

الطيف Spectrum

- شهد القرن التاسع عشر من القرن الماضي تطوراً كبيراً على معرفتنا للأطياف.

نيوتن في عام ١٦٦٦ كان قد بين بأن الضوء الأبيض المذنب من الشمس

يحوي على كل جميع الألوان والتي تظهر عندما يمر شعاع ضوئي خلال

موشور زجاجي. الألوان تتدرج من الأحمر إلى اللون البنفسجي ماراً

بجميع الألوان التي يحويها قوس قزح.

- ١٨٥٥ أثبت هيرشل Herschel التأثير الحراري للأشعة تحت

الحرارة

- بعد ذلك اختص ريتزر Ritter الأشعة فوق البنفسجية (UV)

- خلال الفترة ١٨٨٥ إلى ١٩١٥ توصل بالمرور بالمرور

إلى علاقة تجريبية بين الترددات المرئية للخطوط

الطيف لذرة الهيدروجين

- في عام ١٨٩٦ اكتشف رونكيتن الأشعة السينية ونال عام ١٩٥١ جائزة نوبل.

- في عام ١٩١٣ جاء بور بنظرية لذرة الهيدروجين حيث

أعطت معادلات حساب مستويات الطاقة للإلكترونات الذرية

لسلاسل ذرة الهيدروجين.

د. نبيل جنان بهنام فتوح

جامعة بغداد، كلية العلوم للبنات

قسم الفيزياء

وينقسم الطيف الكهرومغناطيسي إلى المناطق التالية:

- ① منطقة الترددات الراديوية ② منطقة المايكرويف ③ منطقة الأشعة تحت الحمراء ④ منطقة الأشعة المرئية ⑤ منطقة الأشعة السينية ⑥ منطقة الأشعة كاما

المناطق (١) و (٢) بالأسفل:

① منطقة الترددات الراديوية Radio Frequency region

- تردداتها تقع بين 3×10^6 - 3×10^{10} Hz

- طولها الموجي $10m - 1cm$

- الطيف ناتج عن تغير العزم $change spin$ (بواسطة الرنين النووي المغناطيسي)

• (v.m.r) و الرنين الإلكتروني المبرمج (e.s.r)

- العلاقة $J/mol = (10^3 - 10)$

د. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

② منطقة المايكرويف Microwave region

- تردداتها 3×10^{10} - 3×10^{12} Hz

- طول الموجي $1cm - 100mm$

- تعتبر أطياف دورانية Rotational Spectroscopy

- العلاقة $J/mol = (10^3 - 10)$

(2)

منطقة الأشعة تحت الحمراء (IR) Infrared Region

- تردد صامق بين 3×10^{12} - 3×10^{14} Hz
- طول الموجه يتراوح بين 1 - 100 μm
- تعتبر الطيف اهتزازية *Vibrational Spectroscopy*
- طاقتها 10^3 - 10^5 J/mol

④ منطقة الضوء المرئي + الأشعة فوق البنفسجية Visible and UltraViolet Region

- التردد 3×10^{16} - 3×10^{14} Hz
- طول الموجه 10 nm - $1 \mu\text{m}$
- تعتبر الطيف الكترونية *Electronic Spectroscopy* ناتجة عن تغير التوزيع الإلكتروني

د. نبيل جنان بهنام فنوح
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

- الطاقة 10^5 - 10^7 J/mol

⑤ منطقة الأشعة السينية X-ray region

- ترددات 10^{18} - 10^{16} Hz, X-ray
- طول الموجه 100 pm - 10 nm
- طيف X-ray نتيجة الانتقالات الإلكترونية الداخلية للذرة
- الطاقة 10^7 - 10^9 J/mol

الفيزياء الذرية / اعداد د. نبيل جنان بهنام

⑥ منطقة اشعة جاما Gamma Ray region

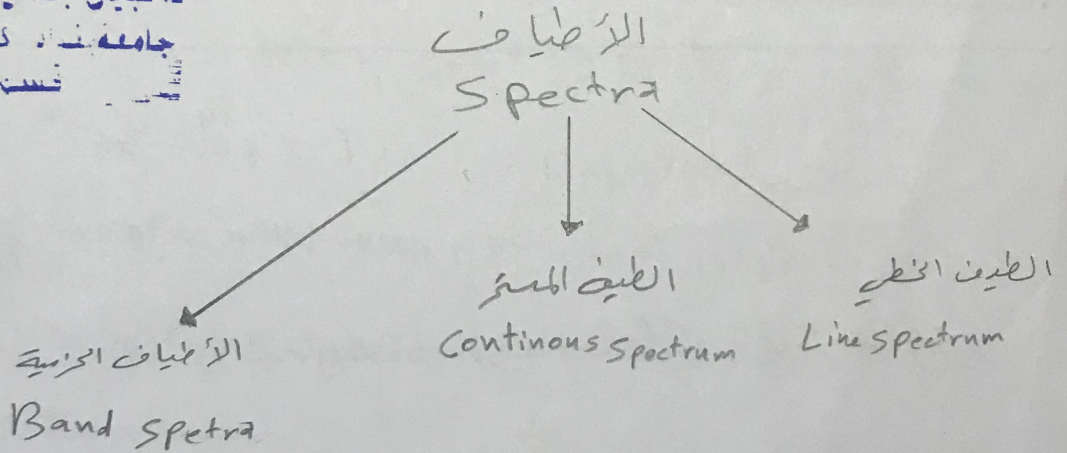
- تردداتها تقع $(10^{18} - 10^{20})$ Hz .

- الطول الموجي $(1 - 100)$ pm .

- تحدث نتيجة التفاعلات النووية .

- الطاقة $(10^9 - 10^{11})$ kcal/mol .

د. نبيل جنان بهنام فتوحي
جامعة بغداد كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء



١- الطيف الخطي Line spectrum

يُسمى على أحوال مادية معينة يتميز بها العنصر الباحث
للاختصاص والمعلوم في البوب التفريغ الكهربائي للمرات
وهذه الخطوط تنتج من التحولات الطاقة داخل ذرة الغاز
أو البخار .

د. نبيل جفان بهنام فتوح
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

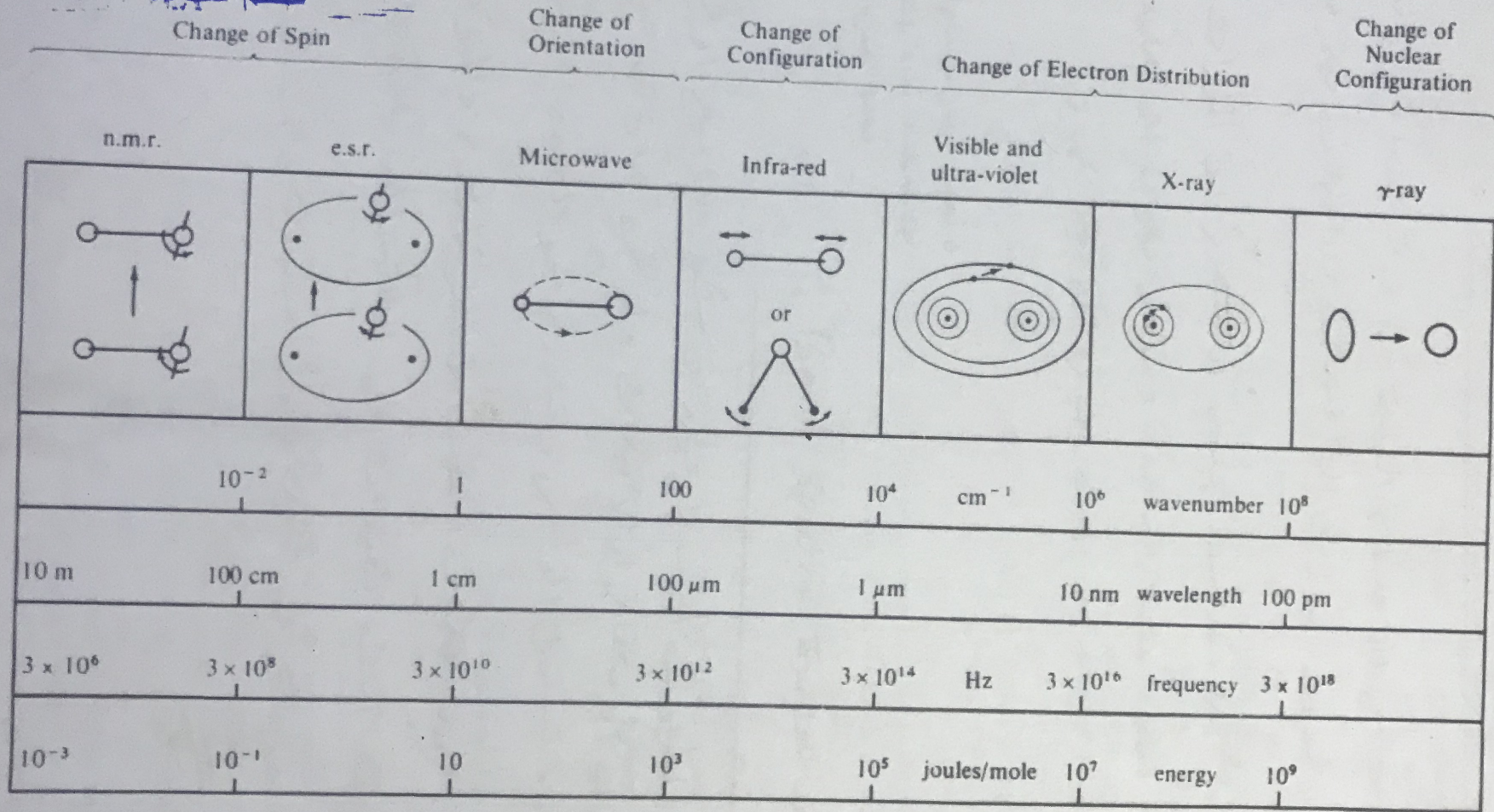


Figure 1 The regions of the electromagnetic spectrum.

سؤال (١) الطيف الكهرومغناطيسي و تقسيماته حوزته حسب العدد الموجي والطول الموجي والتردد وطاقة

الطيف المستمر Continuous Spectrum :

ينتج من توهج الزئبق الصلب كما يحدث عندما نسخن فتيلة الصباح الكهربائي. توزيع الطاقة في هذا الطيف يعتمد فقط على

درجة حرارة مصدره. كذلك يجب ان نتصور ان الذرات في المادة الصلبة تكون متقاربة جداً وتؤثر بقوة على بعضها البعض بحيث لا تكون قادرة على بعث أطوالها الموجبة المميزة.

د. نبيل جنان بهنام فنوحي
جامعة بغداد كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

③ الأطياف الخطية Band Spectra :

تلاحظ في الأطياف البعيدة يظهر على شكل مجاميع أو حزم مستفردة من الخطوط في الأمعاء أو الألبعات. أو هي عبارة عن حزم لها هامة حادة تسمى الرأس وتترجم نحو الطيف الأحمر أو

البفجي. هذه الأطياف تنبعث من الجزيئات، والتوزيع الدقيق للخطوط يعزى إلى تغيرات في الطاقة الدورانية للجزيئة، بينما كل حزمة في الطيف تعود إلى تغيرات في الطاقة الإلكترونية.

Hydrogen Spectral Lines

خطوط طيف الهيدروجين

خلال الفترة ١٨٨٥ - ١٦١٠ توصل بالمر ورايدر بهدك
الى علاقات تجريبية تغطي الترددات المنبوتة لخطوط طيف
ذرة الهيدروجين والتي تسمى اليوم ببساطة بالمر .

ولم يتوفر تفسير لهذه العلاقات التجريبية الى ان جاء بور
Bohr عام ١٩١٣ بنظريته، لذرة الهيدروجين مشيراً الى ان ذرة
الهيدروجين موجودة فقط على حالات طاقة معينة وبذلك

تكون مستويات الطاقة
منفصلة وليست متصلة
بل هي كمية

١- ان طاقة ذرة الهيدروجين توجد بشكل كمات quanta أي الذرة تتخذ
طاقات منفصلة معينة فقط $E_1, E_2, E_3, \dots$ وقد سمى بور هذه
الحالات المسماة ذات الطاقة الثابتة بالحالات المستقرة
للذرة .

٢- لا تبعث الذرة على حالتها المستقرة انبعاثاً حريراً متواظلاً .

٣- اذا حدث انتقال الكترون من حالة مستقرة E_p الى
حالة افرى E_f مشرطية E_f حان تردد الضوء المنبعث (ν) يعطى

بالعلاقة :

$$E_f - E_p = h\nu$$

(١)

وطي حالة امتصاص ضوء يحدث انتقال الكترون من حالة
منخفضة والطاقة افرى اعلى فعلى حد مصادر

الفيزياء الذرية / د. نبيل جنان بهنام

(5)

$$\Delta E = E_F - E_i = -R h c Z^2 \left[\frac{1}{n_F^2} - \frac{1}{n_i^2} \right] \quad \text{--- (2)}$$

حيث R ثابت ريدبيرك :

$$R = \frac{m K_e^2 e^4}{4 \pi c h^3} = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1} \\ = 1.097 \times 10^{-3} \text{ \AA}^{-1}$$

$$\Delta E = E_F - E_i = -13.6 Z^2 \left[\frac{1}{n_F^2} - \frac{1}{n_i^2} \right] \text{ (eV)} \quad \text{--- (3)}$$

د. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

حيث n اذ السرعة المدارية للإلكترونات

$$v_n = \frac{Z}{n} v_0$$

(4)

$$v_0 = 2.19769 \times 10^6 \text{ m/s}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

نصف قطر المدار r_n

$$r_n = n^2 r_0$$

(5)

$$r_0 = 0.529 \text{ \AA}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

حيث اذا عرفنا $(n=1)$ المدارية (5) نصف قطر بور:

$$r_1 = 0.529 \text{ \AA}$$

إذا ادركنا صواب العلاقة المستوي n ،

$$E = - R h c \frac{Z^2}{n^2} \quad \text{in Joule} \quad \text{--- (6)}$$

$$E = - 13.6 \frac{Z^2}{n^2} \quad \text{in (eV)}$$

Note : $1 \text{ eV} = 1.60217653 \times 10^{-19} \text{ Joule}$

الآن هو الوقت المناسب للمقارنة بحسب من العلاقة ،

$$\frac{1}{\lambda} = R Z^2 \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \quad \text{--- (7)}$$

Series	n_f	n_i
① Lyman	1	2, 3, 4, ...
② Balmer	2	3, 4, 5, 6
③ Paschen	3	4, 5, 6, 7
④ Brackett	4	5, 6, 7, 8
⑤ Pfund	5	6, 7, 8, 9

د. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

١٤- يتمركز الإلكترون على ذرة الهيدروجين في أوربتال

حائز على حرك النواة وينحرف لقوانين الميكانيك الكلاسيكي
وان العلاقة الإلكترون تبادلي حامل جميع الطاقة الحركية
و العلاقة بين التجاذب الكروستاتيكي بين الإلكترون والنواة

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 \quad \text{"Kinetic Energy"} \quad \text{--- (7)}$$

طاقة حركية

$$E_p = - \frac{k_e Z e^2}{r} \quad \text{"potential Energy"} \quad \text{--- (8)}$$

طاقة كامنة

ان الذرات المسموعة هي تلك التي يكون فيها زخم الإلكترون
الزاوي mvr مساوياً لـ $n\hbar$.

$$mvr = n\hbar$$

(9) --- (شرط بور)

حيث $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ و m كتلة وسرعة الإلكترون v نصف قطر المدار

د. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

الطاقة التأين Ionization Energy

تقريباً الطاقة التأين القوة التي يوتبل بها الإلكترون بالذرة .

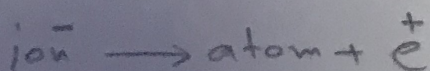
وهي تكافئ الطاقة اللازمة لإزالة الكترون واحد من ذرة
متعادلة في حالتها الغازية .

ذرة الهيدروجين لها طاقة تأين واحدة هي 13.6 eV وهي

الألفة الإلكترونية Electron Affinity

هي الطاقة التي تحرر عندما تظم الذرة الكترونًا لها . وهي

تُكافئ الطاقة اللازمة لإزالة الكترون من ايون سالبي



تسمى الألفة الإلكترونية بـ $E.A$ ، ان العنصر الذي
 يحوي L سبعة الكترونات سوف يحتاج الى الكترون
 واحد لكي يشبع L الذي يمتلك بهثمان الكترونات وهذا يعني
 ان العنصر الذي تكون الفةها تحتاج عدد قليل من الالكترونات لكي تشبع
 لها $E.A$ الكترونية عالية .

Atom	$E.A (ev)$
H	0.75
O	1.47
F	3.34

هذه العناصر هي من
 العناصر التي لها
 الفة عالية

والذرات التي تحوي عدد اخلنة مغلقة او اخلنة ثلوية مغلقة
 لها في الغالب الفة الكترونية صغيرة مثل الغازات النبيلة
 (He, Ne) و البريليوم والمغنيسيوم والزنك .

Atom	$E.A (ev)$
He	≤ 0
Ne	≤ 0
Zn	≤ 0
Mg	≤ 0

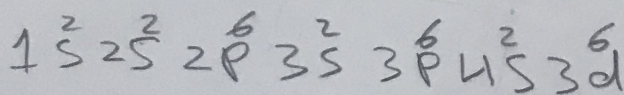
قاعدة هوند Hund's Rule

- الإلكترونات تملأ المدارات بحيث يكون لبرصها متوازيًا.
- في حالة البرم المتوازية الممثلة $\uparrow \uparrow$ ، أما في حالة البرم المتعاكسة $\uparrow \downarrow$ فتكون مساوية صفر.
- أساس قاعدة هوند هو مبدأ التفاضل بين الإلكترونات الذرية، ونتيجة لهذه القوة كلما تعدت الإلكترونات من المدارات تفضل الارتفاع في طاقة الارتفاع.
- الإلكترونات ذات البرم المتوازية تكون متباينة طلي في الفضاء أكثر مما لو كان لبرصها متعاكسًا :

* طاقة النظام طلي الحالة الأولى أقل من طاقة النظام طلي الحالة الثانية .

* الإلكترونات ذات البرم المتوازية أكثر استقرارًا

مثلا الحديد $Fe (Z=26)$ الترتيب الإلكتروني حسب قاعدة توزيع الإلكترونات على الأغلفة



$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & & & & \\ \hline \end{array}$$

د. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

مثلا حالة البرم المتعاكسة $\uparrow \downarrow$
البرم المتوازية $\uparrow \uparrow$

نذكر بالاعداد الكمومية ومنها:

١- عدد الكم الأساسي (n)

Principle Quantum Number

يأخذ اعداد صحيحة من (١) الى (∞) ، وهذا العدد يصف لنا

تكميم الطاقة الالكترونية وكذلك حجم الاوربتال فكلما

ازداد العدد ابتعد الاوربتال عن النواة وازاد حجمه.

٢- عدد الكم الدوراني (l)

Orbital Quantum Number

د. نبيل جنان بهنام فتوح

جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات

قسم الفيزياء

- يحدد الاقلنة الثانوية

--- $l = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$ --- s, p, d, f, g, h, i رمز الفلوان
الثانوي- يأخذ القيم من ٠ الى $(n-1)$

- يحدد كمية الزخم الزاوي (L) للالكترون

$$L = \sqrt{l(l+1)} \frac{h}{2\pi} \quad \text{--- (١٥)}$$

مع هاتين المعادلتين
نستطيع ان نجد قيم
الزخم الزاوي والكمية
المغناطيسية

3- عدد الكم المغناطيسي (m_l)

Magnetic Quantum Number

- يحدد مركبة الزخم الزاوي (L) باتجاه المجال المغناطيسي الخارجي المسلك في اللف، وتكتم هذه المركبة يدعى بتكسيم المجال فلو شرطنا ان المجال المغناطيسي باتجاه محور Z فان مركبة L لهذا الاتجاه تتحدد بالقيم

$$L_z = m_l \hbar \quad \text{--- (10.9)}$$

- القيم المسموحة m_l التابعة لقيمة معينة l هي:

$$-l, 0, l$$

$$m_l = 0, \pm 1, \dots, \pm l \quad \text{--- (2l+1) قيم}$$

$$(10.10) \quad \text{--- لفرق}$$

4- عدد الكم المغناطيسي المعزى m_s

Spin Magnetic Quantum Number

- اقترحه العالمان كولرست و أهلنبريك عام 1925

- الإلكترون يمتلك زخمًا زاويًا ذاتيًا بالإضافة الى زخمه

الزاري الأوربتالي وهذا الزخم ناتج عن حرم الإلكترون

حول نفسه

$$-\frac{1}{2} < m_s < +\frac{1}{2}$$

د. نبيل جابر بنهنام فتوح

جامعة بغداد كلية العلوم للبنات

قسم الفيزياء

(٩)

مركبة الزخم الزاوي للمركبة المعزلة S_z للألكترون
في المجال المغناطيسي باتجاه محور Z تحدد بحدوث الكم
المغناطيسي للمركبة المعزلة m_s حسب العلاقة:

$$S_z = m_s \hbar \quad \dots (11)$$
$$= \pm \frac{1}{2} \hbar$$

د. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

5- كم الكم المعزلة S
Spin Quantum number

- يصف الزخم الزاوي للمركبة الكلية للألكترون
- لها قيمة واحدة وهي $S = \frac{1}{2}$

- مقدار قيمة S تساوي

$$S = \sqrt{s(s+1)} \hbar \quad \text{و } s = \frac{1}{2} \quad \dots (12)$$
$$= \frac{\sqrt{3}}{2} \hbar$$

الفيزيائي الدكتور / د. نبيل جنان بهنام

يتبين مما تقدم ان كل الكثر من n يتحدد بأعداد الكم
الاربعة و ان جميع الالكترونات التي لها عدد الكم الاساسي
(n) تكون على المسافة نفسها من النواة تقريبا و تمتلك نفس
الطاقات تقريبا.

نرمز للأغلفة الذرية المختلفة بحروف كبيرة

$$n = 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

$$K, L, M, N, O, P$$

د. نبيل جنان بهنام فقوحي
جامعة بغداد كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

بسم الله الرحمن الرحيم
الحمد لله الذي هدانا لهذا
الذي كنا لسنا بمبلغه
ملاحظة مهمة

أعداد الكم الاربعة لا نستطيع ان نعطينا جميع حالات الذرة
او الذرات المتعددة دون ان تأخذ بدور الاعتبار

- 1- مبدأ باولي للاستبعاد أو الاستثناء
- 2- قاعدة هوند

لفهم التركيب الدقيق للذرات المعقدة

يبدأ مبدأ باولي للاستثناء Pauli exclusion : انه لا يمكن
لأكثر من الكترون واحد في الذرة ان يأخذ نفس اعداد
الكم الاربعة (n, l, m, m_s)

Total Angular momentum الذخم الزاوي الكلي

وله حالتان في حالة الأنظمة التي تحتوي على إلكترون واحد
في غلافها الخارجي (one electron only) والحالة
الثانية هي الأنظمة التي تحتوي أكثر من إلكترون في
غلافها الخارجي (Many-electron Atoms). حيث يستفاد
منه في كتابة الرموز الذرية للأطياف الذرية.

أولاً: الذخم الزاوي الكلي لذرات تمتلك إلكترون واحد في
غلافها الخارجي (one only):

د. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

- يصف الذخم الزاوي الكلي بالمعادلة التالية:

$$J = L + S \quad \text{--- (13)}$$

حيث S يمثل مرم الإلكترون حول نفسه، ويمثل L قيمة واحدة $\frac{1}{2}$.

- قيمة المتجه J تحسب من المعادلة

$$J = \hbar \sqrt{J(J+1)} \quad \text{--- (14)}$$

حيث J هو العدد الكمي للزخم الزاوي الكلي
والذي يساوي مجموع العددين الكمي للزخم الزاوي المداري
والزخم الزاوي المغزلي.

الفيزياء الذرية / د. نبيل جنان بهنام

المغزلي

- اذا تم ضرب كل من (m_z, m_s, m_l) بـ $\hbar$ نحصل على
ساقط الاعداد الصحيحة يسمى z .

$$L_z = m_l \hbar \quad (1)$$

$$S_z = m_s \hbar \quad (2)$$

$$J_z = m_j \hbar \quad (3)$$

m_l : عدد الكم المغزلي المداري
 m_s : " " " المغزلي
 m_j : " " " الكلي

m_j يأخذ القيم

$$m_j = -j, -(j-1), \dots, (j-1), j$$

منه $2j+1$ قيمة
 (16)
 في الحالة المغزلية
 في الحالة المدارية

منه

١- قاعدة الاختيار "Selection Rule" في حالة الاكسزونات المنزود
 للانتقالات الطيفية :

$$\Delta l = \pm 1$$

$$\Delta n = \text{اي قيمة anything}$$

د. نبيل جنان بهنام فتوح
 جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
 قسم الفيزياء

(11)

• P الرمز اللطيفة للمادة اللطيفة

SOL

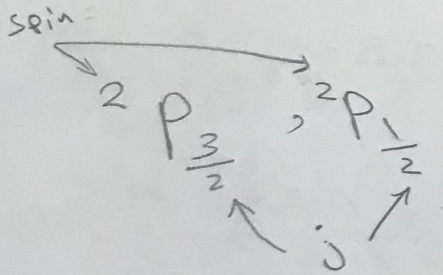
$$P < \begin{matrix} S = \frac{1}{2} \\ l = 1 \end{matrix}$$

$$2 = 2 \times \frac{1}{2} + 1 = 2S + 1 \quad \begin{matrix} \text{المعادلة المسددة} \\ \text{(Denegery)} \end{matrix}$$

$$J = 1 \mp S$$

$$J = l + \frac{1}{2} \quad \text{or} \quad J = l - \frac{1}{2}$$

$$J = l \mp S = 1 \mp \frac{1}{2} = \frac{3}{2}, \frac{1}{2}$$



د حالتان فقط

د. نبيل جنان بهنام فتوحي
جامعة بغداد كلية العلوم للبنان
قسم الفيزياء

في حالة اذا طلب قيمة J

$$|J| = J = \sqrt{J(J+1)} \quad h$$

$$(J = \frac{1}{2}) = \sqrt{\frac{1}{2}(\frac{1}{2}+1)} \quad h = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad h$$

$$(J = \frac{3}{2}) = \sqrt{\frac{3}{2}(\frac{3}{2}+1)} \quad h = \frac{\sqrt{15}}{2} \quad h$$

س/جودي الرموز الليبية للعلامات S.

$$S \begin{cases} l=0 \\ S=\frac{1}{2} \end{cases}$$

$$N = l + S \Rightarrow N = 0 + \frac{1}{2}$$

$$N = \frac{1}{2}, \left(-\frac{1}{2}\right) \Rightarrow \text{جمل}$$

$$00 \left[N = \frac{1}{2} \right]$$

د. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

$$2 = 2 \times \frac{1}{2} + 1 = 2S + 1 \quad \text{التعددية}$$

Doublet
S State

$$\rightarrow 2S_{\frac{1}{2}}$$

الرمز الطيفي

ملاحظة: $2S_{\frac{1}{2}}$ لأن $N = -\frac{1}{2}$ ولا يوجد عدد كمي
أصغر من $\left(-\frac{1}{2}\right)$ وهذا يؤدي إلى قيمة N تكون سالبة

ملاحظة: يجب التفريق بين كتابة مرتبة الذخم الزاوي كمتجه $\vec{N}$
و بين العدد الكمي للذخم الزاوي الكلي N و بين قيمة والتي تكتب
$$N(N+1) \hbar$$
 إذا

الدكتور الاريق / د. نبيل جنان بهنام

(12)

1/ ارسى الانتقالات اللطيفة $H\alpha$ ($n=3 \rightarrow n=2$)

Sol

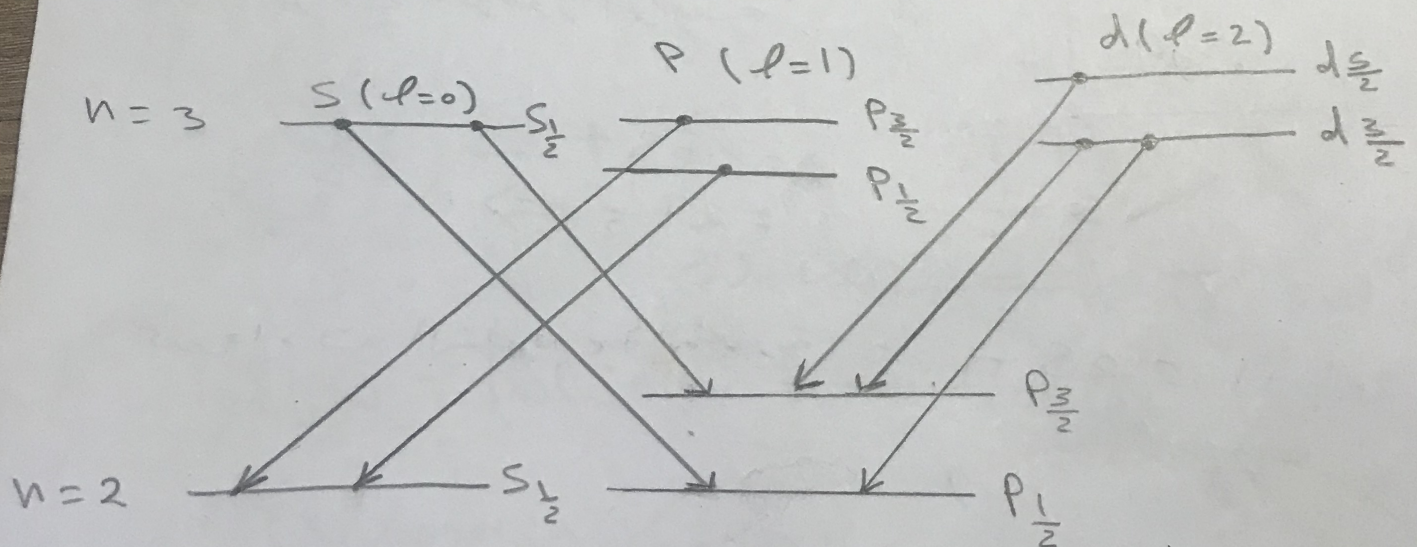
$$n=2 \Rightarrow l=0 \dots (n-1) \Rightarrow l=0, 1 \quad (S, P)$$

$$j = l \mp s$$

$$l=0, s=\frac{1}{2} \Rightarrow j=\frac{1}{2} \Rightarrow S_{\frac{1}{2}}$$

$$l=1, s=\frac{1}{2} \Rightarrow j=1 \mp \frac{1}{2} \Rightarrow j=\frac{3}{2}, \frac{1}{2} \Rightarrow P_{\frac{3}{2}}, P_{\frac{1}{2}}$$

$$l=2, s=\frac{1}{2} \Rightarrow j=2 \mp \frac{1}{2} \Rightarrow j=\frac{5}{2}, \frac{3}{2} \Rightarrow d_{\frac{5}{2}}, d_{\frac{3}{2}}$$



الطاقة اعملاة يمثل الانتقالات اللطيفة $H\alpha$ والتي تتخضع لقاعدة الانتقار "Selection Rule"

$$\Delta j = 0, \pm 1$$

$$\Delta l = \pm 1$$

$$\Delta n = \text{Anything}$$

د. نبيل جنان بهنام فنوحى

جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات

قسم الفيزياء

Electron

11/11/2020

إذا اردنا التأكد من قاعدة الاضمحلال Δn نأخذ الآن من الرسم السابق

$$3S_{\frac{1}{2}} \longrightarrow 2P_{\frac{3}{2}}$$

$$\Delta n = 2 - 3 = -1 \quad OK$$

$$\Delta l = 0 - 1 = -1 \quad OK$$

$$\Delta j = \frac{3}{2} - \frac{1}{2} = 1 \quad OK$$

الانتقال

مسموح

لأنه يحقق قواعد

الانتقال

وبقية الانتقالات أيضاً ينطبق عليها نفس القواعد

~ . ~ . ~ . ~ . ~

سأذكر الرموز اللفظية d

$$d \begin{cases} l=2 \\ s=\frac{1}{2} \end{cases}$$

$$j = l \pm s \\ = 2 \pm \frac{1}{2} \Rightarrow j = \frac{5}{2}, \frac{3}{2}$$

$$2 \times \frac{1}{2} + 1 = 2S + 1 = \text{عدد حالات التماثل (التعددية)}$$

$$2 =$$

$$^2d_{\frac{5}{2}}, ^2d_{\frac{3}{2}} \quad \text{الرموز اللفظية هي:}$$

(13)

مبدأ الزخم الزاوي الكلي لذرات متعددة الإلكترون

The Total Angular momentum of many electron
Atoms

- يباين أكثر من الكترون واحد على تعيين الزخم الزاوي المداري L و الزخم الزاوي المعزلي S لتكوين الزخم الزاوي الكلي J .

$$L = \sum l_i \quad \text{--- (17)}$$

$$S = \sum s_i \quad \text{--- (18)}$$

$$\Delta L = 0, \pm 1$$

$$\Delta J = 0, \pm 1$$

$$\Delta S = 0$$

$$J = L + S \quad \text{--- (19)}$$

قيمة J تحسب من المعادلة

$$|J| = J = \sqrt{J(J+1)} \hbar \quad \text{--- (20)}$$

- التفرعية أو تعدد حالات الشفاف (Degeneracy)
ولها حالتان

التفرعية $\leftarrow L > S$ (A)

$$2S+1$$

التفرعية $\leftarrow L < S$ (B)

$$2S+1 \text{ و تعدد } J$$

$$2L+1$$

الفيزياء الذرية / د. نبيل جنان بهنام

مثال / جدّي الرموز اللّيفية $S = \frac{1}{2}$ ، $L = 2$

Sol

$$J = |L \mp S| = |2 \mp \frac{1}{2}|$$

$$\therefore J = \frac{5}{2} , \frac{3}{2}$$

د. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

$$\therefore |L > S|$$

$$\therefore 2S + 1 = 2 * \frac{1}{2} + 1 = 2 \quad \text{Doublet}$$

التعددية $\rightarrow$

$$\therefore {}^2D_{\frac{5}{2}} , {}^2D_{\frac{3}{2}}$$

الرموز اللّيفية هي

مثال / جدّي الرموز اللّيفية $S = \frac{3}{2}$ ، $L = 1$

$$\text{Sol } J = |L \mp S| = |1 \mp \frac{3}{2}| \Rightarrow J = \frac{5}{2} , \frac{3}{2} , \frac{1}{2}$$

تد ٣ قيم

$$\therefore L < S \Rightarrow 2S + 1 = 2 * \frac{3}{2} + 1 = 4$$

↑ التعددية (quartet)

$${}^4P_{\frac{5}{2}} , {}^4P_{\frac{3}{2}} , {}^4P_{\frac{1}{2}}$$

الرموز اللّيفية هي

3 كد القيم

(14)

• $S=1$ ، $L=1$ ، الرمز اللغزى

SOL

$$J = |L \mp S| = |1 \mp 1|$$

$$= 0, 1, 2$$

$$2 \times 1 + 1 = 2S + 1 \quad \text{التعدد}$$

$$(Triplet) \quad 3 =$$

$${}^3P_0, {}^3P_1, {}^3P_2$$

والرمز اللغزى

بالامكان عكس السؤال يطي الرمز اللغزى ويطلب S و J

مثلا

$$\textcircled{1} {}^3S_1 \Rightarrow 2S + 1 = 3 \Rightarrow \boxed{S = 1}$$

$$\boxed{L = 0}, \quad \boxed{J = 1}$$

$$\textcircled{2} {}^2P_{3/2} \Rightarrow 2S + 1 = 2 \Rightarrow \boxed{S = \frac{1}{2}}, \quad \boxed{L = 1}$$

$$\boxed{J = \frac{3}{2}}$$

الفيزياء الذرية / د. نبيل هنانة

تأثير هيرم - المدار (Spin - orbit coupling)

ويكتب اختصاراً $L \cdot S$

$L \cdot S$: يفسر التركيب الدقيق على خطوط الطيف

على طائر التفاعل بين العزوم المغناطيسية

الناتجة من برم الإلكترون S وحركته المدارية

على الدوران L .

سأذكر في فقرة $L \cdot S$ بدلالة S و L و J .

(اشتق في $L \cdot S$)

$$J = L + S \quad , \quad J \cdot J = |J|^2$$

$$|J|^2 = (L + S) \cdot (L + S) = L \cdot L + 2L \cdot S + S \cdot S$$

$$= |L|^2 + 2L \cdot S + |S|^2$$

(1) ---

د. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

من معادله (1) نجد $L \cdot S$

$$L \cdot S = \frac{1}{2} (|J|^2 - |L|^2 - |S|^2) \quad \text{--- (2)}$$

$$\because L^2 = L(L+1)\hbar^2, \quad J^2 = J(J+1)\hbar^2, \quad S^2 = S(S+1)\hbar^2 \quad \text{--- (3)}$$

نعوض (3) بالمعادله (2) نحصل

(15)

$$L \cdot S = \frac{1}{2} [J(J+1) - L(L+1) - S(S+1)] \hbar^2$$

→ قانون مهم يجب مع الاستغناء

من 1، جدي $L \cdot S$ اذا كانت $L=1$ و $S=\frac{1}{2}$

Sol $J = L + S = 1 + \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$, $J = L + S - 1$
 $= 1 + \frac{1}{2} - 1$
 $= \frac{1}{2}$

∴ $J = \frac{3}{2}, \frac{1}{2}$

$$L \cdot S = \frac{1}{2} [J(J+1) - L(L+1) - S(S+1)] \hbar^2$$

for $J_{3/2}$ $L \cdot S = \frac{1}{2} \left(\frac{3}{2} \left(\frac{3}{2} + 1 \right) - 1(1+1) - \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} + 1 \right) \right) \hbar^2$
 $= \frac{1}{2} \hbar^2$

for $J_{1/2}$ $L \cdot S = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} + 1 \right) - 1(1+1) - \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} + 1 \right) \right] \hbar^2$
 $= -\hbar^2$

الفيزياء الذرية / د. نبيل جنان

HW
1/41 L.S کے لیے $2D_{3/2}$ د

اجواب / $-\frac{3}{2}\hbar$

3/42 L.S کے لیے $3F_2$ للمستوی

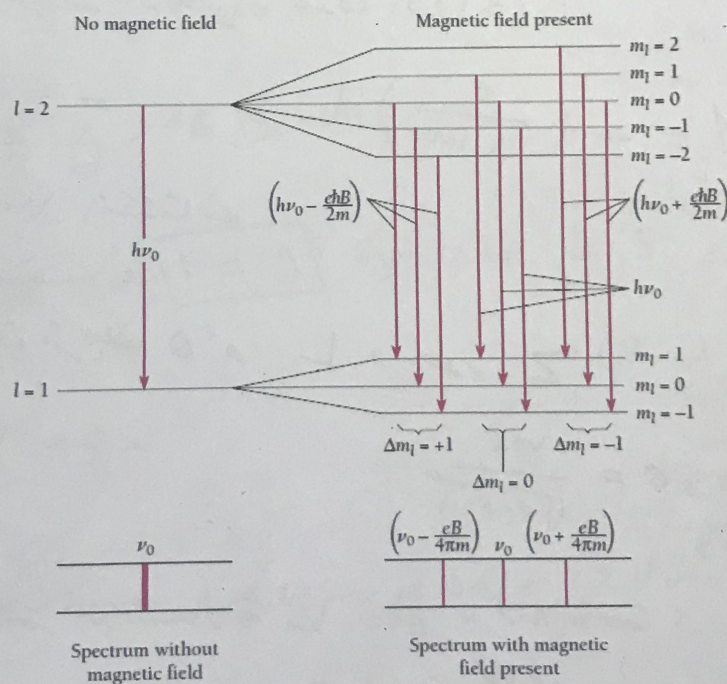
اجواب / $-4\hbar^2$

الفصل الثالث / الفيزياء الذرية / د. نبيلة جلعان (16)

ظاهرة زيمان Zeeman Effect

١ - ظاهرة زيمان البسيطة Normal Zeeman Effect :-

هي ظاهرة انشطار خط الطيف الى ثلاث خطوط عند تعرضه الى مجال مغناطيسي خارجي B طاقت كل خط اقله او اكثر من طاقت الفوتون الأصلي $(h\nu_0)$ ، و كما هو موضح بالشكل (2) .



الشكل (2) : يوضح ظاهرة زيمان البسيطة قبل وبعد وضع الذرات في المجال المغناطيسي ، ويلاحظ ان خط الطيف الأصلي للتردد ν_0 ينقسم (ينشطر) الى ثلاث مركبات بعد تعرض الذرات للمجال المغناطيسي B . احدى هذه المركبات ν_0 والثانية $(\nu_0 + \frac{eB}{4\pi m})$ والثالثة $(\nu_0 - \frac{eB}{4\pi m})$. حيث قاعدة الاختيار Selection Rule $\Delta m_l = 0, \pm 1$.

الخطوة 4: العلاقة التالية :-

$$\left. \begin{aligned} \text{(الخط الأول)} \quad \gamma_1 &= \gamma_0 - \mu_B \frac{B}{h} = \gamma_0 - \frac{eB}{4\pi m} \\ \text{(الخط الثاني)} \quad \gamma_2 &= \gamma_0 \\ \text{(الخط الثالث)} \quad \gamma_3 &= \gamma_0 + \mu_B \frac{B}{h} = \gamma_0 + \frac{eB}{4\pi m} \end{aligned} \right\} (21)$$

B: شدة المجال المغناطيسي.

العزم المغناطيسي M magnetic moment يعطى بالعلاقة التالية وصولاً إلى كين. مرتبة الإلكترون حول النواة ،

$$M_L = - \left(\frac{e}{2m} \right) L \quad \text{--- (22)}$$

↑
ن.س. اشتقاق

→ الزخم
المغناطيسي
المرتبة المدارية L

العلاقة التي تربط M و L والمحور Z ،

$$\cos \theta = \frac{m_l}{\sqrt{l(l+1)}} \quad \text{--- (23)}$$

الجهة أو الطاقة الانتشارية V_m تعطى بالعلاقة :-

$$\begin{aligned} V_m &= -M_L B \cos \theta \\ &= m_l \left(\frac{e\hbar}{2m} \right) B \quad \text{--- (24)} \end{aligned}$$

(الثابت $\left(\frac{e\hbar}{2m} \right)$ يدعى بمغناطيسية بوهر Bohr magneton

(17)

$$\mu_B = \left(\frac{e \hbar}{2m} \right) = 9.274 \times 10^{-24} \text{ J/T} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \dots (25)$$

$$= 5.788 \times 10^{-5} \text{ eV/T}$$

ويمكن إعادة كتابة المعادلة (24) بالشكل التالي،

$$V_m = m_e \mu_B B \quad \dots (26)$$

بأن طاقة حامل تجميع مدار الإلكترون g تصبح المعادلة

الآتية

$$V_m = g \mu_B B m_e \quad \dots (26.a)$$

عند اتصال L.S فإن $g = 1$ وسنعمل
المعادلة (26).

ملاحظات

١- المعادلات من (21) - (26) تعتمد على مسائل خاصة بزمكان البسيطة

٢- الطاقة الترددية ΔV بين حذ خلا ليعني على العلاقة

$$\Delta V = \frac{eB}{4\pi m} \quad \dots (27)$$

د. نبيل جنان بهنام فتوح
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

3 - لايجاد ΔE نشتق :

$$E = h \frac{c}{\lambda} \quad \text{--- (27.a)}$$

$$\Delta E = h \frac{c}{\lambda^2} \Delta \lambda \quad \text{--- (27.b)}$$

ΔE : الفاصلة بين مستويين للطاقة
 $\Delta \lambda$: الفاصلة الموجية (الفاصلة بين خطوط الطول الموجية)

4 - لايجاد الطول الموجي λ والطاقة بوحدة eV

$$E \text{ (eV)} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{12400}{\lambda (\text{\AA})} \quad \text{--- (27.c)}$$

(18)

و فضاء حاد داخل مجال مغناطيسي متساوية (B = 0.3 T) ماضية
 العوامل بين خطوط زيمان التابعة للخط الطيفي
 بطول موجي 4500 Å.

SOL $\Delta\lambda = ?$, $\lambda = 4500$ Å ($\nu = 1$)

العلاقة الترددية بين خطوط الطيفية ،

$$\Delta\nu = \frac{eB}{4\pi m} \quad \text{--- (1)}$$

للمحول $\Delta\lambda$ نشق العلاقة $E = \frac{hc}{\lambda}$

$$\Delta\nu = \frac{hc}{\lambda^2}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\frac{d\nu}{d\lambda} = - \frac{c}{\lambda^2}$$

نأخذ الإشارة الموجبة

$$\Delta\nu = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda^2} \quad \text{--- (2)}$$

نحوض المعادلة (2) بالمعادلة (1) نحصل

$$\Delta\lambda = \frac{eB\lambda^2}{4\pi m c}$$

$$\lambda = \frac{1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times (0.3 \text{ T}) \times (1.5 \times 10^{-9} \text{ m})^2}{4\pi (9.11 \times 10^{-31} \text{ Kg}) \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})}$$

$$= 2.83 \times 10^{-12} = 0.00283 \text{ nm}$$

د. نبيل جفان بهنام فتوح
جامعة بغداد / كلية العلوم للبنات
قسم الفيزياء

س / جدي شدة المجال المغناطيسي B اللازم لأشعة خافرة
رسمان البسيطة اذا كان المطايف يميز الخطوط الليلية بمقدار
 0.5 Å عند الطول الموجي 5000 Å .

Sol $\Delta V = \frac{e \hbar B}{4\pi m} \quad \dots (1)$

$$V = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow dV = -\frac{c}{\lambda^2} d\lambda \quad \dots (2)$$

وبأخذ مطلق dV من المعادلة السابقة، وتحويلها بالمعادلة (1)

$$B = \frac{4\pi m c}{e} \Delta V \frac{\Delta \lambda}{\lambda^2}$$

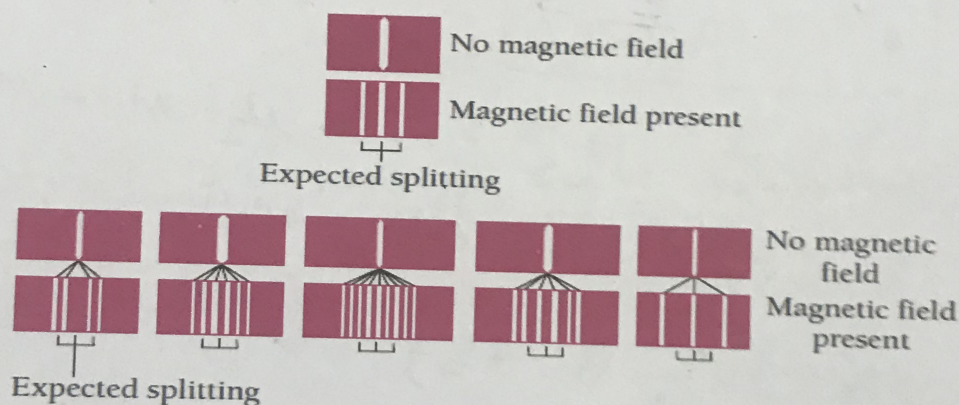
$$= \frac{4 \times 3.14 \times 9.11 \times 10^{-31} \text{ Kg} \times 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} \times \frac{0.5 \times 10^{-10} \text{ m}}{(5000 \times 10^{-10})^2}$$

$$= 4.28 \text{ T}$$

الفيزياء الذرية / اعداد د. نبيل جفان

ظاهرة زيمان المعقدة Anomalous Zeeman Effect :-

صغر ظاهرة انشطار الخط الطيفي الى أكثر من ثلاثة خطوط طيفية طاقت كل خط أكثر أو أقل بقليل من طاقت المكونات الأصلية (10%) وصفا موضح بالشكل (3) قبل وبعد تطبيق مجال مغناطيسي B.



الشكل (3) ظاهرة زيمان المعقدة Anomalous Zeeman Effect
لمختلف الخطوط الطيفية.

في هذه الظاهرة (ظاهرة زيمان المعقدة) يكون تأثير L, S كبيراً جداً، انشطار المستويات حيث تتعد مرتبات الزخم المداري $L = \hbar \sqrt{l(l+1)}$ مع مرتبات الزخم المغزلي $S = \hbar \sqrt{s(s+1)}$ للعمليات من الزخم الزاوي الكلي $J = L + S$.

الفيزياء الذرية / اعداد د. نبيل جنان بلال

العزم المغناطيسي بتأثير الزخم المداري L

$$\mu_L = - \left(\frac{e}{2m} \right) L$$

العزم المغناطيسي بتأثير الزخم المصوري S

$$\mu_S = - \frac{e}{2m} S \quad \text{--- (28)}$$

$$\therefore J = L + S \quad \text{و} \quad \mu_J = \mu_L + \mu_S$$

μ_J : العزم المغناطيسي للزخم الزاوي الكلي

$$\mu_J = - \frac{e}{2m} (L + S)$$

$$= \left(- \frac{e}{2m} \right) g |J|$$

$$= \left(- \frac{e\hbar}{2m} \right) g \sqrt{J(J+1)}$$

استقاف

$$\therefore \mu_J = \left(- \frac{e\hbar}{2m} \right) g \sqrt{J(J+1)} \quad \text{--- (29)}$$

العزم المغناطيسي للزخم الزاوي الكلي

(20)

معامل لانڈے g (Landé g -factor) و صر معامل
 نعل كى تصحيح عادات (M_s و V_m) و نعل
 الشايع الحامل كى شكل المدار .

$$g = 1 + \frac{J(J+1) + S(S+1) - L(L+1)}{2J(J+1)}$$

(30) ----

* قيمه $g = 1$ للمدار الراسى

الطاقة الثابتة الناتجة من وجود تأثير الزخم المعزى S

$$V_m = -\mu_s B \quad \text{--- (31.a)}$$

فرق الطاقة بين مستويين

$$\Delta V_m = B \frac{e\hbar}{m} \Delta m_s \quad \text{--- (31.b)}$$

فرق الطاقة ΔV_m بتأثير $L.S$

$$\Delta E = -\mu_{J,B} = \frac{e}{2m} g J \cdot B = \frac{e}{2m} g B J_z \Rightarrow$$

$$\Delta E = \frac{e\hbar}{2m} g B m_J \quad \text{--- (32)}$$