كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الثالثة**

المادة : أطياف ذرية

المحاضرة : الثانية/نظري/د.باسل

+ملحق للمحاضرة الاولى

طبيعة الذرة

النموذج الذري الحديث والميكانيك الكوانتي

إن نموذج بور وإضافات سمرفيلد ومبدأي الطبيعة المزدوجة للإلكترون وعدم التعيين ساهمت في وضع النظرية الصحيحة للبنية الذرية والتي تقوم على المعطيات التالية:

1. إن القوانين الكلاسيكية للحركة لا تنطبق على حركة الدقائق الذرية.
2. لا يمكن بتاتا القول بأن للإلكترون مسارا معينا أو أنه يوجد في لحظة ما في مكان معين لأن ذلك يناقض مبدأ عدم التعيين.
3. بما أن للإلكترون طبيعة موجية فيجب أن تنطبق عليه قوانين الحركة الموجية.
4. نظرية الكم.

يدعى العلم الذي يدرس حركة الدقائق الصغيرة وفق المعطيات السابقة بالميكانيك الكوانتي أو الميكانيك الموجي. إن نقطة الانطلاق في هذا العلم هي معادلات رياضية معقدة تصف الحركة الموجية للدقائق الصغيرة وتسمى معادلات شرودينغر وسنكتفي فقط بذكر النتائج الهامة لهذه المعادلات. فوفقا لحسابات الميكانيك الموجي بالنسبة لذرة الهيدروجين يعتقد أن إلكترونها يوجد في سويات طاقة محدودة مكممة ومعينة (كما في نموذج بور) مع فارق أن هذا الإلكترون لا يتبع مسارا معينا ومحدودا في حركته حول النواة بل هو حر في أن يتحرك في كل الفراغ المحيط بالنواة وكل ما نستطيع معرفته هو احتمال وجود الإلكترون في مكان معين في لحظة معينة وبالتالي يمكن أن نتصور الإلكترون كغمامة مشحونة سلبا تختلف كثافتها من نقطة لأخرى ولكنها تزداد في المناطق التي وجود الإلكترون فيها أكثر احتمالا.

الأعداد الكمومية أو الكوانتية

قاد حل معادلة شرودينغر إلى تعريف أربعة أعداد نستطيع بواسطتها تعيين الأمكنة المحتمل وجود هذه الالكترونات فيها وكذلك الخواص المغناطيسية لهذه الالكترونات ولفها الذاتي تدعى هذه الأعداد بالأعداد الكمومية أو الكوانتية وهي:

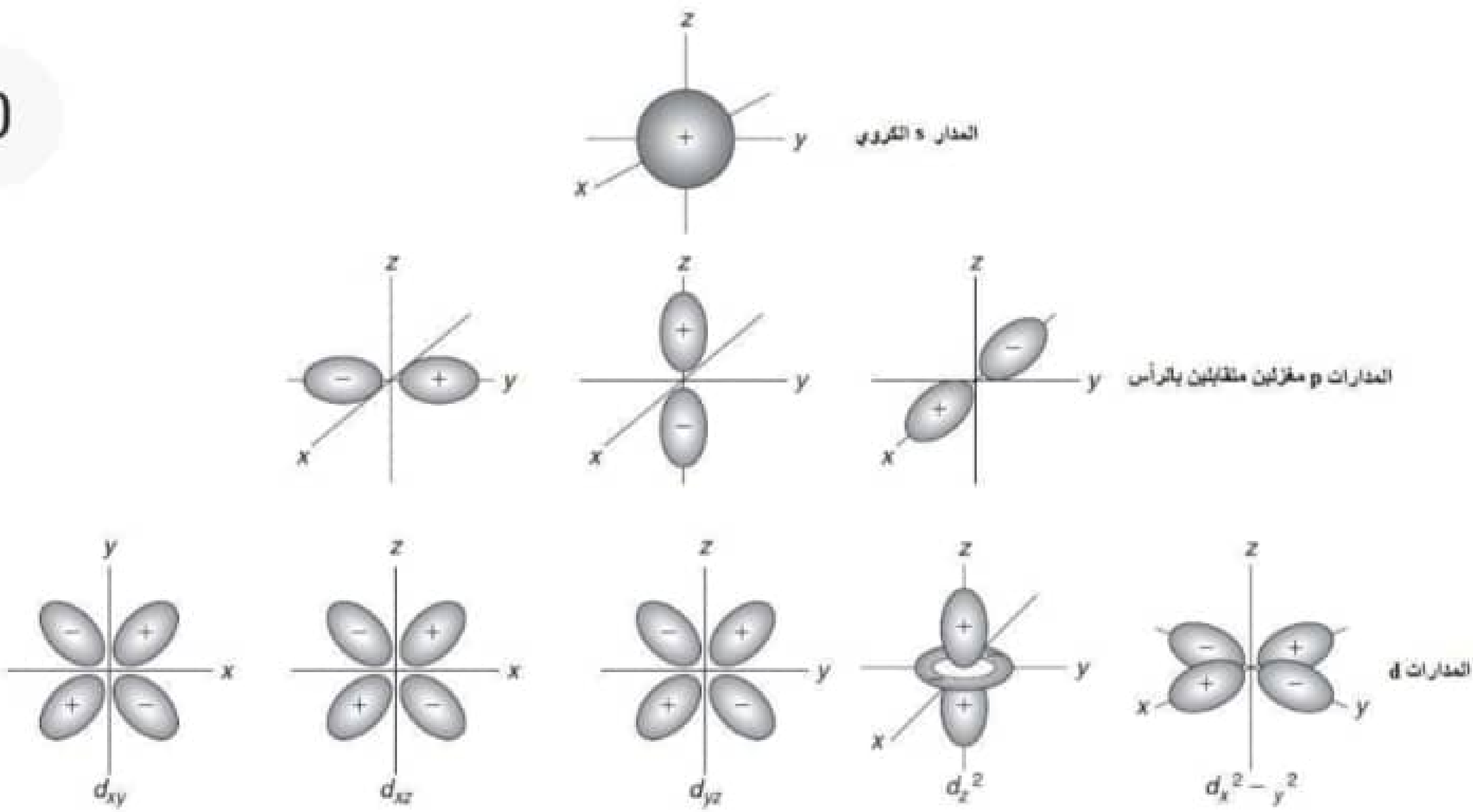
1. **العدد الكوانتي الرئيسي n:** يعين هذا العدد سويات الطاقة الرئيسية التي يوجد فيها الإلكترون وبالتالي البعد الأكثر احتمالا للإلكترون عن النواة. يأخذ العدد n القيم الصحيحة الموجبة .....n = 1, 2, 3, 4. يعين n رقم الطبقة الإلكترونية الرئيسية, ويرمز للطبقات السبع الأولى أحياناً بالحروف الموافقة التالية:

العدد n	1	2	3	4	5	6	7
الحروف المقابلة	K	L	M	N	O	P	Q

2. **العدد الكوانتي الثانوي l:** تحوي كل طبقة الكترونية رئيسية عدة طبقات فرعية يتميز كل منها بشكل. الغمامات الالكترونية التي تحويها تلك الطبقة الفرعية ويعين هذا العدد شكل الغمامة الالكتروني أو المدار. لكل عدد كمومي رئيسي n يأخذ العدد الكمومي الثانوي l قيما من الصفر إلى (n-1). فبالنسبة لسوية الطاقة الأصغرية أي n = 1 نجد عددا كموميا ثانويا وحيدا هو l = 0. وقد وجد أن الغمامة الالكترونية المعينة بهذا العدد الكمومي الثانوي عبارة عن غمامة كروية مركزها النواة (الشكل (1)). وبالنسبة لسوية الطاقة n = 2 يوجد عددان كموميان ثانويان l = 0,1. يعين الأول غمامة كروية أكبر من الأولى أما الثاني فهو عبارة عن إهليلجين (مغزلين) متصلين بالرأس وتقع النواة بينهما (الشكل (1)). أما بالنسبة لسوية الطاقة n = 3 فيوجد ثلاثة أعداد كمومية ثانوية l = 0,1,2. فالغمامة الالكترونية للمدارات l = 0 و l = 1 هي كالسابق، أما المدارات l = 2 فذات أشكال معقدة (الشكل (1)). نستنتج مما سبق بأنه يوجد n طبقة فرعية في كل طبقة الكترونية رئيسية n وقد جرت العادة على استعمال الحرف s لتمييز الطبقة الفرعية l = 0 والحرف p لتمييز الطبقة الفرعية l = 1 والحرف d لتمييز الطبقة الفرعية l = 2 وأخيرا الحرف f لتمييز الطبقة الفرعية l = 3.

3. **العدد الكوانتي المغناطيسي m:** يوجد في كل طبقة فرعية عدد من المدارات تختلف عن بعضها في اتجاهاتها في الفراغ الكائن حول النواة. يفيد العدد الكمومي المغناطيسي في تعيين اتجاهات وعدد هذه المدارات وهو عدد صحيح يمكن أن يأخذ قيما موجبة أو سالبة وتابعة لقيمة l كما يلي m = -l,..,0,..,+l. ففي الطبقة الفرعية l = 0 يوجد مدار واحد عدده الكمومي المغناطيسي m = 0 وهو مدار واحد وحيد الاتجاه لأنه يمثل كرة. في الطبقة الفرعية l = 1 يوجد ثلاثة مدارات تقابل الأرقام m = -1,0,+1 أي أن هناك ثلاث غمامات الكترونية من نوع p تختلف عن بعضها في اتجاهاتها في الفراغ حول النواة. وقد وجد أن الغمامة الأولى تتمركز حول المحور x والثانية حول المحور y والثالثة حول المحور z ولذلك تسمى هذه المدارات p_x, p_y, p_z وهي مدارات متساوية طاقيا. أما الطبقة الفرعية l = 2 فيوجد فيها خمسة

مدارات تقابل الأرقام $m = -2, -1, 0, +1, +2$ وهي مدارات ذات أشكال معقدة تختلف عن بعضها باتجاهاتها في الفراغ وتدعى بالمدارات d (الشكل (1)).



الشكل (1) شكل المدارات s و p و d واتجاهاتها في الفراغ

4. العدد الكوانتي للف الذاتي s: لا يصف هذا العدد حركة الالكترون حول النواة وإنما حركته الذاتية حول نفسه ويدعى بالعدد الكوانتي السبيني s ويأخذ قيمتين فقط 1/2+ و 1/2- فقد وجد أن الالكترون بالإضافة لدورانه حول النواة فإنه يدور حول محور مار بمركزه باتجاه عقارب الساعة أو بالاتجاه المعاكس وبذلك يصبح مكافئا لمغناطيس صغير له قطبين يختلفان باختلاف جهة دوران الالكترون فيمكن تمثيله بـ $\overset{N}{\underset{S}{\uparrow}}$ *and* $\overset{S}{\underset{N}{\downarrow}}$

أو اختصارا ↓ و ↑.

الأعداد الكمومية الأربعة ومبدأ باولي

يمكن تلخيص ما سبق بالقول أن كل طبقة الالكترونية رئيسية تحوي عددا من الطبقات الالكترونية الفرعية والتي بدورها تحوي عددا من المدارات المرتبطة بالعدد الكوانتي الثانوي l. وجد العالم باولي عام

1925 أن كلا من هذه المدارات يتسع للإلكترونين فقط يختلفان عن بعضهما باللف الذاتي (السبين) ومن ذلك استنبط باولي مبدأه الذي ينص على أنه في ذرة ما لا يوجد إلكترونان لهما نفس الأعداد الك الأربعة. يلخص الجدول التالي علاقة الأعداد الكمومية مع بعضها في سويات الطاقة الأربعة الأول و عدد الالكترونات في الطبقة الثانوية وعدد الالكترونات الأعظمي الذي تتسع له كل طبقة الالكترونية رئيسية.

n	رمز الطبقة	L	رمز المدار	m	عدد الالكترونات في الطبقة الفرعية	عدد الالكترونات في الطبقة الرئيسية
1	K	0	1s	0	2	2
2	L	0 1	2s 2p	0 -1,0,+1	2 6	8
3	M	0 1 2	3s 3p 3d	0 -1,0,+1 -2,-1,0,+1,+2	2 6 10	18
4	N	0 1 2 3	4s 4p 4d 4f	0 -1,0,+1 -2,-1,0,+1,+2 -3,-2,-1,0,+1,+2,+3	2 6 10 14	32

نستنتج أن عدد الالكترونات التي تتسع لها الطبقة الرئيسي n يساوي $2n^2$. ولتمييز المدارات التابعة لطبقة ما عن المدارات التابعة لطبقة أخرى يوضع العدد الكوانتي الرئيسي المميز لتلك الطبقة قبل الحرف المميز للمدار فمثلا 1s يدل على المدار الوحيد الموجود في الطبقة الرئيسية K، و 3p تدل على المدارات p التابعة للطبقة M. أما عدد الالكترونات الموجودة في الطبقة الفرعية فيدل عليها بعدد يوضع في الزاوية اليمنى العليا للحرف الدال على المدار فمثلا $4p^5$ تدل على وجود خمسة الالكترونات في المدار p من الطبقة N.

المحاضرة (2)

أطياف ذرية وجزيئية

د. باسل علي علي

السلاسل الطيفية :

علاقة رايدبرغ : وجدنا أن انتقال الالكترون من سوية n_i طاقتها E_i إلى سوية طاقية أدنى n_k طاقتها E_k فإن الالكترون المنتقل سوف يصدر فوتون تردده ν يعطى بالعلاقة :

h : ثابت بلانك $(6,626 \times 10^{-34}\ J.s)$

$$\nu = \frac{E}{h} = \frac{E_i - E_k}{h}$$

بتعويض قيمة كلاً من E_i و E_k كما وجدنا في نموذج بور

$$\left.\begin{aligned} E_i &= -\frac{2\pi^2 m Z e^4}{h^2 n_i^2} \\ E_k &= -\frac{2\pi^2 m Z e^4}{h^2 n_k^2} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \nu_{ik} = \frac{2\pi^2 m Z e^4}{h^3}\left(\frac{1}{n_k^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$$

$$\nu_{ik} = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{\nu_{ik}}{c} = \frac{2\pi^2 m Z e^4}{h^3 c}\left(\frac{1}{n_k^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$$

يمثل المقدار $\frac{1}{\lambda}$ العدد الموجي $\bar{\nu}$ وهو يعبر عن عدد الأطوال الموجية في طول قدره 1 cm

ويمثل المقدار (R) ثابت رايدبرغ

$$R = \frac{2\pi^2 m Z e^2}{h^3 c} \quad (*)$$

إن القيمة التجريبية لهذا الثابت والخاص بذرة الهيدروجين تساوي $R_H = 109678,7\ cm^{-1}$

ومنه تكون عبارة العدد الموجي $\bar{\nu}$ بالشكل

$$\bar{\nu}_{ik} = \frac{1}{\lambda} = R Z e^2\left(\frac{1}{n_k^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$$

أو بالشكل المختصر

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R Z e^2\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

عند تغيير كل من n, m نحصل على مجموعة من السلاسل الطيفية .

- عند تطبيق نفس الدراسة التجريبية على ذرة الهليوم نحصل على ثابت رايدبرغ في طيف ذرة الهليوم المتأينة وقيمة الثابت $R_{He} = 109722,3\ cm^{-1}$ أو بصيغة الشكل $R = 1,097 \times 10^{7}\ m^{-1}$

أما عند حساب قيمة R نظرياً من العلاقة $(*)$ نحصل على قيمة له تساوي $R_{He} = 109737,3\ cm^{-1}$ نظرياً

يعود هذا الاختلاف بين القيمة النظرية والقيمة التجريبية على اعتبار أن النواة ساكنة ~~...~~ فأهملت حركتها بالمقارنة مع حركة الالكترون ، إذا أردنا حساب قيمة R بدقة كبيرة يجب علينا أخذ حركة النواة بعين الاعتبار واستبدال قيمة كتلة الالكترون m في علاقة R بقيمة الكتلة المختزلة $\left(\frac{m \cdot M}{m+M}\right)$ وعندها نحصل على قيمة أكثر دقة لـ R

m : كتلة الالكترون

M : كتلة النواة

- سلسلة بالمر الخاصة بذرة الهيدروجين :

إن اكتشاف القوانين الناظمة لتموضع الخطوط الطيفية الصادرة عن الذرات وانتظام هذه الخطوط في سلاسل مثلت بالقفزة، كان له بالغ الأهمية في تطور علم الأطياف، ولقد كشف العديد من العلماء أمثال بالمر، رايدبرغ، باشن ... حقيقة انتظام الخطوط الطيفية للذرات وذلك ضمن مجموعات محددة أطلق عليها اسم السلاسل الطيفية.

فعلى سبيل المثال لوحظت سلسلة من الخطوط الطيفية في طيف ذرة الهيدروجين والتي تتألف من ثلاثة عشرة خطاً طيفياً واقعاً في المجال المرئي وفوق البنفسجي القريب ولقد لوحظ أن الأطوال الموجية لخطوط هذه السلسلة تتعين بعلاقة تسمى علاقة بالمر وهي

$$\lambda = \gamma_0 \cdot \frac{n^2}{n^2 - 4}$$

حيث γ_0 : ثابت

n : عدد صحيح موجب يأخذ قيم أكبر من 2

ويمكن لعلاقة بالمر السابقة أن تأخذ شكلاً أبسط إذا عبرنا عن الخطوط الطيفية باستخدام أعدادها الموجية ($\bar{\nu}$) :

$$\bar{\nu} = A - \frac{R}{n^2}$$

حيث R , A ثابتان والعدد n يأخذ قيمه $n = 3, 4, 5, 6 \dots$

كما أن العالم رايدبرغ اكتشف علاقة بسيطة تربط بين الثابتين A , R حيث :

$$A = \frac{R}{2^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \bar{\nu} = \frac{R}{2^2} - \frac{R}{n^2} \qquad n = 3, 4, 5 \dots$$

وهكذا نجد أن الأعداد الموجية لخطوط بالمر تتعين بعلاقة تحتوي على ثابت وحيد هو R

- نلاحظ من العلاقة السابقة أن الخطوط الطيفية تتقارب من بعضها مع ازدياد n كما لو أنها تسعى إلى نهاية محددة موافقة للعدد الموجي $\bar{\nu}_\infty = 27419,4 \ cm^{-1}$

تتطابق علاقة بالمر مع العلاقة التي حصلنا عليها عند دراسة علاقة رايدبرغ

$$\bar{\nu}_{ik} = \frac{1}{\lambda} = R Z_p^2 \left(\frac{1}{n_k^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

* في حالة ذرة هيدروجين $Z_p = 1$, $n_k = 2$ نحصل على سلسلة بالمر للهيدروجين والتي تصدر عن انتقال الالكترونات من سويات طاقة أعلى إلى السوية الطاقية الثانية ($n_k = 2$) وبنفس الطريقة نحصل على باقي السلاسل الطيفية

1- سلسلة ليمان:

عندما ينتقل الالكترون من مستويات أعلى إلى المستوى الأول (الوضع الأساسي) $n=1$ فإن ذرة الهيدروجين تصدر خطوط طيفية تقع في منطقة فوق البنفسجي البعيد من الطيف وتتعين $\bar{\nu}$ بالعلاقة:

$$\bar{\nu} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad \text{ليمان} \qquad ; n = 2, 3, 4 \ldots$$

2- سلسلة بالمر:

نحصل على سلسلة بالمر عند عودة الالكترون من مستويات أعلى إلى المستوى الثانية $n=2$ وتصدر الخطوط الطيفية في منطقة الطيف المرئي

$$\bar{\nu} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad \text{بالمر} \qquad n = 3, 4, 5 \ldots$$

3- سلسلة باشن:

نحصل على سلسلة باشن عند عودة الالكترون من مستويات طاقة أعلى إلى المستوية الطاقية الثالثة وتصدر باقي السلاسل في منطقة تحت الاحمر

$$\bar{\nu} = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad \text{باشن} \qquad n = 4, 5, 6 \ldots$$

4- سلسلة براكت:

نحصل على سلسلة براكت عند عودة الالكترون من مستويات طاقية أعلى إلى المستوية الرابعة $n=4$

$$\bar{\nu} = R\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad \text{براكت} \qquad n = 5, 6 \ldots$$

5- سلسلة بفوند:

نحصل على سلسلة بفوند عند عودة الالكترون من مستويات طاقية أعلى إلى المستوية الخامسة $n=5$

$$\bar{\nu} = R\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad \text{بفوند} \qquad n = 6, 7, 8 \ldots$$

وبنفس الطريقة نحصل على الأعداد الموجية للأطياف الصادرة عن ذرة الهليوم بعد تبديل $Z_e = 2$ بالعلاقة السابقة

$$\bar{\nu}_{ik} = 4R\left(\frac{1}{n_k^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$$

عند $n_k = 1$ تصبح العلاقة بالشكل

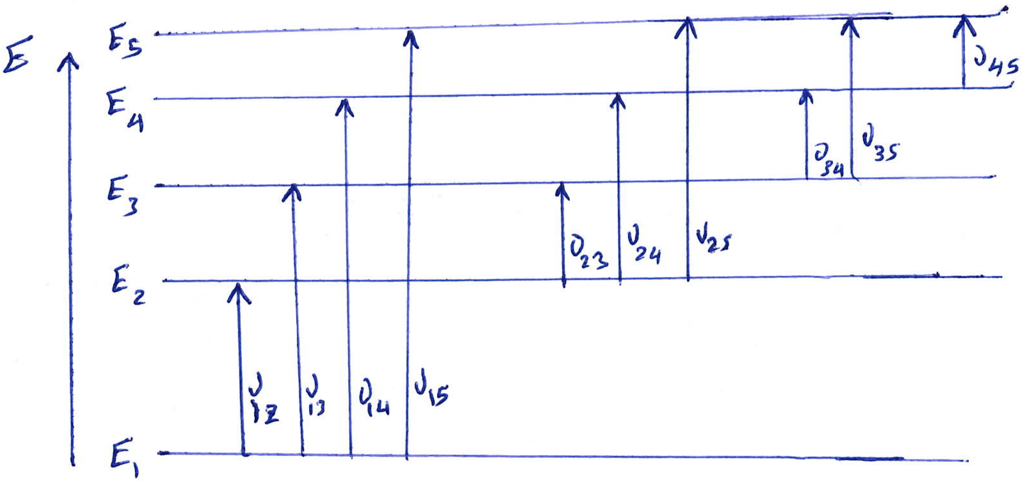
$$\bar{\nu}_{i1} = 4R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$\bar{\nu}_{i2} = 4R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad n_k = 2$$

$$\bar{\nu}_{i3} = 4R\left(\frac{1}{9} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad n_k = 3$$

سويات الطاقة والانتقالات فيما بينها (الطيف الخطي والمستمر وأطياف الامتصاص والاصدار):

إن مفهوم سوية الطاقة الذي نستخدمه مبني على أساس التشابه بين طاقات الأوضاع المستقرة والطاقة الكامنة للجسم عندما يكون على ارتفاعات مختلفة، أي على سويات مختلفة اعتباراً من المستوى الأولي. لذلك يمكن أن نرسم بيانياً في المخططات الطاقية للمنظومة الذرية:



حيث نرمز لسويات الطاقة بخطوط أفقية نرسمها على أبعاد تتناسب طرداً مع فروق قيم الطاقات المتتالية: E_1, E_2, E_3 ----- الموافقة للأوضاع المستقرة.

إن فرق الطاقة بين السويتين المحدثتين للانتقال تتناسب طرداً مع تواتر الانتقال ν أي مع تواتر الفوتون الصادر أو الممتص نتيجة هذا الانتقال. وبالتالي من الطبيعي أن يكون أيضاً تدرج الطاقة متناسباً طردياً مع تدرج التواتر ν أو تدرج العدد الموجي $\bar{\nu}$ حيث:

$$\bar{\nu} = \frac{\nu}{c} = \frac{1}{\lambda} \quad (cm^{-1})$$

عند كل انتقال يحصل بين سويتين طاقيتين منفصلتين، نحصل على خط طيفي يتميز بقيمة معينة لتواتر الإشعاع أو لعدده الموجي. نجد من الشكل السابق أن التواترات للخطوط الطيفية للانتقالات المختلفة هي

$\nu_{12}, \nu_{13}, \nu_{14}, \nu_{15}, \nu_{23}, \nu_{24}, \nu_{25}, \nu_{34}, \nu_{35},$ ------

كما أن الانتقالات يمكن أن تتم بين سويات طاقة منفصلة (متقطعة) أو سويات مستمرة لذلك يمكن التمييز بين نوعين من الطيف: الطيف المتقطع (الخطي) والطيف المستمر، ضمن الذرة.

- **الطيف الخطي المتقطع:**

هو الطيف الذي ينشأ نتيجة الانتقالات التي تتم بين سويات طاقية منفصلة (متقطعة).

حيث يتكون الطيف الناتج صادر عن أطوال موجية متقطعة وليس كامل الأطوال الموجية. نحصل على الطيف الخطي عن طريق تحليل الإشعاع المنبعث من الغازات أو بخار عنصر تحت ضغط منخفض

- الطيف المستمر:
هو الطيف الذي ينشأ نتيجة الانتقالات التي تتم بين السويات المنفصلة والسويات المستمرة أو بين مجموعتين من السويات المستمرة. بعبارة أخرى هو الطيف الذي ينشأ عن الاصدار الحاوي المنتظم توزيعاً مستمراً للأطوال الموجية. نحصل على الطيف المستمر عند تحليل الإشعاعات المنبعثة من الأجسام الصلبة كقطعة فحم متوهجة

الطيف الخطي	الطيف المستمر	وجه المقارنة
ينتج عن ذرات العناصر المثارة في الحالة الغازية (Na ، H ، Ne) مثل طيف مصباح الصوديوم أو طيف مصباح الهليوم	ينتج عن ضوء المصباح ، ضوء الشمس	مصدر الطيف
يتكون من خطوط ملونة وحيدة طول الموجة منفردة ومتباعدة وتكون مضيئة على خلفية معتمة	يكون طيفاً متصلاً لا يحتوي على مناطق فاصلة (انقطاع) ويضم جميع الألوان ضمن الضوء المرئي ، اي يحوي جميع الأطوال الموجية	طبيعة الطيف
يتكون من خطوط وحيدة طول الموجة بحيث لا يتماثل ~~طيفان~~ طيفان لعنصران مختلفان ففي الهليوم طيف أحمر بينما الصوديوم طيف أصفر . فلا يضم جميع الأطوال الموجية	يتكون من جميع الأطوال الموجية	الطول الموجي.
يظهر الطيف على شكل حقل مظلم يحوي خطوط مضيئة متباعدة	يظهر على شكل مناطق مضيئة متشابهة	شكل الطيف

- أما بالنسبة للأطياف الجزيئية: فهي تتميز بوجود أشرطة طيفية (عصابات امتصاص أو إصدار) والتي تتألف كل منها من خطوط طيفية عديدة ومتلاصقة وبالتالي فإن أطياف الجزيئات لا تمتلك بنية خطية (خطوط طيفية كما هو الحال في الذرات) ولهذا السبب يكون تحليل الأطياف الجزيئية أعقد بكثير من تحليل الأطياف الذرية.

- أطياف الإصدار وأطياف الامتصاص:
إن الاتجاه الذي تحدث فيه الانتقالات بين السويات الطاقية هو الذي يحدد كل من عملية الامتصاص والإصدار. فعند الانتقال من سوية طاقية منخفضة إلى سوية طاقة أعلى يؤدي ذلك إلى ازدياد طاقة الذرة وهذا يوافق امتصاص فوتون ،
أما عند الانتقال من سوية طاقة أعلى إلى سوية طاقة أدنى يؤدي ذلك الى تناقص طاقة الذرة وبالتالي يوافق ذلك إصدار فوتون.
وهكذا تعطي مجموعة الانتقالات التي تحدث من سويات طاقية أدنى إلى سويات طاقة أعلى الامتصاص، أما الانتقالات المعاكسة من السويات العليا إلى السويات الدنيا تعطي طيف الإصدار.

كما أن كل انتقال بين السويات يتميز بالإضافة لتواتره ν بإمكان حدوثه باتجاه معين، أي أن هناك إمكان الامتصاص وإمكان الإصدار، وبالتالي فإن طيف الامتصاص أو الإصدار لمنظومة ذرية في شروط معينة يتحدد بمعرفة التواتر ν وشدة كل خط طيفي أي بمعرفة تواترات خطوطه ومعرفة توزع الشدة في كل منها.

أمثلة

مسألة (1): احسب أطول طول موجي وأقصر طول موجي في سلسلة بالمر لذرة الهيدروجين علماً أن قيمة ثابت رايدبرغ هي $R = 1,097\times10^{7}\ m^{-1}$

الحل: علاقة بالمر العامة تعطى بالعلاقة

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

إن أطول طول موجي يوافق أقل قيمة للطاقة أي الانتقال من $n=3$ إلى $n=2$ وبالتعويض نجد

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right) = 0,139R$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{1}{0,139R} = \frac{1}{0,139\times1,097\times10^{+7}} = 6,56\times10^{-7}\ m = 656\ nm$$

أما أقصر طول موجي يوافق أكبر قيمة للطاقة أي الانتقال من $n=\infty$ الى $n=2$

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2}\right) = 0,25\,R$$

$$\lambda = \frac{1}{0,25R} = \frac{1}{0,25\times1,097\times10^{7}} = 3,645\times10^{-7}\ m = 364,5\ nm$$

مسألة (2): أوجد رقم السوية الطاقية التي انطلق منها فوتون ذرة الهيدروجين الناتج عن الانتقال الالكتروني ومنه سلسلة ليمان إذا علمت أن طول موجة الإصدار $\lambda = 102,5\ nm$ ، $R = 1,097\times10^{7}\ m$

الحل:

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$\frac{1}{\lambda R} = 1 - \frac{1}{n^2} \Rightarrow 1 - \frac{1}{\lambda R} = \frac{1}{n^2} \Rightarrow \frac{\lambda R - 1}{\lambda R} = \frac{1}{n^2}$$

$$n^2 = \frac{1}{\frac{\lambda R - 1}{\lambda R}} = \frac{\lambda R}{\lambda R - 1}$$

نعوض

$$n^2 = \frac{102,5\times10^{-9}\times1,097\times10^{7}}{(102,5\times1,097\times10^{-2}) - 1} = \frac{1,1244}{0,1244} = 9,03$$

$$n = \sqrt{9,03} = 3$$ السوية الثالثة

مسألة (13) :

أوجد العدد الموجي الموافق لانتقال الكترون ذرة الهليوم من السوية الأولى إلى السوية الرابعة ؟

علماً أن $R = 1,097 \times 10^{7}\ m^{-1}$ ، $Z_{He} = 2$ ثم أوجد طول الموجة الموافق

الحل

$$\bar{\nu}_{14} = 4R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{4^2}\right)$$

$$\bar{\nu}_{14} = 4 \times 1,097 \times 10^{7}(1 - 0,625) = 4,11375 \times 10^{7}\ m$$

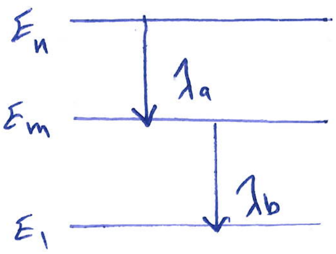
$$\lambda = \frac{1}{\bar{\nu}} = \frac{1}{4,11375 \times 10^{7}} = 0,243 \times 10^{-7}\ m = 24,3\ nm$$

مسألة (14) : يهبط الكترون مثار في ذرة هيدروجين من أحد مستويات الطاقة العليا إلى مستوى الطاقة الأساسي على خطوتين متتاليتين فأصدرت الذرة فوتونات طولها الموجي:

$\lambda_a = 2624\ nm$ و $\lambda_b = 97,45\ nm$ على الترتيب. والمطلوب أوجد رقم المستوي الطاقي الذي هبط منه الالكترون علماً أن طاقة السوية الأساسية $E_1 = -13,6\ eV$

$h = 6,625 \times 10^{-34}\ J.s$, $c = 3 \times 10^{8}\ m.s^{-1}$, $1ev = 1,6 \times 10^{-19}\ J$

الحل



$$E_n - E_m = \frac{hc}{\lambda_a}$$

$$E_m - E_1 = \frac{hc}{\lambda_b}$$

$$(E_n - E_m) + (E_m - E_1) = \frac{hc}{\lambda_a} + \frac{hc}{\lambda_b}$$

$$E_n - E_1 = hc\left(\frac{1}{\lambda_a} + \frac{1}{\lambda_b}\right) \quad (*)$$

من علاقة الطاقة في نموذج بور لذرة الهيدروجين تكون طاقة السوية n معطاة من العلاقة

$$E_n = \frac{-E_1}{n^2} \Rightarrow E_n = \frac{-13,6}{n^2}$$

نعوض في (*)

$$\frac{-13,6}{n^2} + 13,6 = \frac{6,625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{1,6 \times 10^{-19}}\left(\frac{1}{2624 \times 10^{-9}} + \frac{1}{97,45 \times 10^{-9}}\right)$$

$$\frac{-13,6}{n^2} + 13,6 = 13,22$$

$$13,6 - 13,22 = \frac{13,6}{n^2}$$

$$0,38 = \frac{13,6}{n^2}$$

$$n^2 = 35,7 \approx 36$$

$$n = 6$$

د. نابل علي

29-4-2025