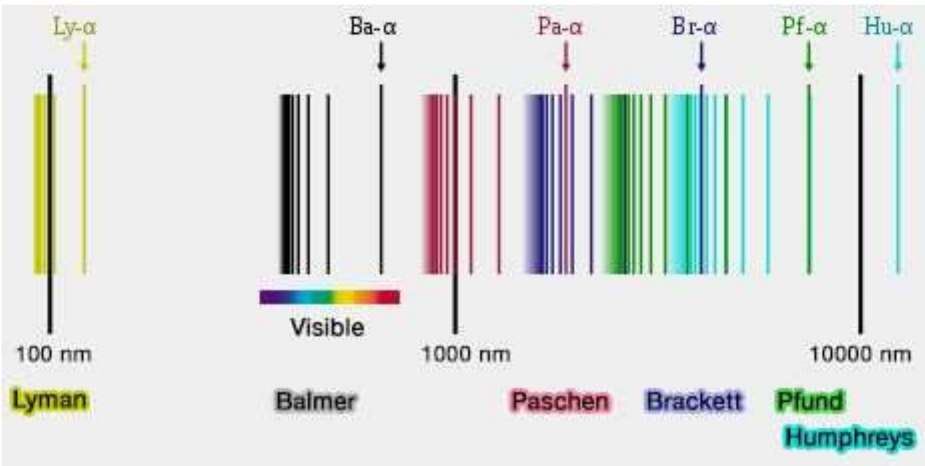
❖ **ملاحظة:** كل سلسلة طيفية لها خط اول و خط نهائي :

الخط الأول يوافق الانتقال من $n \rightarrow p = n+1$

الخط النهائي يوافق الانتقال من $n \rightarrow p = \infty$







6- الخطوط الحدية للسلاسل الطيفية لذرة الهيدروجين.

الخط الأول: يوافق n, p = n+1

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

$$\boxed{\lambda = \frac{[n(n+1)]^2}{R_H(2n+1)}}$$

الخط النهائي: يوافق n, p = ∞

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

$$\boxed{\lambda = \frac{n^2}{R_H}}$$

❖ ملاحظة: الانتقال من $n \rightarrow p = \infty$ يوافق تأين الذرة ومنه عبارة طاقة التأين ويرمز لها E_i

$$E_i = |E_\infty - E_n| \quad > 0 \quad n = 1, 2, 3 \ldots\ldots \quad n \neq \infty$$

	Lyman	Balmer	Paschen	Brackett	Pfund
$\lambda_{n,n+1}$	121	656	1876	4052	7460
$\lambda_{n,\infty}$	91	365	821	1459	2279
Domaine	UV	Visible	IR	IR	IR

7- حدود نظرية بور.

- لما نعرض ذرة الهيدروجين الى حقل مغناطيسي خارجي، يلاحظ تضاعف في خطوط طيف الهيدروجين(فعل زيمان). وجود خطوط طيف جديدة معناه ايجاد مسارات دائرية جديدة وهذا غير ممكن في نموذج بور.
- وجد تجريبيا ان العزم الحركي الزاوي بالنسبة لذرة الهدروجين في حالتها الاساسية يكون معدوما، أي ان العدد الكمي n = 0، وهذا طبعا غير ممكن لان $n \in N^*$
- عجزت نظرية بور على تفسير الاطياف الذرية للذرات متعددة الالكترونات.

✚ تركت هذه النظرية مكانها لنظرية جديدة تعتمد علي ميكانيك جديدة تدعى ميكانيك الكم والتي ارسى بلانك وبور مبادئها الاولى.

امثلة تطبيقية

مثال 1

يضيء ضوء متعدد الألوان يحتوي على ثلاثة اشعاعات (λ_1=450nm, λ_2=610nm, λ_3=750nm) عينة من البوتاسيوم متواجدة في انبوب. طاقة التأين تساوي 2,14 ev (الطاقة اللازمة لنزع الإلكترون من ذرة البوتاسيوم)

1. اوجد العلاقة $E(ev) = \frac{1241}{\lambda}(nm)$
2. ما هي الإشعاعات التي تعطي الفعل الكهروضوئي ؟
3. ماهي سرعة الإلكترونات المغادرة للذرة ؟

مثال 2

I. احسب نصف القطر، السرعة، الطاقة الكلية لإلكترون ذرة الهيدروجين في الحالة المثارة الخامسة.

II. هل يمكن لذرة الهيدروجين في حالتها الأساسية ان تمتص فوتونا طاقته 3,39 ev ؟ أو اشعاعا طول موجته 103 nm ؟

III. لتكن ذرة الهيدروجين في الحالة المثارة n = 4. ترجع الى الحالة الأساسية اما بإصدار فوتونا ذو تواتر ν_1 أو بإصدار ثلاثة فوتونات ذات التوترات ν_2, ν_3, ν_4. استنتج الانتقالات الإلكترونية وأطوال الموجات الموافقة في الحالتين. هل توجد علاقة بين ν_1 و المجموع $\nu_2+\nu_3+\nu_4$ اشرح ذلك.

IV. يأين اشعاع طول موجته 0,1nm هيدروجنويد في حالته الأساسية. احسب Z وطاقة تأين الهيدروجنويد. احسب نصف قطر الهيدروجنويد في الحالة المثارة الأولى.

V. احسب طول موجة الخط الأول والخط الحدي للسلسلة الثالثة (n = 3) لطيف الإصدار للهيدرجنويد(Z = 3) Li^{++} . ما هو المجال الطيفي لهذه السلسلة. احسب طاقة التأين و طول الموجة التي يمكن ان تأين هذا الهيدروجنويد وهو في حالته الاساسية.

حلول الأمثلة التطبيقية

مثال 1

.1

$$E_{ph}(ev) = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,62.10^{-34} \times 3.10^{8} \times 10^{9}}{1,6.10^{-19} \times \lambda(nm)} = \frac{1241}{\lambda}(nm)$$

2. نستعمل العلاقة السابقة لحساب الطاقة المرتبطة بكل فوتون :

$$E_1 = \frac{1241}{450} = 2,76\ ev\ ;\quad E_2 = \frac{1241}{610} = 2,03\ ev\ ;\ E_3 = \frac{1241}{750} = 1,65\ ev$$

الاشعاع λ_1 فقط يحمل الطاقة الكافية، الالكترون المنتزع يأخذ معه الطاقة: 2,76 - 2,14 = 0,62 ev

.3

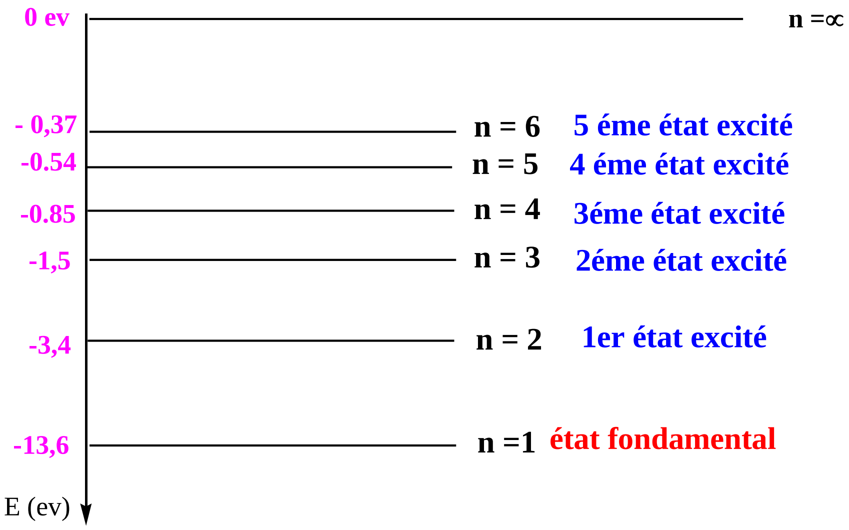
$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = 4,7.10^5\ ms^{-1}$$

مثال 2

.I

الحالة المثارة الخامسة توافق n = 6



r_6	v_6	E_6
$0,53 \times n^2 (\text{Å})$	$\frac{2,19.10^6}{n} \times (m/s)$	$-\frac{13,6}{n^2}\ (ev)$
$0,53 \times 6^2 = 19,08\ \text{Å}$	$\frac{2,19.10^6}{6} = 0,36.10^6\ m/s$	$-\frac{13,6}{6^2} = -0,37\ ev$

.II

الحالة الاولى : اذا امكن لذرة الهيدروجين ان تمتص فوتونا طاقته 3,39 ev انطلاقا من حالته الاساسية، عليه ان ينتقل الى مستوى طاقوي اعلى قيمته E = -13,6 + 3,39 = -10,2 eV، وهذا المستوى غير موجود، ومنه لا يمكن للإلكترون ان يمتص هذا الفوتون.

الحالة الثانية: اذا امكن لذرة الهيدروجين ان تمتص فوتونا طول موجته λ = 103 nm انطلاقا من حالته الاساسية، طاقة الفوتون الممتص تساوي $E_{ph} = \frac{1241}{103} = 12,05\ ev$ ، ينتقل الإلكترون اذن الى المستوى

E = -13,6 + 12,05 = -1,5 ev ، هذا المستوى غير موجود، ومنه يمكن للإلكترون ان يمتص هذا الفوتون.

.III .

الحالة الاولى : الرجوع المباشر من الحالة p = 4 الى الحالة الاساسية n = 1

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left|\frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2}\right| = R_H \left|\frac{p^2 - n^2}{n^2 p^2}\right| \Rightarrow \lambda = \frac{n^2 p^2}{R_H (p^2 - n^2)} \quad p > n$$

$$\lambda_{4\to1} = \frac{1^2 \times 4^2}{1,097.10^7(4^2 - 1^2)} = 97,2.10^{-9}\,m = 97,2\,nm$$

الحالة الثانية: الرجوع على مراحل **4→ 3 ; 3→2 ; 2→1**

$$\lambda_{4\to3} = \frac{3^2 \times 4^2}{1,097.10^7(4^2 - 3^2)} = 18,7.10^{-9}\,m = 18,7\,nm$$

$$\lambda_{3\to2} = \frac{2^2 \times 3^2}{1,097.10^7(3^2 - 2^2)} = 656,3.10^{-9}\,m = 656,3\,nm$$

$$\lambda_{2\to1} = \frac{1^2 \times 2^2}{1,097.10^7(2^2 - 1^2)} = 121,5.10^{-9}\,m = 121,5\,nm$$

$$\mathrm{E_4 - E_1 = (E_4 - E_3) + (E_3 - E_2) + (E_2 - E_1)}$$

اي:

$$h\nu_1 = h\nu_2 + h\nu_3 + h\nu_4$$

ومنه:

$$\nu_1 = \nu_2 + \nu_3 + \nu_4$$

.IV

حساب Z لهذا الهيدروجنويد : n = 1 ; p = ∞

$$\frac{1}{\lambda} = Z^2 R_H \left|\frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2}\right| = Z^2 R_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{\infty^2}\right) = \frac{Z^2 R_H}{n^2}$$

$$Z = \sqrt{\frac{n^2}{\lambda \times R_H}} = \sqrt{\frac{1^2}{0,1.10^{-9} \times 1,097.10^7}} = 30$$

حساب طاقة تأين الهيدروجنويد :

$$E_i = \frac{1241}{0,1} = 12410\,ev$$

أو

$$\mathrm{E_i = |E_\infty - E_1| = |0 - E_1|}$$

$$E_i = -\left(-\frac{13,6 \times Z^2}{1^2}\right) = 13,6 \times Z^2 \quad ; \quad Z = 30$$

حساب نصف قطر الهيدروجنويد في الحالة المثارة الأولى: n = 2

$$r_n = \frac{n^2}{Z}0,53\ (A^\circ)\quad n = 2,\ Z = 30\ ;\quad r_2 = 0,07A^\circ$$

.7

حساب طول موجة الخط الأول والخط الحدي للسلسلة الثالثة (n = 3) لطيف الإصدار للهيدرجنويد Li^{++}.

- **طول موجة الخط الأول : n =3 ; p = 4**

$$\lambda_{4\to3} = \frac{n^2p^2}{Z^2R_H(p^2-n^2)} = \frac{3^2\times4^2}{3^2\times1,097.10^7\times(4^2-3^2)}$$

$$\lambda_{4\to3} = 208,3\times10^{-9}\ m = 208,3\ nm$$

- **طول موجة الخط الحدي:**

$$\frac{1}{\lambda} = Z^2R_H\left|\frac{1}{n^2}-\frac{1}{p^2}\right| = Z^2R_H\left(\frac{1}{n^2}-\frac{1}{\infty^2}\right) = \frac{Z^2R_H}{n^2}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{Z^2R_H}{n^2} \Rightarrow \lambda = \frac{n^2}{Z^2R_H} = \frac{3^2}{3^2\times1,097.10^7} = 91,1\times10^{-9}\ m = 91,1\ nm$$

- **المجال الطيفي لهذه السلسلة:**

طول موجة الخط الحدي لهذه السلسلة يوافق طول موجة الخط الحدي لسلسلة ليمان بالنسبة لذرة الهيدروجين،

- **طول موجة الخط الاول لسلسلة ليمان بالنسبة لذرة الهيدروجين:**

$$\lambda_H = \frac{n^2p^2}{R_H(p^2-n^2)} = \frac{1^2\times2^2}{R_H\times(2^2-1^2)} = \frac{4}{3R_H}\qquad ①$$

- **طول موجة الخط الاول لهذه السلسلة :**

$$\lambda_{Li^{2+}} = \frac{n^2p^2}{Z^2R_H(p^2-n^2)} = \frac{3^2\times4^2}{3^2\times R_H\times(4^2-3^2)} = \frac{16}{7R_H}\qquad ②$$

$$\frac{\lambda_{Li^{2+}}}{\lambda_H} = \frac{16}{7R_H}\times\frac{3R_H}{4} = \frac{12}{7} \Rightarrow \lambda_{Li^{2+}} = \frac{12}{7}\lambda_H$$

المجال الطيفي هو فوق البنفسجي بالنسبة لذرة الهيدروجين.

- **حساب طاقة التأين و طول الموجة التي يمكن أن تأين هذا الهيدروجنويد.**

الهيدروجنويد موجود في حالته الاساسية n = 1, p = ∝

$$E_i = \left|E_\infty - \left(-\frac{Z^2\times13,6}{n^2}\right)\right| = \left|E_\infty - \left(-\frac{3^2\times13,6}{1^2}\right)\right| = 122,4\ ev$$

$$E_i = \frac{1241}{\lambda_i} \Rightarrow \lambda_i = \frac{1241}{E_i} = \frac{1241}{122,4} = 10,14\ nm$$