طاقة التأين

Ionization Energy

By

Dr. Lekaa K. Abdul Karem

Baghdad 2026

Ionization Energy طاقة التأين

- اقل طاقة لازمة لأزاحة الكترون من ذرة غازية متعادلة وهي في ادنى مستويات الطاقة وتحويلها الى ايون موجب وتكون IE (موجبة)

$$IE = \frac{2\pi^2 m\, Z^2 e^4}{n^2 h^2}$$ •

- لذرة الهيدروجين = 13.6 ev
- اما للذرات الشبيهة تكون

$$IE = 13.6\, \frac{Z^2}{n^2}$$ •

- Z = العدد الذري •
- n = رقم المدار •

- احسب طاقة التأين الثالثة لذرة Li
- $Li_{(g)} \rightarrow \mathrm{Li}^{+}_{(g)} + \mathrm{e}^{-}\ \mathrm{IE}_1$
- $\mathrm{Li}^{+}_{(g)} \rightarrow \mathrm{Li}^{+2}_{(g)} + \mathrm{e}^{-}\ \mathrm{IE}_2$
- $\mathrm{Li}^{+2}_{(g)} \rightarrow \mathrm{Li}^{+3}_{(g)} + \mathrm{e}^{-}\ \mathrm{IE}_3$
- $IE_3 = IE_H \,.\frac{Z^2}{n^2} \Rightarrow IE_3 = 13.6\ \frac{(3)^2}{(1)^2} = 122.45\ ev$
-

- **نقاط الضعف من نظرية بور :-**

- ١- ان فكرة بور بان الالكترون يدور بمدار حول النواة كما يدور القمر حول الارض قبلت بسهولة على نطاق واسع من ناحية ثانية لم يمض وقت طويل حتى تبث ان النظرية هذه ليست متكاملة في وصفها للذرة .
- ٢- احدى الصعوبات التي واجهتها هي حقيقة ان الذرة في مجال مغناطيسي تعطي طيفاً اكثر تعقيدا من ذلك بغياب تأثير المجال المغناطيسي تدعى هذه الظاهرة بتأثير زيمان (Zeeman effect) ولايمكن تفسير ذلك باستخدام بور البسيطة .

- **تأثير نريمان :-**
- ان ظاهرة الانفصام في مستويات الطاقة ادى الى دخول عدد كم ثالث يصف الاتجاه الذي بأخذه المستوى الثانوي لاتجاه المجال المغناطيسي *(ml)*
- من ناحية اخرى اسعف العالم الالماني سومر فيلد (Somer Feld)فسر ان التراكيب الدقيقة للطيف على ان الالكترون لا يدور في مدارات دائرية فقط بل يدور في مدارات اهليجية .
- ان توحيد نظرية بور وسومر فيلد يفسرتأثير نريمان بصورة جيدة
- ٣- لم تفسر نظرية بور الخطوط الدقيقة للذرات التي لها اكثر من الكترون واحد كذلك فشلت في تفسير دورية خواص عناصر الجدول الدوري .

- **الطبيعة الموجية للالكترون ومبدأ دي برولي**
- في سنة ١٩٢٤ قدم عالم فرنسي اسمه دي برولي فكرة ان جميع المواد تمتلك صفات موجية حيث اقترح ان لكل دقيقة متحركة موجه مرتبطة بها ذات طول موجي اي ربط الصفة الموجية بالصفة الكتلية .

- $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p}$
- حاصل ضرب الكتلة × السرعة = الزخم
- p = الزخم
- λ = طول موجي
- m = كتلة e
- v = السرعة
-

- **قاعدة هايزبيرك ومبدأ اللاتحديد**
- **The uncertainty principle**

- هي من احدى تبعيات الطبيعة الموجية للمادة وضعت قاعدة اللاتحديد من قبل العالم هايزنبرغ .

- **القاعدة :**
- لا يمكن تحديد كل من الزخم لجسم وموقعه بدقة في آن واحد .

- $\Delta P . \Delta X \geq \frac{h}{2\pi}$

- **ميكانيك الكم**
- اذا ما سار e في مدار عندها يمكن تحديد موقع الالكترون وزخمه في ان واحد بدقة وتبعاً لقاعدة اللاتحديد لا يمكن ان تحدث مثل هذه الحالة . عند مناقشة حركة e ذي طاقة معينة او زخم حول النواة يكون من الضروري التكلم فقط عنه بتعابير احتمالية وجود ذلك e عند اي موقع معين .
- في ضوء الطبيعة الموجية للمادة يعد e موجة وتبعاً لمعادلة دي برولي سرعة e وطاقته ، الطول الموجي لمسيره (وتردد الموجه) .
- ان سعة الموجة في اي موقع يؤشر نسبة احتمالية وجود e في ذلك الموقع .

- **معادلة شرودنكر Schrodinger equation**
- توضح العلاقة بين طاقة الالكترون في ذرة H ودالة الموجبة

- $\nabla^2\psi + \frac{8\pi^2 m}{h^2}(E - v)\psi = 0$

- معادلة شرودنكر لوصف الحركة الموجية للالكترون في الذرة .
- من خلال حلول معادلة شرودنكر تم التوصل الى اعداد الكم الثلاثة $n\ ,\ell\ ,m\ell$ واشكال الاوربتالات .

- اعداد الكم **Quantum number**
- **١- العدد الكم الرئيسي*(n)* :-**
- يحدد العدد الاقصى من الالكترونات لكل غلاف رئيسي حسب المعادلة $2n^2$ كما يحدد رقم الغلاف او المدار .
- n = 1 , 2 , 3 ,4
- $2e^-$ $8e^-$ $18e^-$ $32e^-$
- **٢- عدد الكم الثانوي(ℓ) :-**
- يسمى عدد الكم الشكلي لانه يحدد شكل الاوربتال ويعتمد على عدد الكم الرئيسي (n) .
- ℓ = 4 , 3 , 2 , 1 , 0 .....(n-1)
- S P d f G

- **يمكن الاستفادة من قيم ℓ في تحدد ما يلي**

١- شكل الاوربيتال او نوعه

$\ell = 0 \longrightarrow s$ $\quad \ell = 1 \longrightarrow P$ $\quad \ell = 2 \longrightarrow d$ $\quad \ell = 3 \longrightarrow F$

$\ell = 4 \longrightarrow G$ $\quad \ell = 5 \longrightarrow H$

٢- عدد الالكترونات لكل اوربيتال (كحد اقصى)

$\ell = 0 \longrightarrow s\ (2e^-)$ $\quad \ell = 1 \longrightarrow P\ (6e^-)$

٣- يحدد عدد الاوربيتالات في الاغلفة :-

يحتوي كل غلاف ثانوي على عدد من الاوبيتالات المتساوية الطاقة والتي تمثل مستوى طاقة الغلاف الثانوي المكونة له ويمكن معرفة هذه الاوربيتالات من $2\ell + 1$

$\ell = 0\ (s)$ $\quad 2(0) + 1 = 1$ اوربيتال واحد $(2e^-)$

$\ell = 1\ (p)$ $\quad 2(1) + 1 = 3$ 3 اوربيتالات $(6e^-)$

$\ell = 2(d)$ $\quad 2(2) + 1 = 5$ اوربيتالات $(10e^-)$

$\ell = 3(f)$ $\quad 2(3) + 1 = 7$ اوربيتالات $(14e^-)$

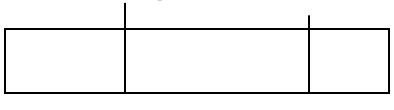
- **٤- الزخم الزاوي للالكترونات :-**
- $mvr = \frac{nh}{2\pi}$
- الزخم الزاوي للالكترون في المدار الثانوي حول النواة
- $\sqrt{\ell(\ell+1)}.\frac{h}{2\pi}$
- $\boldsymbol{\ell = 0\ (s)\ ,\ \sqrt{0(0+1)}\ .\frac{h}{2\pi}}$ صفر
- $\ell = 1(p)\ , \sqrt{1(1+1)}\ .\frac{h}{2\pi} = \sqrt{2}\ \frac{h}{2\pi}$
- $\ell = 2(d), \sqrt{2(2+1)}\ .\frac{h}{2\pi} = \sqrt{6}\ \frac{h}{2\pi}$
-

• ٣- عدد الكم المغناطيسي للمستويات الثانوية $m\ell$:-

- عند تسليط مجال مغناطيسي على اوربتالات الغلاف الثانوي ستتغير اتجاهات هذه الاوربتالات حسب اتجاه تسليط المجال المغناطيسي المسلط
- تعتمد قيم $m\ell$ على قيم الزخم الزاوي بدلالة ℓ كما ان تحديد الزخم الزاوي $m\ell$ تعتمد على ℓ بدلالة

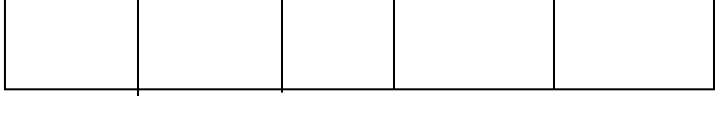
- $m\ell = (+\ell \ldots\ldots 0 \ldots\ldots -\ell)$
- $\ell = (s) \xrightarrow{\text{تسليط مجال مغناطيسي}} m\ell = 0$
- $\ell = 1\,(p) \longrightarrow m\ell = +1\,, 0\,, -1$

+1 0 -1



- $\ell = 2\,(d) \longrightarrow m\ell = +2\,, +1\,, 0\,, -1\,, -2$

2 +1 0 -1 -2



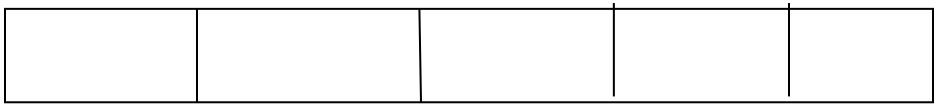
- **٤- عدد الكم البرمي ms :-**
- يحدد اتجاه دوران الالكترون حول نفسه بالنسبة الى محور العشوائي كما يمكن حساب الزخم الزاوي للحركة المحورية للالكترون باعتبار ان المجال المغناطيسي يؤثر على الحركة البرمية ويعطي اتجاهين احدهما باتجاه المجال المغناطيسي والاخر عكس وبأخذ وحدات نصف عدد صحيح .
- $ms = \pm \frac{1}{2}$
- $ms = -\frac{1}{2}$ $\downarrow 1$ $ms = +\frac{1}{2}$

- **مثال :-** لالكترون عدد كم رئيسي أربعة $n=4$
- $n=4$ من الممكن ان بأخذ ℓ القيم $0,1,2,3$
- $\ell = 3 \quad m\ell = +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3$
- $\ell = 2 \quad m\ell = +2, +1, 0, -2, -1$
- $\ell = 1 \quad m\ell = +1, 0, -1$
- $\ell = 0 \quad m\ell = 0$
- $ms = +\frac{1}{2} \; or \; -\frac{1}{2}$

- **س / ما هو العنصر الذي يمتلك الكترون الاخير اعداد الكم الاتية**

$n = 3 \quad \ell = 2 \qquad m\ell = -2 \qquad ms = +\frac{1}{2}$ •

+2 +1 0 -1 -2 $3d^5$ •



العنصر هو *Mn*
والعدد الذري له
25

- س/ اوجد اعداد الكم الاربعة للعناصر **Ne , F , N**

$Ne_{10} = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ +1 0 -1 n=2 $m\ell = -1$

$\ell = 1$ $ms = -\frac{1}{2}$

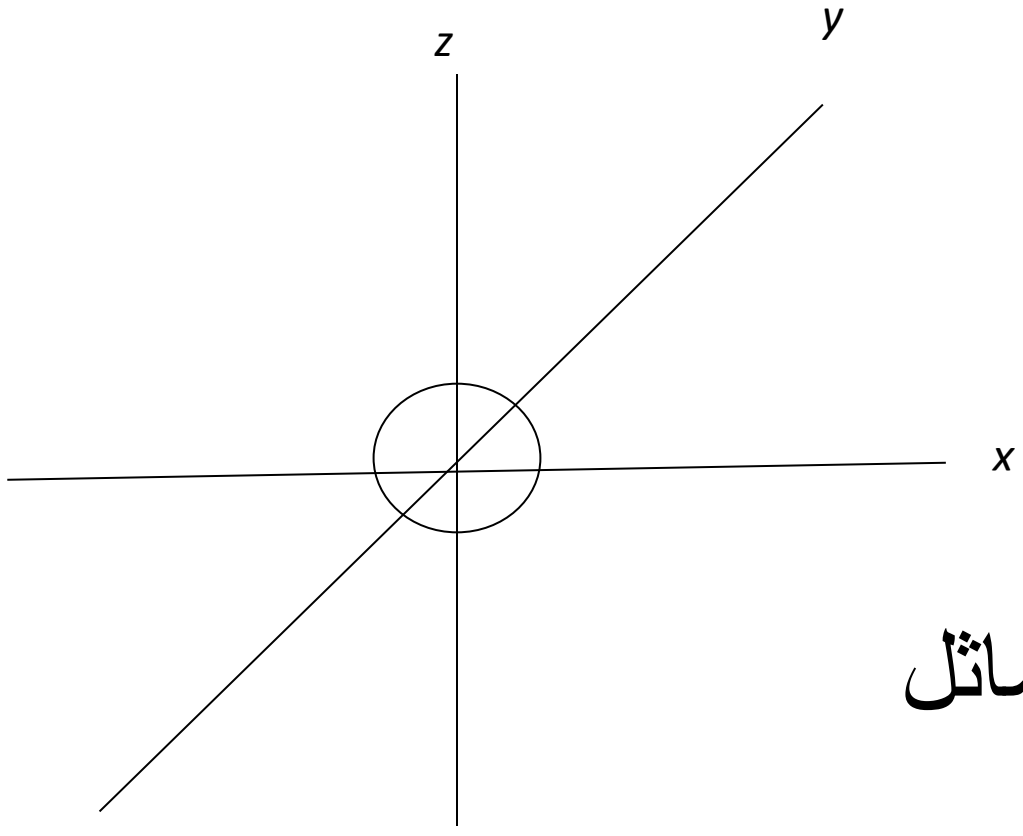
$F_9 = 1s^2\ 2s^2\ 2p^5$ +1 0 -1 n=2 $m\ell = 0$

$\ell = 1$ $ms = -\frac{1}{2}$

$N_7 = 1s^2\ 2s^2\ 2p^3$ +1 0 -1 n=2 $m\ell = -1$

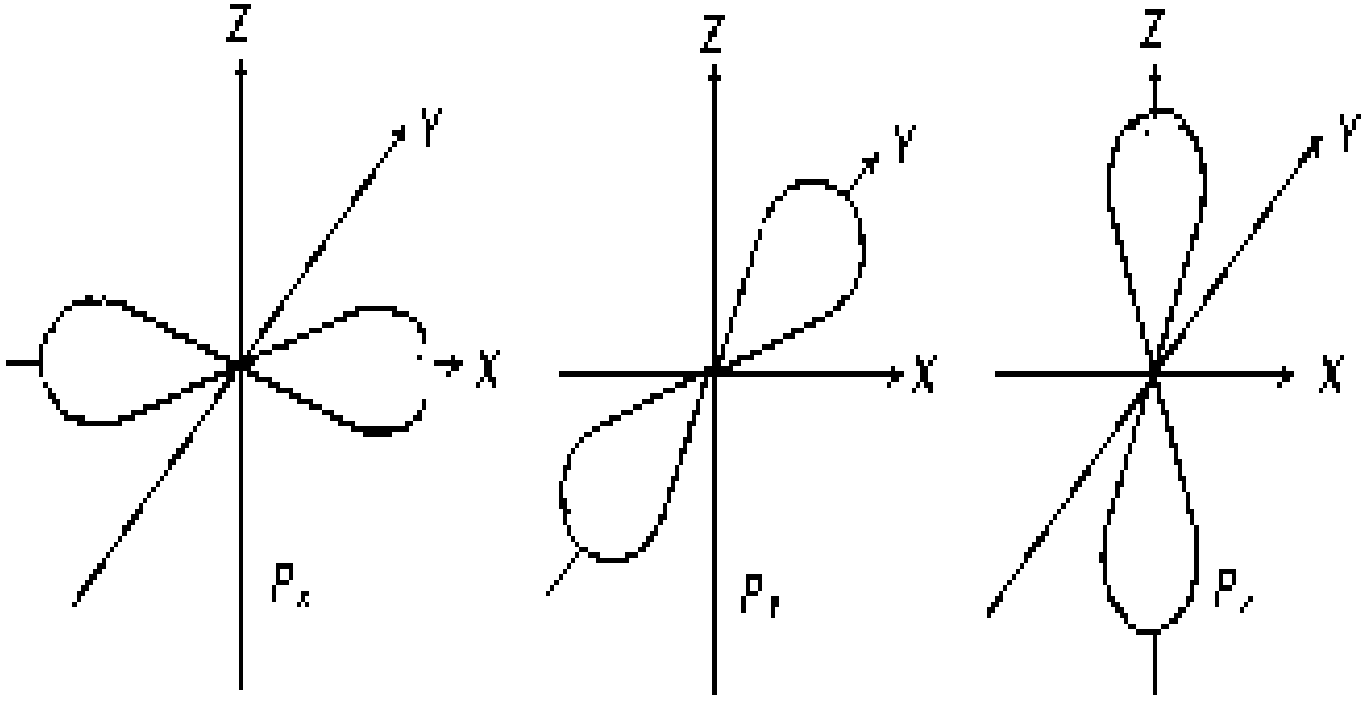
$\ell = 1$ $ms = +\frac{1}{2}$

-
- **الاوربيتال Orbital :-**
- هو حيز فراغي له شكل يحدد احتمالية انتشار الكثافة الالكترونية
- **اشكال الاوربيتال :-**
- **١- الاوربيتال *(s)* :-** يكون كروي متماثل لأن اشارة الدالة الموجية هي نفسها في كل مكان فاذا اوصلنا خطا مستقيماً بين نقطتين على سطح الاوربيتال *(s)* ونقطة اخرى تقع على نفس البعد في النواة مروراً بالنواة وكانت الاشارة النقطتين وقيمتها متساوية .



متماثلs

- **٢- اوربيتال p :-** يتكون من فصين ويكون غير متماثل لانه تتغير اشارة دالة الموجية على الطرفين
-



- **اوربيتال d :-** عندما تكون هنالك خمس $\ell = 2$ اوربيتالات متساوية الطاقة بغياب المجال المغناطيسي التمثيل الفضائي لاوربيتالات d الخمسة يكون يلي :-
يكون اوربيتال d متماثل لان فصين فيه متقابلين لهم نصف الاشارة .