كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الثالثة

المادة : اطياف ذرية

المحاضرة : الثامنة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

مفعول زيمان:

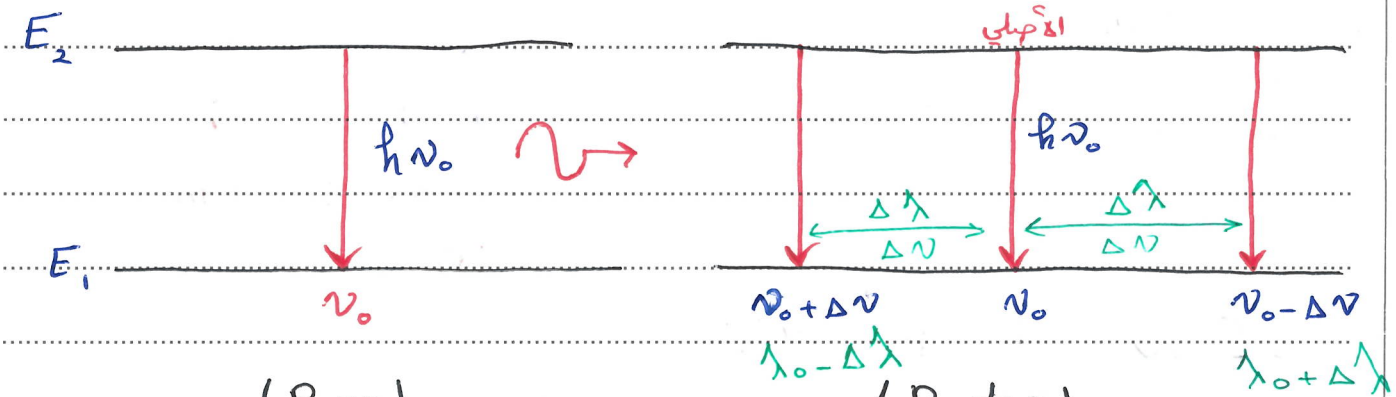
هو ظاهرة فيزيائية تعرف بانقسام الخطوط الطيفية الناتجة عن الذرة عندما تتعرض إلى حقل مغناطيسي خارجي B وفي هذا المفعول يهمل سبين الإلكترون ($S=0$) أي تهمل حركة الإلكترون حول محوره ويسمى في هذه الحالة مفعول زيمان العادي.

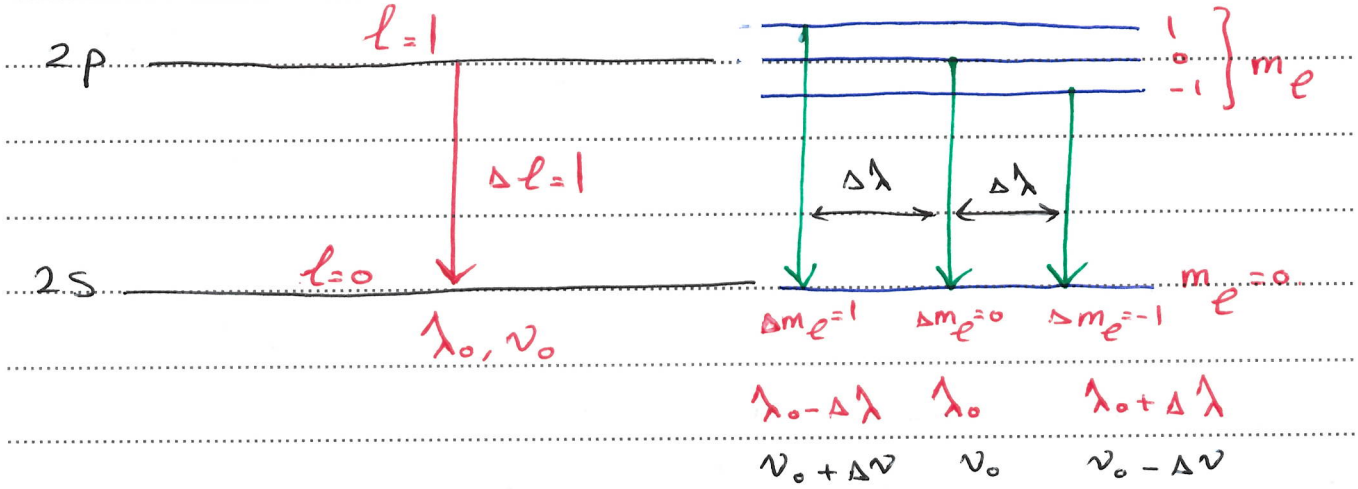
لنفرض أنه لدينا مصدر ضوئي يصدر خط طيفي تواتره ν_0 أطول موجة λ_0 ($\nu_0 \lambda_0 = c$) و ($c = 3.10^8\ m.s^{-1}$) وذلك في حالة عدم وجود حقل مغناطيسي.

وعندما نعرض المصدر الضوئي لحقل مغناطيسي خارجي B نلاحظ أن الخط الطيفي السابق ينقسم لثلاث خطوط هي:

الخط الأصلي الذي تواتره ν_0 وخطان جانبيان متساويان البعد عن الخط الأساسي (الأصلي) تواتر كل منهما $\nu_0 - \Delta\nu$ و $\nu_0 + \Delta\nu$

نسمي $\Delta\nu$ مقدار الإزاحة في التواتر للخط الطيفي





عندما نعرض الذرة لحقل مغناطيسي خارجي B فأنه يؤثر على حقل الذرة (الالكترون) ويجعل محور الالكترون يدور حول الحقل المغناطيسي الخارجي B ويسمى هذا بدوران لارمور وهذا الدوران يسبب زيادة في طاقة الذرة بمقدار ΔE التي تؤدي بدورها إلى انقسام في سويات الطاقة وبالتالي انقساماً في الخطوط الطيفية

أن مقدار الزيادة في الطاقة ΔE يتناسب طرداً مع الحقل المغناطيسي الخارجي B أي: $\Delta E \sim \mu_s B$ ...(1) حيث μ_s ثابت التناسب ويسمى مغنتون بور وهو ثابت فيزيائي يعطى بالعلاقة:

$$\mu_s = \frac{e\hbar}{2m} \quad ...(2)$$

$$\mu_s = 9,27 \cdot 10^{-24}\ A m^2$$

حيث e: شحنة الالكترون

$\hbar$: ثابت بلانك

m: كتلة الالكترون

نعوض (2) في (1):

$$\Delta E \sim \frac{e\hbar}{2m} B \quad ...(3)$$

وهذه الزيادة في الطاقة عبارة عن مقدار $\frac{e\hbar}{2m}$ مضروب بأي عدد صحيح يأخذ قيماً متقطعة من الطاقة حسب عدد الكم المغناطيسي m_e

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$\Delta E = \frac{e\hbar}{2m} B . m_\ell \quad ...(4)$$

انقسام سويات الطاقة المغناطيسية تحت تأثير حقل مغناطيسي خارجي B:

وجدنا أن $\Delta E = \frac{e\hbar B}{2m} m_\ell$

نعلم أن عدد الكم m_ℓ:

$$m_\ell = -\ell, \ldots, -2, -1, 0, +1, +2, \ldots, +\ell$$

إذا كان $m_\ell = 0 \Leftarrow \Delta E_0 = 0$

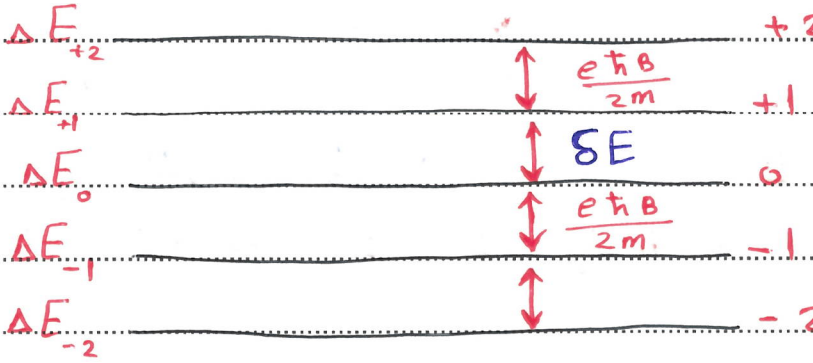
$$m_\ell = -1 \Leftarrow \Delta E_{-1} = -\frac{e\hbar B}{2m}$$

$$m_\ell = -2 \Leftarrow \Delta E_{-2} = -\frac{2e\hbar B}{2m}$$

وهكذا

$$m_\ell = +1 \Leftarrow \Delta E_{+1} = \frac{e\hbar B}{2m}$$

$$m_\ell = +2 \Leftarrow \Delta E_{+2} = \frac{2e\hbar B}{2m}$$



$$\Delta E_{+1} - \Delta E_0 = \frac{e\hbar B}{2m}$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$\Delta E_0 - \Delta E_{-1} = \frac{e\hbar B}{2m}$$

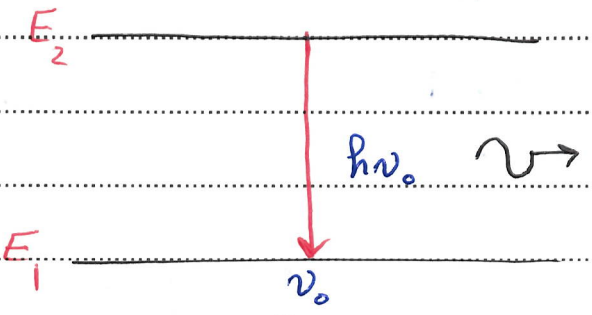
نستنتج مما سبق أنه تحت تأثير حقل مغناطيسي خارجي تنقسم سويات الطاقة المغناطيسية و مقدار الانقسام أو الازاحة يتناسب طرداً مع الحقل المغناطيسي الخارجي B وهذا الانزياح يعطى بالعلاقة:

$$\Delta E = \frac{e\hbar B}{2m}$$

ونرمز لعبارة بالرمز $\delta E = \frac{e\hbar B}{2m}$

الانزياح في تواتر الخطوط الطيفية تحت تأثير حقل مغناطيسي خارجي:

لنفرض أن الذرة تصدر الخط الطيفي الذي تواتره ν_0 عندما ينتقل الالكترون من السوية الطاقية E_2 إلى السوية الطاقية E_1 $(E_2 > E_1)$



وبالتالي طاقة الفوتون المنبعث

$$E = E_2 - E_1 \Rightarrow h\nu_0 = E_2 - E_1 \Rightarrow \nu_0 = \frac{E_2 - E_1}{h} \quad ...(1)$$

وعندما نفرض هذه الذرة لحقل مغناطيسي خارجي B فأن تواتر الفوتون يزداد بمقدار $\Delta\nu$ وطاقة الذرة تزداد بمقدار ΔE بالتالي علاقة (1) تكتب بالشكل التالي:

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$\nu_0 + \Delta\nu = \frac{E_2 + \Delta E_2 - (E_1 + \Delta E_1)}{h} = \frac{E_2 - E_1}{h} + \frac{\Delta E_2 - \Delta E_1}{h}$$

$$\overset{\text{حسب}}{\underset{(1)}{=}} \nu_0 + \frac{\Delta E_2 - \Delta E_1}{h}$$

$$\Delta\nu = \frac{\Delta E_2 - \Delta E_1}{h} \overset{\text{حسب}}{\underset{(4)}{=}} \frac{\frac{e\hbar}{2m} B m_{e_2} - \frac{e\hbar}{2m} B m_{e_1}}{h}$$

$$= \frac{e\hbar B}{2mh}\left(m_{e_2} - m_{e_1}\right)$$

m_{e_2} : عدد الكم المغناطيسي الموافق للحالة (2)

m_{e_1} : عدد الكم المغناطيسي الموافق للحالة (1)

$$= \frac{e\hbar B}{2\pi 2m h}\left(\Delta m_e\right) = \frac{eB}{4\pi m}\left(\Delta m_e\right) \ldots (2)$$

نعلم أنّ : مبدأ الإنتقاء $\Delta m_e = 0, \pm 1$

عندما $\Delta m_e = 0 \Rightarrow \Delta\nu = 0$

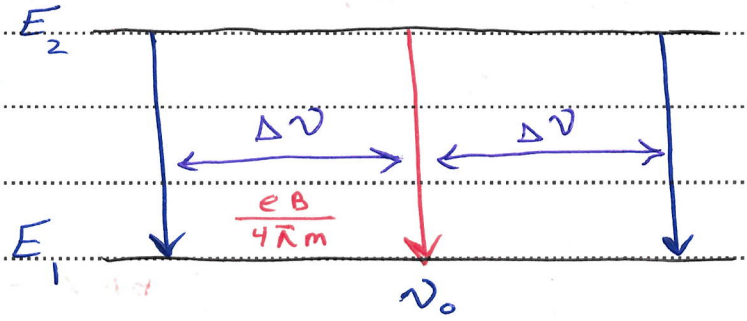
ويدل على الخط الطيفي الأساسي

$$\nu = \nu_0 + \Delta\nu \Rightarrow \nu = \nu_0$$

عندما $\Delta m_e = \pm 1 \Rightarrow \Delta\nu = \pm \frac{eB}{4\pi m} \ldots (3)$

وتعني أنّ الخط الطيفي الأساسي يتزاح على جانبي الخط بمقدار $\frac{eB}{4\pi m}$ لذلك نسمي المقدار $\Delta\nu = \frac{eB}{4\pi m} \ldots (4)$ مقدار الانزياح في تواتر الخط الطيفي.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة



حساب الانزياح في طول موجة الخط الطيفي تحت تأثير حقل مغناطيسي خارجي أي حساب $\Delta\lambda$:

نعلم أن

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

نفاضل الطرفين :

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

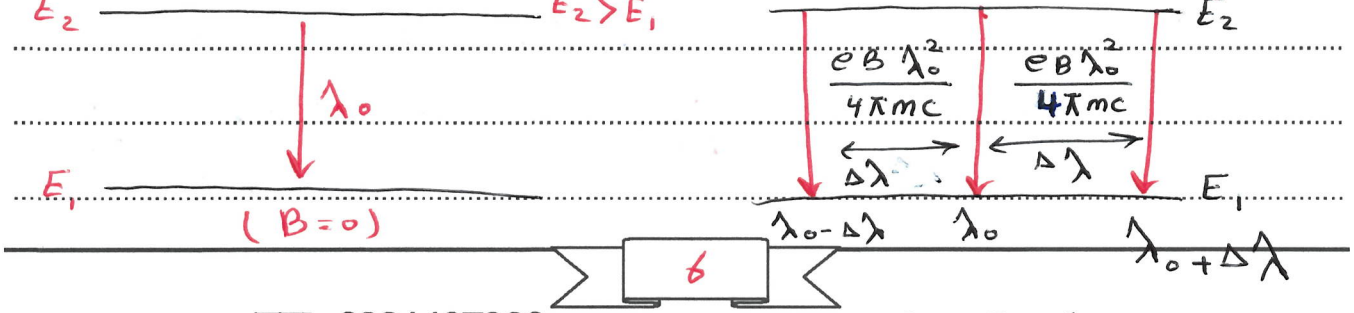
نستبدل التفاضل الرياضي d بالتغير الفيزيائي Δ : $(d \to \Delta)$

$$\Rightarrow \Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{c} \Delta\nu$$

وحسب العلاقة (4) نجد أن :

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{c} \frac{eB}{4\pi m} \quad , \quad \lambda \simeq \lambda_0 \Rightarrow \Delta\lambda = \frac{eB\lambda_0^2}{4\pi mc} \quad \ldots(4)$$

وهو عبارة عن مقدار الازاحة في طول موجة الخط الطيفي



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

مكتبة A to Z