الباب السابع

ذرة الإلكترون الواحد

يتحرك الإلكترون فى ذرة الأيدروجين حول النواة فى مجال قوة كهربائى F

$$F = -\frac{Z e^2}{r^2} \quad (Z = 1 \text{ for } H_2)$$

إذا كان V هو جهد الإلكترون

$$\therefore F = -\frac{dV}{dr}$$

$$\because \quad dV = -F\,dr = \frac{e^2}{r^2}\,dr$$

$$\therefore V = -\frac{e^2}{r}$$

حيث r هو بعد الإلكترون عن النواة (ويساوى بالإحداثيات المتعامدة $(x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}$ وتصبح معادلة شرودنجر لإلكترون ذرة الأيدروجين :

$$\nabla^2 \Psi + \frac{8\pi^2 m}{h^2}\left(E + e^2 (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}\right)\Psi = 0$$

يعطى حل هذه المعادلة قيمة الدالة الموجية Ψ بدلالة x, y, z فى أى مكان حول النواة . يكون احتمال وجود الإلكترون كبيرا كلما زادت قيمة $I\Psi I^2$

ويستخدم عادة لحل المعادلة السابقة الإحداثيات القطبية الكرية $r\ \varphi\ \theta$ Spherical polar coordinates المبينه شكل (٧ – ١) حيث :

$$r = (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}$$

وباستخدام الاحداثيات x, y, z بالاحداثيات القطبية $r\ \varphi\ \theta$

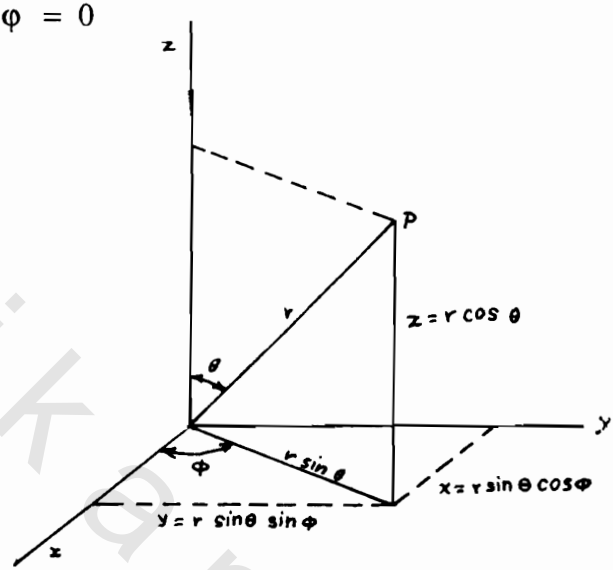
فى معادلة شرودنجر نجدها قد انفصلت الى ثلاثة معادلات تفاضلية معتادة : —

$$\left|\frac{d^2}{dr^2} + \frac{2}{r}\frac{d}{dr} + \frac{8\pi^2 m}{h^2}\left(E + \frac{e^2}{r}\right) - \frac{\lambda}{r^2}\right| R = 0 \qquad \ldots\ldots (a)$$

obeikandl.com

$$\left| \frac{d^2}{d\theta^2} + \cot \frac{d}{d\theta} + \lambda - \frac{m_\ell^2}{\sin^2\theta} \right| \Theta = 0 \qquad \ldots\ldots (b)$$

$$\left| \frac{d^2}{d\phi^2} + m_\ell^2 \right| \varphi = 0 \qquad \ldots\ldots (c)$$



شكل (٧ – ١)

حيث λ يسمى Separation parameter عامل الانفصال وحيث الدوال $\varphi\ \Theta\ R$ تبين تغير الدالة الموجية في هذه الاتجاهات $\phi\ \theta\ r$

أولا : حل المعادلة الثالثة (c) سهل ويعطى دالة جيب أو جيب تمام أى :

$$\varphi = e^{i m_l^2} \cdot \phi$$

ويجب أن يكون m_ℓ صحيحا integer وإلا كانت الدالة الموجية φ متعددة القيمة . ويسمى m_ℓ **بالعدد الكمى المغناطيسى** .

ثانيا : قيم المتغير λ التى لا تعطى حلولا للمعادلة (b) بحيث تكون الدالة الموجية Θ محدودة ومتصلة وأحادية القيمة هى :

$$\lambda = l\,(l+1)$$

ويكون بذلك عدد المعاملات التى لا تتوقف على بعضها هى $(2l+1)$

وهذه تناظر القيم المقبولة من العدد الكمى المغناطيسى m_ℓ

obeikandi.com

ثالثا : حل المعادلة الأولى (a) يشبه حل بئر الجهد القائم .

أى إننا لا نجد قيما مقبولة للدالة الموجية إلا إذا خضعت طاقة الإلكترون E للمعادلة :

$$E_n = -\frac{2\pi^2 m e^4}{h^2} \cdot \frac{1}{n^2} \qquad n = 1,2,3, \ldots..$$

وهذه هى نفس معادلة الطاقة التى تحصل عليها بوهر من نظريته الخاصه بالمسارات الإلكترونية .

أى أن الميكانيكا الموجية أعطت نفس مستويات الطاقة الإلكترونية ، ولكن لم يعد العدد الكمى النصف قطرى n ، radial q.N ، يصف مسار معينا ، ولكنه يعبر عن كثافة الاحتمال (الاحتمال لوحدة الحجوم) لوجود الإلكترونات على أبعاد مختلفة من النواة .

الدالة الموجية للهيدروجين :

يمكن كتابة الدالة الموجية للهيدروجين التى تصف حالته الأولى

$$\Psi_{1\,st}(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi\, a_0^3}}\, e^{-r/a_0}$$

حيث a_0 هو نصف قطر بوهر ويعطى بالمعادلة

$$a_0 = \frac{(h/2\pi)^2}{mke^2} = 0.0529 \quad n\,m$$

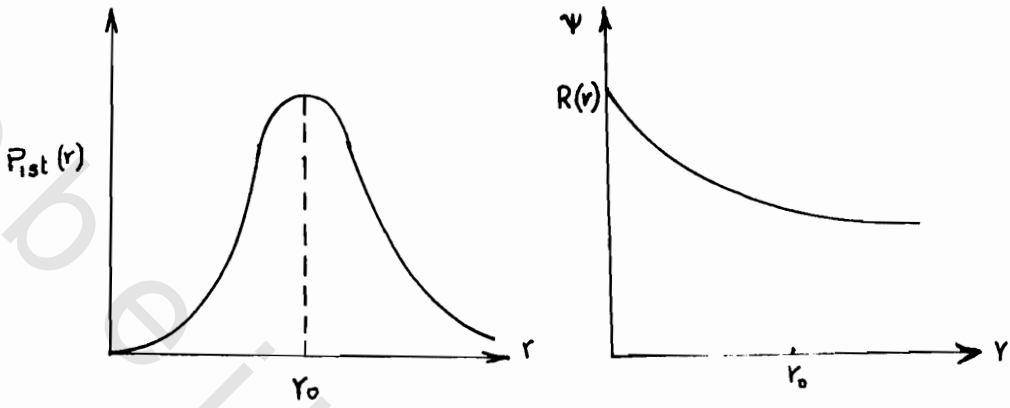
وفى هذه المعادلة k هو ثابت كولوم ويساوى :

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}$$

ويلاحظ أن الدالة الموجية $\Psi_{1\,st}(r)$ تتناقص مع r وتقترب قيمتها من الصفر عند البعد $r = \infty$ كما مبين بشكل (٧ -أ٢) .

وتعرف كثافة الاحتمال Probability density بأنها الاحتمال لوحدة الحجوم لوجود الإلكترون فى أى مكان ، وتساوى مربع الدالة الموجية (normalized) أى $\left|\Psi_{1\,st}\right|^2$ ،

obeikandl.com



(أ) (ب)

شكل (٧ – ٢)

وعلى ذلك تكون كثافة الاحتمال لوجود الإلكترون في المستوى الأول 1s state هو

$$\left|\Psi_{1\,st}\right|^2 = \left(\frac{1}{\pi\, a_0^3}\right) e^{-2r/a_0}$$

إذا اعتبرنا الحجم dV تكون كثافة الاحتمال لوجود الإلكترون فيه هو

$$P(r)\,dr = \left|\Psi\right|^2 dV = \left|\Psi\right|^2 4\pi r^2\, dr$$

وذلك باعتبار قشرة حول النواة تبعد مسافة r من المركز وسمكها dr أى أن كثافة الإحتمل فى اتجاه نصف القطر r هى :

$$P(r) = 4\pi r^2 \,.\, \left|\Psi\right|^2$$

وبالتعويض بدلا عن $\left|\Psi\right|^2$ نحصل على كثافة الاحتمال النصف قطرى لذرة الهيدروجين فى حالتها الأرضية

$$P_{1\,st}(r) = \left(\frac{4r^2}{a_0^3}\right) e^{-2r/a_0}$$

ويبين الشكل (٧ – ٢ ب) تغير $P_{1\,st}(r)$ مع r وقمة المنحنى تبين أكبر احتمال

للبعد r عند حالة معينة .

مثال : أوجد احتمال وجود الإلكترون خارج المسار الأول لبوهر فى ذرة الهيدروجين فى حالتها الأرضية .

الحل : نوجد الاحتمال بإجراء تكامل لكثافة الاحتمال $P_{1st}(r)$ ابتداء من نصف قطر بوهر a_0 وحتى مالانهاية .

$$P = \int_{a_0}^{\infty} P_{1st}(r)\, dr = \frac{4}{a_0^3} \int_{a_0}^{\infty} r^2 e^{-2r/a_0}\, dr$$

وبتغير المتغير r ووضع بدلا منه $x = \frac{2r}{a_0}$ يكون $dr = \left(\frac{a_0}{2}\right) d x$ مع مراعاة أن

$r = a_0$ عند $x = 2$

$$\therefore P = \frac{1}{2} \int_2^{\infty} x^2 e^{-x}\, dx = -\frac{1}{2}(x^2 + 2x + 2)e^{-x} \Big|_2^{\infty}$$

$$\therefore \quad P = 5\, e^{-2} = 0.677$$

أى أن درجة احتمال وجود الإلكترون خارج المدار الأول هى ٦٧و٧ ٪ .

الدالة الموجية للمستويات الأعلى من المستوى الأرضى

لكل قيمة من قيم n أى لكل حل من المعادلة (a) يوجد حل أو أكثر للمعادلة (b) وتوصف هذه الحلول بعدد كمى آخر ℓ يأخذ القيم

$\ell = 0, 1, 2, \ldots\ldots, (n-1)$.

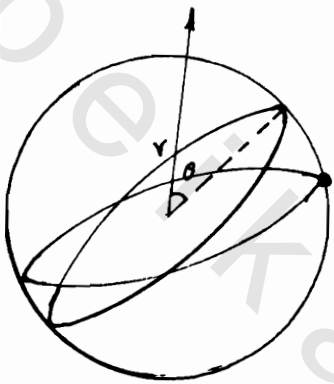
ويعين هذا العدد مدى تغير الدالة الموجية φ مع الزاوية Θ عند ثبوت r . فكلما كبرت قيمة ℓ تتغير قيمة φ بسرعة مع الزاوية θ ولذلك فإن احتمال وجود الإلكترون بالقرب من النواة يكون قليلا.

وبالمثل وجد أنه لكل قيمة من قيم ℓ أى لكل حل من حلول المعادلة يوجد حل أو أكثر للمعادلة c . وتعطى هذه الحلول المختلفة بعدد كمى آخر m_ℓ يمكن أن تأخذ القيم :

$m_\ell = -\ell , -(\ell - 1) , -(\ell - 2) , ... , 1 , 0,1, ... , \ell$

وتصف الدالة الموجية φ كيفية تغير الدالة الموجية الكلية بتغير الزاوية ϕ

∴ يمكن وصف الحالة الكمية quantum state للاكترون فى الذرة بثلاثة أعداد كمية n , ℓ , m_ℓ ويكون بذلك قد تحدد تماما تغير الدالة الموجية الكلية من نقطة إلى أخرى فى الفراغ .



شكل (٧ – ٣)

التعبير الطيفى spectroscopic notation :

تسمى الحالات الإلكترونية المقابلة للأعداد الكمية :

$\ell = o , 1 , 2 , 3$

بالمستويات s , p ,d , f على الترتيب .

فمثلا :

$n = 1 ; \ell = o$ تكافئ 1 s

$n = 3 ; \ell = 2$ تكافئ 3 d

وهكذا

المعنى الطبيعى للأعداد الكمية n , ℓ , m_ℓ :

١ – يحدد العدد الكمى n مستوى الطاقة كما فى معادلة بوهر :

$$E_n = -\frac{2\pi^2 m e^4}{n^2 h^2} \qquad n = 0, 1,2 ,3 , ...$$

وتغيير m_ℓ , ℓ عند ثبوت قيمة n لا يغير من مستوى طاقة المجموعة ، وإن كان يسبب تحلل المستوى Degeneracy :

٢ – يحدد العدد الكمى المدارى لكمية الحركة الزاوية ℓ - orbital angular momentum quantum number

كمية الحركة الزاوية L لحركة الجسيم حول المركز الجاذب . حيث

$$L = \ell \frac{h}{2\pi}$$

وتأخذ ℓ القيم من 0 إلى (n - 1)

٣ - يرتبط العدد الكمى المغناطيسى m_ℓ بمركبة متجه كمية الحركة الزاوية L على المحور الرأسى z

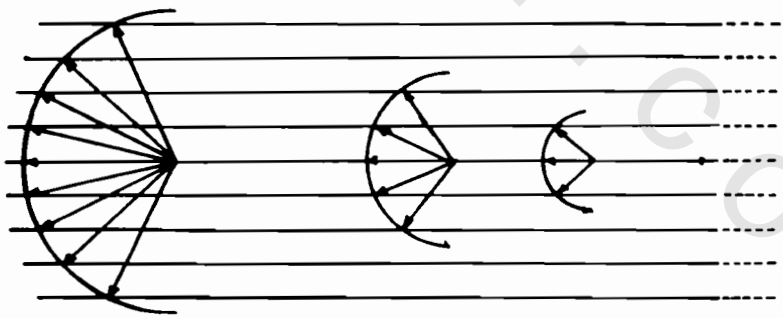
∴ مركبة L على الرأسى هى

$$L_z = m_\ell \cdot \frac{h}{2\pi}$$

اتجاه متجه كمية الحركة الزاوية :

من حل معادلة سرودنجر نجد أنه عندما تكون قيمة $\ell = 1$ يمكن لمتجه كمية الحركة الزاوية L أن يأخذ ثلاثة أوضاع فى الفراغ تكون مركباتها على محور z هى :

$$+\frac{h}{2\pi}\ , o\ ,\ -\frac{h}{2\pi}$$

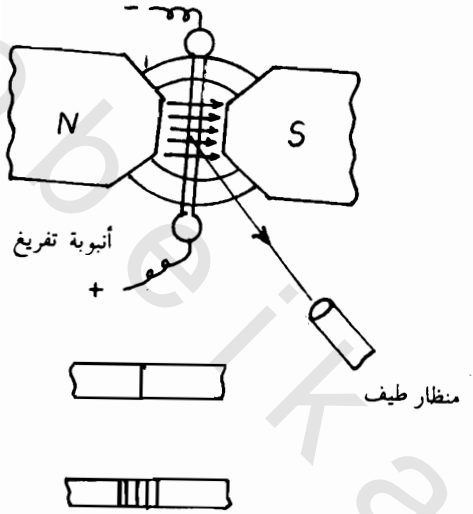


انظر الشكل (٧ –٤) .

شكل (٧ – ٤)

أى أن $m = +1 , 0 , -1$

وهذا يعنى أن لكل ℓ يوجد $(2\ell + 1)$ طريقة لوضع المتجه L فى الفراغ وهذا يعنى أن هناك أوضاعاً معينة فقط فى الفراغ يمكن أن يأخذها وهذه الأوضاع هى فقط التى يكون فيها مسقط L على الرأسى z عددا صحيحا $0 ; \pm 1 ; \pm 2$ .....



ويسمى ذلك التحديد بكمية الفراغ Space quantization ، وذلك لأن ليس كل اتجاه فى الفراغ ممكنا للمتجه L

وإثبات مبدأ كمية الفراغ نحصل عليه بدراسة تأثير المجال المغناطيسى على خطوط الطيف كما فى تأثير زيمان Zeeman's effect

شكل (٧ - ٥)

وضع زيمان أنبوبة تفريغ كهربائى فى مجال مغناطيسى وفحص الضوء بواسطة مطياف له قوة تفريق كبير شكل (٧ - ٥) وجد أن خطوط الطيف قد انقسمت إلى عدة خطوط متقاربة كما وجد أن مقدار الانشطار magnitude of splititting يتوقف على شدة المجال المغناطيسى .

ولتفسير ظاهرة زيمان Zeeman effect :

نفرض إلكترون سرعته v يتحرك فى مسار نصف قطره r ، ويعمل عدد من الدورات فى الثانية = $\frac{v}{2 \pi r}$ هذه الحركة تكافئ تيارا كهربائيا I يمر فى اتجاه مسار الإلكترون .

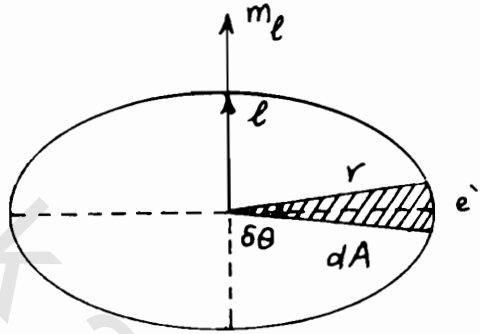
$$\therefore I = \frac{-ev}{2\pi rc} = \frac{-e}{cT} \qquad \left(\frac{v}{2\pi r} = \frac{1}{T}\right)$$

فيتكون مجال مغنطيسى عمودى على مستوى المسار .

ويمكننا اعتبار وجود مغنطيسى محوره عمودى على مستوى المسار عزمه المغنطيسى

$M_\ell = IA$ و يعطى نفس التأثير . من شكل (٧ - ٦)

تكون مساحة المسار A تساوى :



شكل (٧ - ٦)

$$A = \int_0^{2\pi} 1/2\, r^2\, d\Theta = \int_0^T 1/2\, r^2\, \frac{d\Theta}{dt}\, dt$$

حيث T هو زمن الدورة فى المسار .

ولكن كمية الحركة الزاوية $m\,v\,r$ تخضع للمدأ الكمى . أى أن :

$$m\,v\,r = m\,r^2\,\Theta = \ell\,\frac{h}{2\pi}$$

∴ تكون مساحة المسار :

$$A = \int_0^T \frac{\ell h}{4\pi m}\, dt = \frac{\ell h}{4\pi m}\, .T\, .$$

ويكون العزم المغناطيسى المصاحب لحركة الإلكترون

$$\overline{M_l} = - \frac{e}{c.T} . \frac{l\,h}{4\pi m} .T$$

$$\therefore \overrightarrow{M_l} = \frac{-e\,h}{4\pi m c} . l = - B.\vec{l}$$

حيث B هو بوهر ماجنتون Bohr magneton ، ويساوى العزم المغنطيسى الناتج عن إلكترون يدور فى المسار الأول لذرة الأيدروجين .(وهو وحدة العزم المغنطيسى) كمية حركته الزاوية هى $\frac{h}{2\pi}$. $(B = 9.27 \times 10^{-24}\ amp / m^2)$

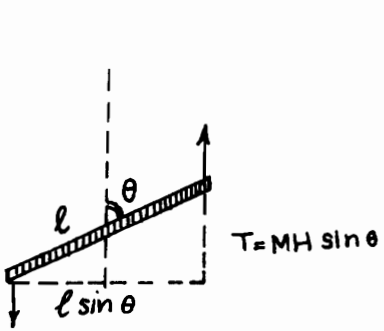
ولما كان $\overrightarrow{M_l}$ كمية متجهة عمودية على مستوى المسار ، ولما كانت $\vec{B}$ مقداراً ثابتاً لذلك يجب أن يكون l كمية متجهة .

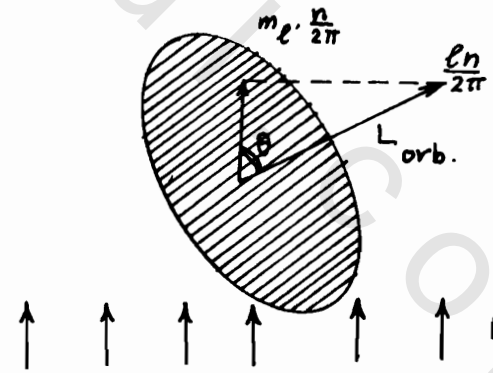
طاقة الموضع المغنطيسية :

عند التأثير بمجال مغناطيسى خارجى يدور مستوى الملف ، وتتوقف طاقة الموضع المغنطيسية على مقدار الميل θ بين اتجاه المجال المغنطيسى والعمودى على مستوى الملف.

شكل (٧ – ٧)

obeikandl.com





إذا كان T هو الأزدواج المؤثر على المغنطيس الجزيئى عندما تؤثر بمجال مغنطيسى H

يكون :

$$T = MH \sin\theta$$

حيث θ هى زاوية الميل مع اتجاه المجال : شكل (٧ – ٧)

إذا حركنا المغنطيس زاوية صغيرة θ يتغير الجهد المغنطيسى بمقدار :

$$dV = T\, d\Theta$$

وبفرض أننا بدأنا التأثير بالمجال عندما كان محور المغنطيسى الجزيئى متعامدا مع المجال (أى أن مستوى المسار للإلكترون فى اتجاه المجال) يكون الجهد المغنطيسى لإدارة محور المغنطيس ليصنع زاوية θ مع المجال

$$V = \int_{1/2\pi}^{\Theta} T\, d\,\Theta$$

$$= \int_{1/2\pi}^{\theta} MH \sin\theta\, d\theta = - MH \cos\theta$$

ولكن

$$\cos\theta = m_{\ell} \cdot \frac{h}{2\pi} L\,(orb.)$$

$$\therefore V = - M H m_{\ell} \frac{h}{2\pi} L\,(orb.)$$

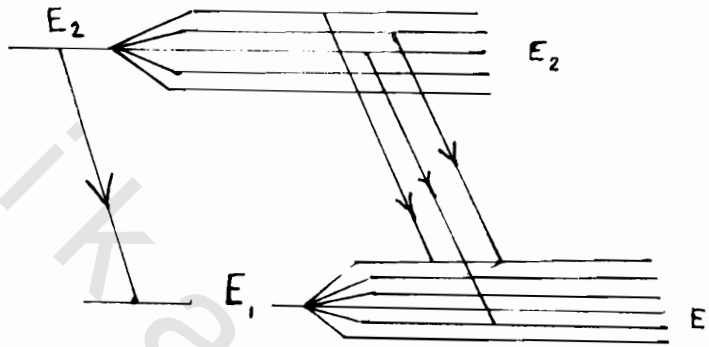
$$= + \frac{eh}{4\pi mc} \cdot H \cdot m_{\ell}$$

$$V = B \cdot m_{\ell} \cdot H$$

حيث B هو بوهر ماجنتون ، m_{ℓ} هو العدد الكمى المغناطيسى ، ولما كانت قيم m_{ℓ} أعداداً صحيحة فقط ، يكون التغير فى الجهد المغنطيسى على مراحل ، ولا يكون التغير متصلا .

وينتج عن ذلك ما يأتى :

عند التأثير بمجال مغناطيسى خارجى على الإلكترون فى ذرة ما فإن كل مستوى من مستويات الطاقة يتحلل degenerates إلى عدد من المستويات شكل (٧ – ٨) ، مما يتسبب عنها ظهور عدة خطوط طيفية مكان الخط الواحد الذى كان يميز مستوى الطاقة $E_2 - E_1 = hf$ قبل إدخال المجال المغنطيسى .



شكل (٧ – ٨)

وبالرغم من أن هذه النظرية قد فسرت عددا من خطوط الطيف الدقيقة إلا أنها عجزت عن تفسير الجميع ، ولذلك بدأ التفكير فى حركة الإلكترون مغزليا بالإضافة لحركته المدارية .

حركة الإلكترون مغزليا Electron spin (لف الإلكترون)

حسب النظرية الكلاسيكية للكهرومغنطيسية ، إذا أديرت كرة عليها شحنة منتظمة فى حركة مغزلية يكون لها عزم مغنطيسى ، إذ يمكن اعتبارها كأنها مغطاة بتيارات كهربائية ، ويكون لها أيضا كمية حركة زاوية بسبب كمية حركة المجال الكهرمغنطيسى المحيط بها .

وعلى هذا الأساس فرض أو هلنبك وجود حركة مغزلية للالكترونات ، أما موازية أو عكس موازية للمجال المغنطيسى . parallel or anti parallel

ويمكن اثبات أن كمية الحركة الزاوية المصاحبة للحركة المغزلية هى :

$$P_s = S . \frac{h}{2\pi}$$

حيث S هو العدد الكمى المغزلى ، ويساوى $\pm 1/2$ ويكون العزم المغناطيسى المصاحب هو :

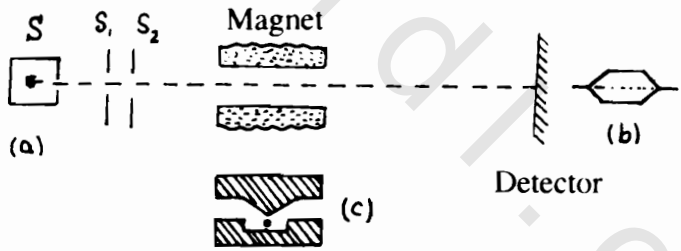
$$\frac{eh}{2\pi mc} . S$$

وبإدخال العدد الكمى المغزلى تكون حالة الإلكترون قد عينت تماما بأربعة أعداد كمية هى n , ℓ , m_ℓ , S

تحقيق وجود الحركة المغزلية للإلكترون عمليا :

تجربة شتيرن وجيرلاخ Stern & Gerlach

تمرر حزمة من ذرات الفضة المتعادلة ذات الطاقة الواحدة بين قطبى مغنطيسى قوى مفرق << diverging >> غير منتظم ، شكل (٧ – ٩)



شكل (٧ – ٩)

و قد صممت الأقطاب بحيث تحرف الذرات التى تحتوى على عزم مغنطيسى .

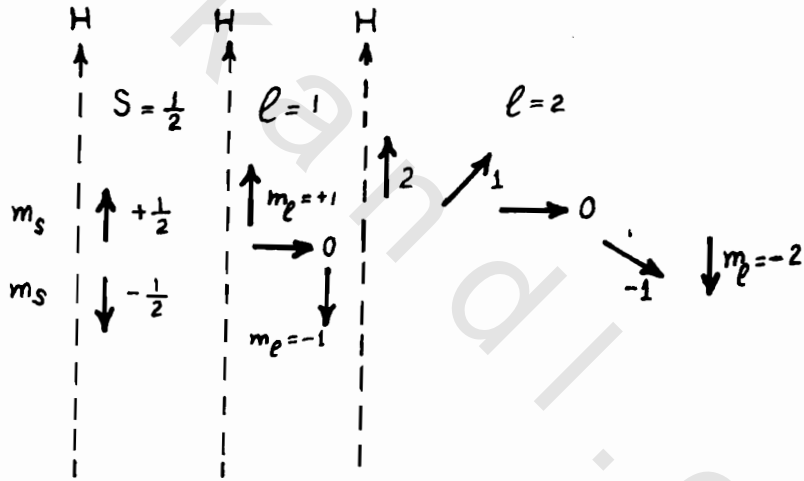
وقد وجد أن عدد من هذه الذرات قد انحرف إلى أعلى ، بينما انحراف الباقى إلى أسفل ، وظهر الشعاع على حاجز الوميض وكأنه اثنان منفصلان كما وجد أن الإزاحة

لأعلى تساوى تماما الازاحة لأسفل .

ولما كانت ذرات الفضة هنا متعادلة ، فإن هذا الانحراف قد نشأ عن الإلكترون الوحيد في المسار الخارجى . single - valence electron ، فالتجربة تثبت أن تركيب هذه الإلكترونات ليست واحدة ، بدليل الاختلاف فى اتجاه الانحراف .

وبذلك يؤثر المجال المفرق على الإلكترونات بقوة تعتمد فى اتجاهها على اتجاه الحركة المغزلية للإلكترون ، وبالتالى فهو ينحرف إما إلى أعلى أو إلى أسفل .

وقد أمكن إثبات بالتجربة أن مركبة الحركة الزاوية المغزلية للإلكترون فى اتجاه المجال هى :



شكل (٧ – ١٠)

$$P_{SH} = S \frac{h}{2\pi} \qquad ; S = \pm 1/2$$

ومن نتائج هذه التجربة أيضا إثبات نظرية تكمية الفراغ (شكل ٧ – ١٠) space quantization .

مبدأ باولى : Pauli exclusion principle :

تعالج جميع الحالات السابقة حالة جسيم واحد فى المجموعة مثلا إلكترون واحد فى مسار حول نواة . ولكن ليست هذه هى الحالة العامة .

فى حالة الذرة متعددة الإلكترونات يعالج كل إلكترون على حدة ، ثم تجمع الحلول للحصول على حل عام . وتكون طاقة الذرة هى مجموع طاقات الإلكترون فى حالاتها المختلفة . ولما كان هناك عدد من الإلكترونات فقد وجد باولى أنه **لا يمكن لأكثر من إلكترون واحد أن يكون على حالة كمية واحدة** .أى أنه **لا يمكن لأى إلكترونين أن يشتركا فى نفس الأعداد الكمية الأربعة** n, ℓ, m, s ، وهذا يعنى أن مستوى الطاقة الأول يشغله الكترونان فقط $S = \pm 1/2$ ، وإذا وجد أكثر من إلكترونين فى الذرة فإن الثالث يأخذ مكانه فى مستوى الطاقة الأعلى ، وبعد أن يتم شغل هذا المستوى أيضا ننتقل للمستوى التالى وهكذا .

ومن الجدير بالذكر أن مبدأ باولى قد تم اكتشافه قبل تطور ميكانيكا الكم والتى أثبتته فيما بعد .

الجدول الدورى : Shells and subshells :

The periodic table :

اعتبر ذرة متعادلة بها عدد Z من الإلكترونات فى مستويات الطاقة المنخفضة lowest states

أول إلكترونين يشغلان 1 S وهى الحالة الكمية الأولى التى يعرفها

$(n = 1 ; \ell = 0 ; m_{\ell} = 0 , S = \pm 1/2)$

وباعتبار مبدا بأولى لا يجوز أن يتواجد فى هذه الحالة أكثر من هذين الإلكترونين . ولكن يمكن للإلكترونات أن توجد على مستويات الطاقة الأعلى .

$n > 1$

تكون الإلكترونات التى يكون لها نفس العدد الكمى n ما يسمى قشرة إلكترونيه Shell

تنقسم كل قشرة الكترونية shell إلى تحت قشرات subshells حسب قيمة ℓ

وعدد الإلكترونات التى توجد فى كل subshell تحت قشرة هو $N_\ell = 2\,(2\ell + 1)$

لأن m_ℓ تأخذ القيم

$$-\ell, -(\ell - 1) \ldots \; ; -1, 0, +1, \ldots +\ell$$

وهذه تعطى عدد $(2\ell + 1)$ قيما مختلفة لقيم m_ℓ المختلفة وبما أن فى كل حالة قيمة $s = \pm \frac{1}{2}$ ، لذلك تكون عدد الإلكترونات الكلية فى الـ (subshell) تحت صدفة هو

$$2\,(2\ell + 1)$$

<< S = 2 ; p = 6 ; d = 10 ; f = 14 ..... >>

أى أن عدد الإلكترونات الكلى الذى يوجد فى القشرة shell هو $2n^2$

ونحصل على هذه القيمة بتجميع الإلكترونات الموجودة فى sub shells تحت القشرات لجميع قيم ℓ

$$\therefore Nn = \sum_{\ell=0}^{\ell = n-1} N_\ell$$

$$= \sum_{\ell=0}^{n-1} 2\,(2\ell + 1) = 4 \sum_{0}^{n-1} \ell + 2 \sum_{0}^{n-1} 1$$

لكن المتسلسلة

$$\sum_{0}^{n-1} \ell = 0 + 1 + 2 + \ldots + (n - 1)$$

وبما أن عدد المتسلسلة n ومتوسط قيمة الحد $\frac{n-1}{2}$ يكون مجموع المتسلسله هو

$$\sum_{0}^{n-1} \ell = n \left(\frac{n-1}{2} \right)$$

obeikandl.com

أيضا $$\sum_{0}^{n-1} l = n \times l$$

وبالتعويض فى معادلة Nn نحصل على عدد الإلكترونات الذى يملأ القشرة :

$$\therefore \quad N_n = 4 \frac{n(n-1)}{2} + 2n = 2n^2$$

ويبين الجدول الآتى أعداد الإلكترونات فى مستويات الطاقة المختلفة :

n	l	m_l	m_s	Number	of electrons
1	0	0	$\pm 1/2$	2	$1S^2$
2	0	0	$\pm 1/2$	2	$2S^2$
	1	1	$\pm 1/2$	6	$2P^6$
		0	$\pm 1/2$		
		-1	$\pm 1/2$		
3	0	0	$\pm 1/2$	2	$3S^2$
	1	1	$\pm 1/2$	6	$3P^6$
		0	$\pm 1/2$		
		-1	$\pm 1/2$		
	2	2	$\pm 1/2$	10	$3d^{10}$
		1	$\pm 1/2$		
		0	$\pm 1/2$		
		-1	$\pm 1/2$		
		-2	$\pm 1/2$		

وبترتيب العناصر حسب أعدادها الذرية ، أى حسب عدد الإلكترونات الموجودة بكل ذرة نحصل على ما يسمى بالجدول الدورى .

إذا بدأنا بالأيدروجين $Z = 1$ ويشغل الإلكترون الوحيد هنا المستوى الأول $n = 1$ ويكون رمز الالكترون هو $1S^1$ ، بالنسبة للهيليوم يوجد الكترونان $1S^2$ ، ويصبح مستوى الطاقة الأول $n = 1$ عندئذ مشبعا ، أى لايقبل أى الكترون أضافى ، ويكون شكل الدالة

الموجية Ψ فى هذه الحالة كريا تقريباً ، ولذلك لايقبل الهيليوم الاتحاد مع أى عنصر آخر (inert gas) ولذلك يسمى خاملاً . وكذلك الحال كلما امتلا أحد مستويات الطاقة عن آخرها فإننا نصل إلى عنصر خامل . العنصر الخامل التالى بعد الهيليوم هو النيون ويحتوى على (ls2 + 2s2 + 2p6) عشرة إلكترونات لكل ذرة . والتالى هو الأرجون ويحتوى ٢٨ ويطلق عادة على الأغلفة الأولى الحروف

K ; L ; M ; N ;

(n = 1) (n = 2) (N = 3) (n - 4)

الجدول الدورى

	N	M			L		K		
		3 d	3 P	3 S	2 P	2 S	1 S		
		$\ell = 2$	$\ell = 1$	$\ell = 0$	$\ell = 1$	$\ell = 0$	$\ell = 0$		
First short period							1	H	1
							2	He	2
						1	2	Li	3
						2	2	Be	4
					1	2	2	B	5
					2	2	2	C	6
					3	2	2	N	7
					4	2	2	O	8
					5	2	2	F	9
					6	2	2	Ne	10
Second short period				1	6	2	2	Na	11
				2				Mg	12
			1	2		Neon core		Al	13
			2	2				Si	14
			3	2				P	15
								S	16
								Cl	17
								A	18

obeikandl.com

مسائل علي لباب السابع

١ – أوجد التردد الكلاسيكى لإلكترون يدور فى مسار دائرى حول بروتون بدلالة نصف قطر المسار .

٢ – عندما يرى خط الصوديوم ($\lambda = 5890\ A^{\circ}$) فى اتجاه خطوط مجال مغنطيس شدته ($10,000\ O_e$) يظهر هناك خطان يفصلها مسافة $d\lambda$. أوجد هذه المسافة .

٣ – إذا كان العمر الزمنى لذرة مثارة هو $10^{-8}\ s$ أوجد أقل تردد للفوتون المنبعث منها باستخدام مبدأ عدم التحديد (اعتبر هذا الزمن هو زمن انبعاث الفوتون ثم أوجد طاقته ومن ثم تردده)

٤ – عندما يتحد الكترون وجسيم الفاء وكلاهما فى حالة سكون لتكوين أيون هليوم ينبعث فوتون . أوجد الطاقة التى يحملها هذا الفوتون .

٥ – إذا علم إن ميزون باى (π - meson) له نفس شحنة الإلكترون ولكن كتلته 275 ضعفا . وإذا فرض أن هذا الميزون يكون مع بروتون ذرة تشبه ذرة الهيدروجين . أوجد طاقة المسار ونصف قطره ($n = 1$) .

٦ – إذا علم أن طول موجة الخط الأول لطيف ذرة الهيدروجين فى سلسلة بالمرهو $6563\ A^{\circ}$ وإذا وجد أن الاختلاف فى هذا الطول عندما يكون الطيف للهيدروجين الثقيل (ديوتيريوم) هو $1.8\ A^{\circ}$. أوجد النسبة بين كتلة ذرة الديوتيريوم وذرة الهيدروجين .

obeikandl.com

٧ – أوجد الأعداد الكمية المصاحبة للحالات الممكنة لذرة الهيدروجين التى تقابل العدد الكمى الرئيسى $n = 2$.

٨ – اعتبر الكترون له الأعداد الكمية التالية

$n = 4 \quad ; \quad \ell = 3 \quad ; \quad m_{\ell} = 3$

أوجد القيمة العددية لكمية الحركة الزاوية المدارية ومركبتها فى اتجاه z

٩ – ينشأ الضوء الأصفر للصوديوم من انتقال الكترون من المستوى 3p إلى المستوى 3 S .

أوجد طول موجة الضوء الناتج إذا علم أن فرق مستوى الطاقة هو $E_{3p} - E_{3S} = 2.1$ ev

obeikandl.com