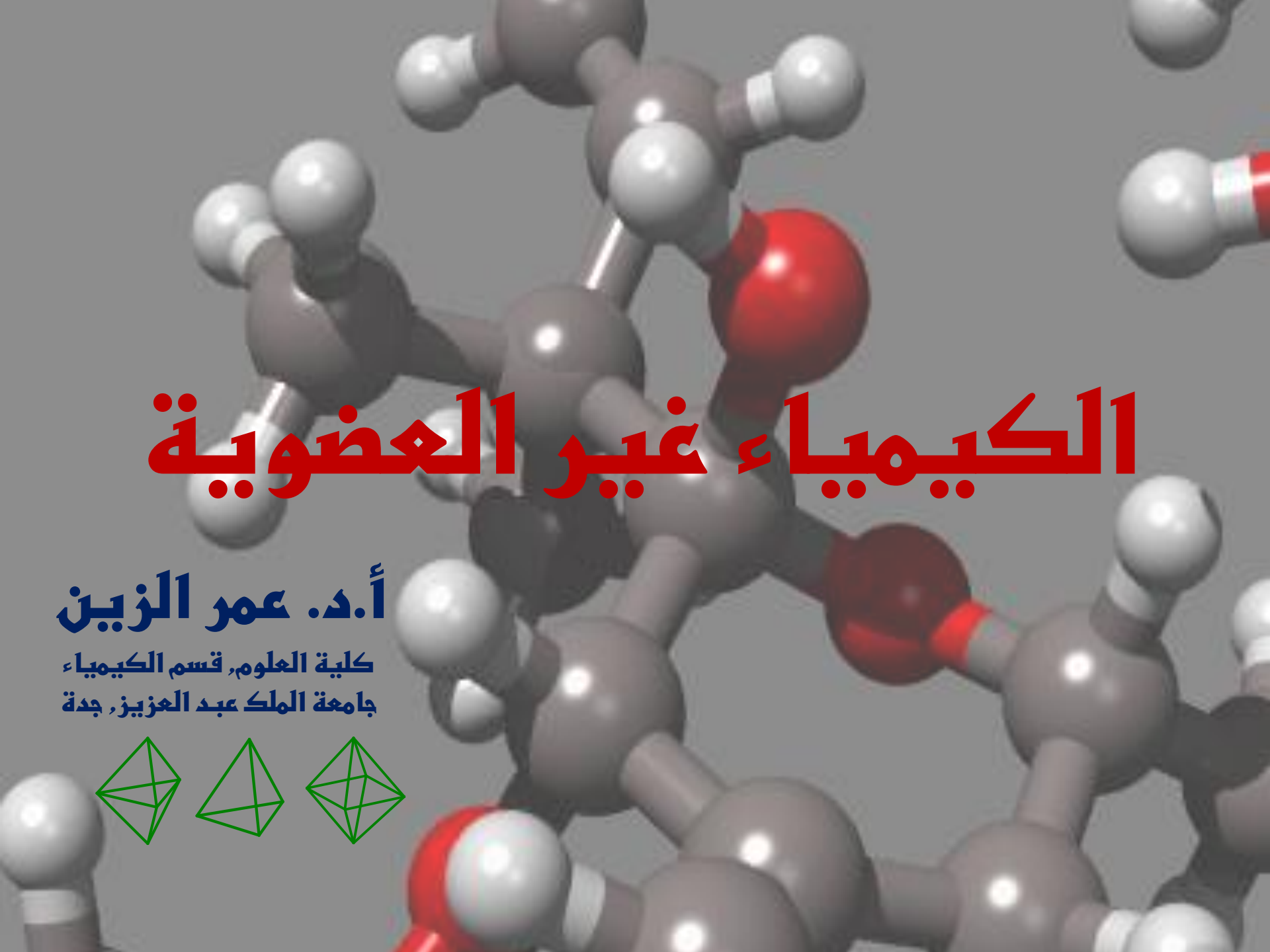
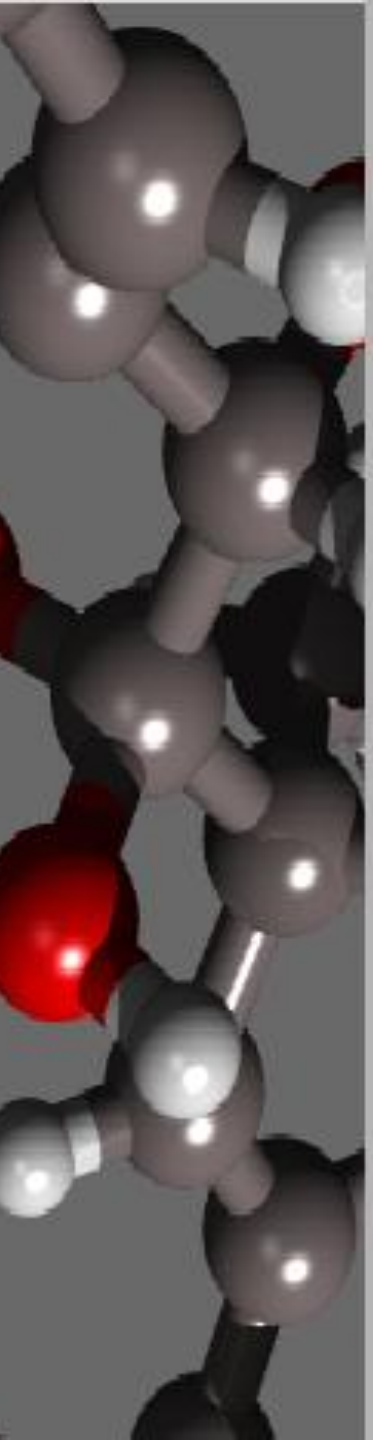


# الكيمياء غير العضوية


أ.د. عمر الزين

كلية العلوم, قسم الكيمياء

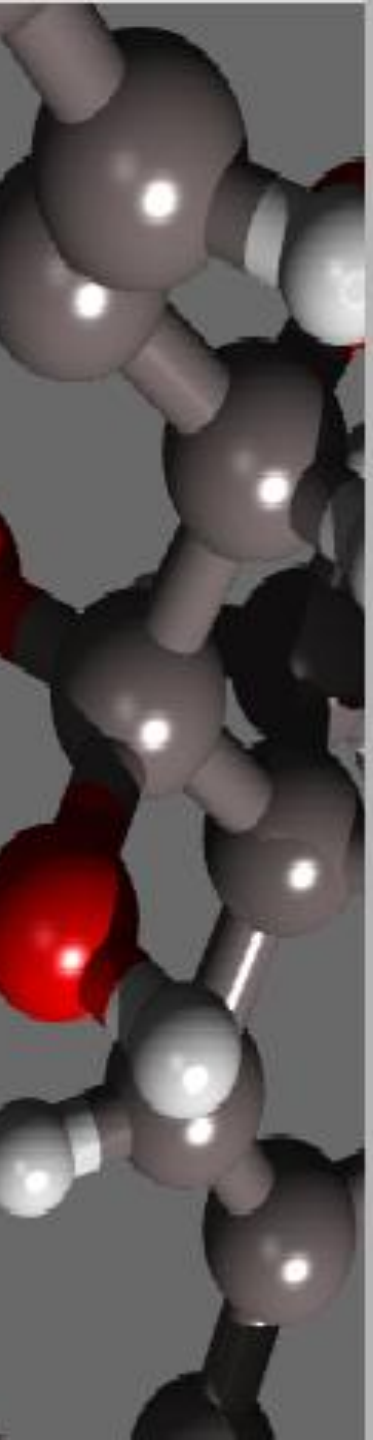
جامعة الملك عبد العزيز, جدة



# الباب الثاني

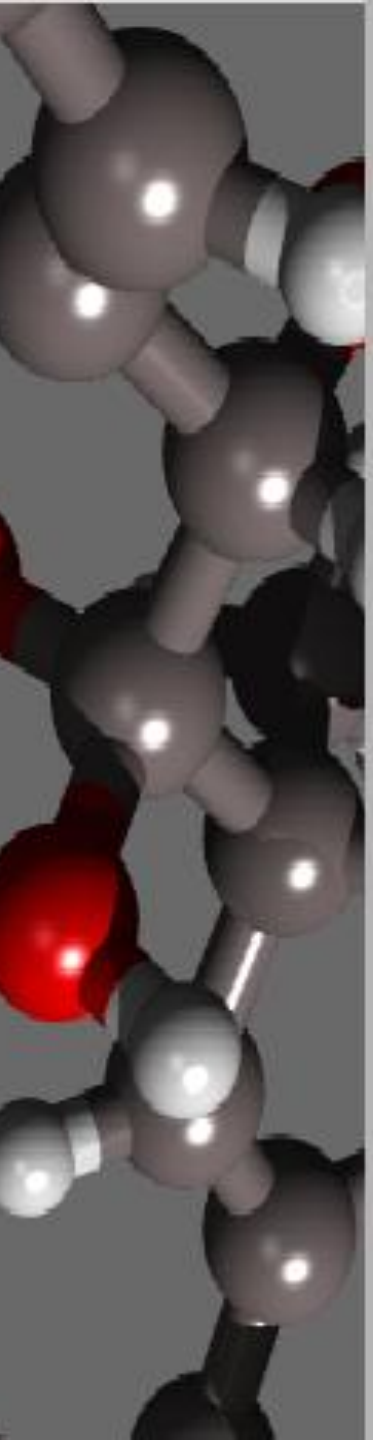
# النظرية الكمية والتركيب الذري
# Quantum Theory and Atomic Structure

أ.د. عمر الزين



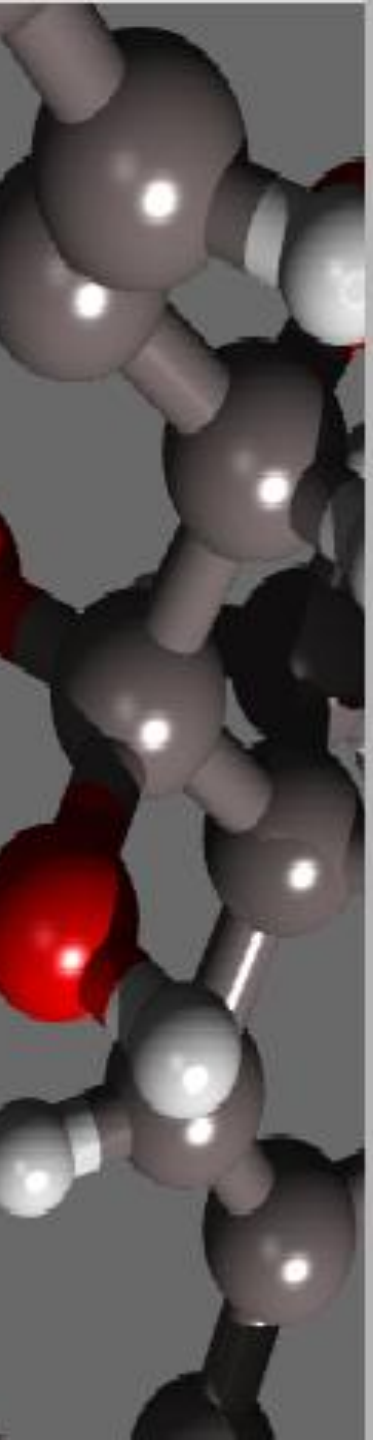
"فمن يعمل مثقال ذرة خيراً يره * ومن يعمل مثقال ذرة شراً يره"

(الزلزلة 7-8)



# نتحدث اليوم عن

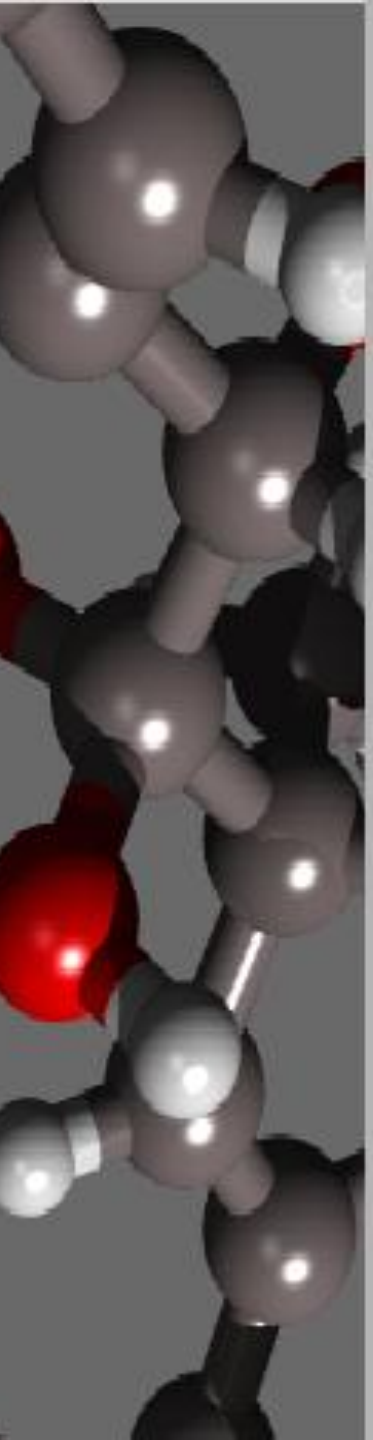
- مقدمة تاريخية عن أساس النظرية الذرية
- بداية النظرية الكمية:
  - نيوتن قوانين
  - تطور النظرية الكمية و نظرية بلانك
- نظرية بور والطيف الذري للهيدروجين
- الأعداد الكمية



# مقدمة تاريخية عن أساس النظرية الذرية

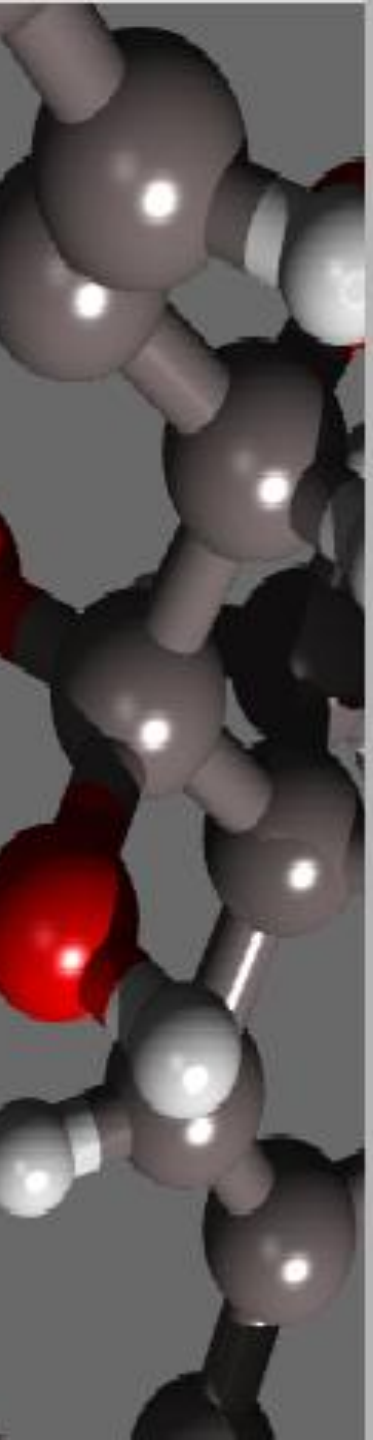
# A Brief History On The Origin Of The Atomic Theory

أ.د. عمر الزين



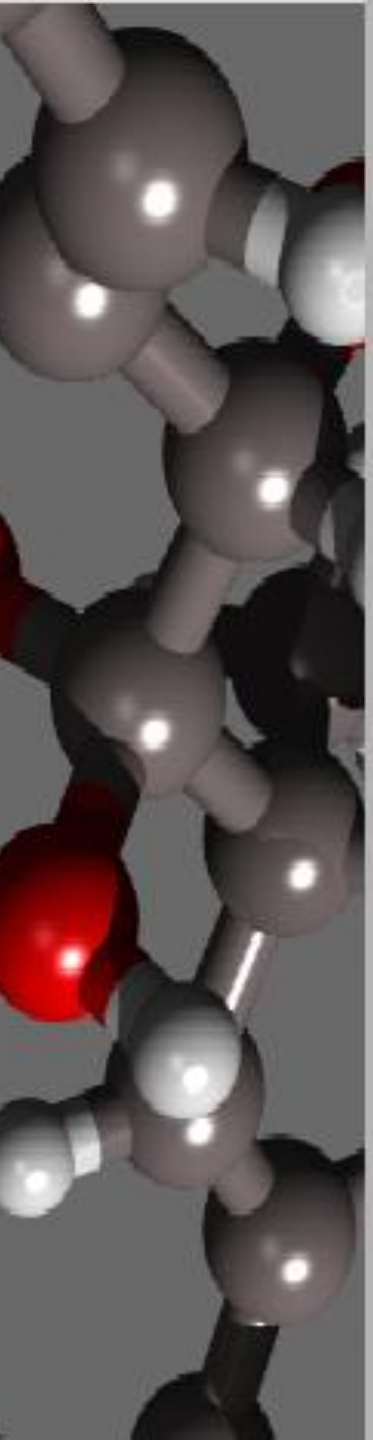
# مقدمة تاريخية عن أساس النظرية الذرية

- يعتقد المؤرخون الغربيون أن مفهوم الذرة قد بدأ منذ أقدم العصور( حوالي 500 سنة قبل الميلاد ) بقدماء فلاسفة اليونان وفي مقدمتهم لِيوكِبَسْ Leucippus
- الأمر الذي يجب أن يُؤكَّدَ عليه هنا هو أن جميع اليونانيين المعنيين في هذا المجال هم فلاسفة جُلُهُم شعراء يصفون ما يدور بخلجات صدورهم



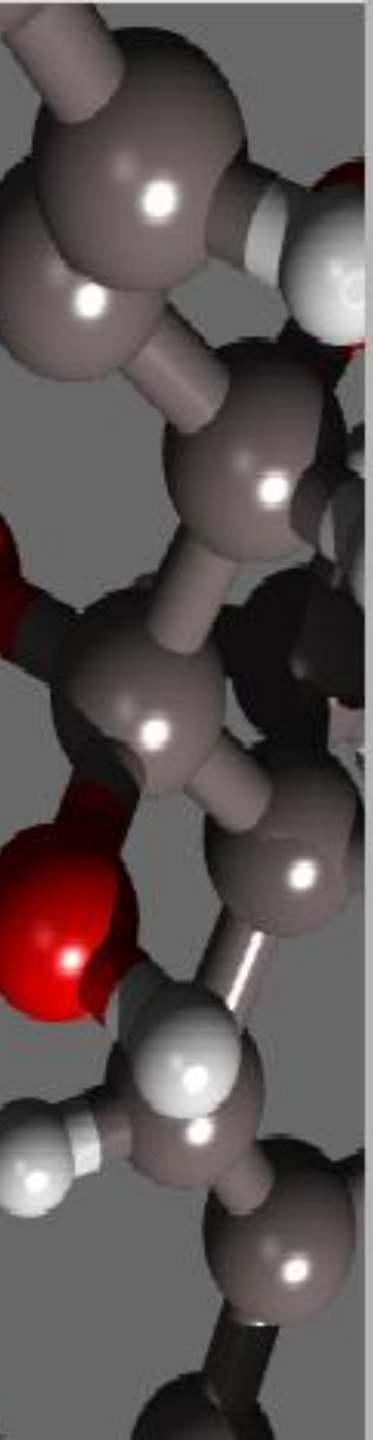
# مقدمة تاريخية عن أساس النظرية الذرية

- فلو سلمنا بالأمر واعتبرنا أن مفهوم البذور والأجسام الدقيقة هو بداية للتعبير عن الذرة فإن هذا كله سفَّه به ومحاه عالمهم أرسطو (في القرن الرابع قبل الميلاد)
- حيث أنه اعترض عليه وعاد بهم إلى مفهوم قدماء اليونان وأقر بأن الكون يتألف من أربعة أشياء( :ماء- هواء- نار- تراب) كما جاء في المقدمة



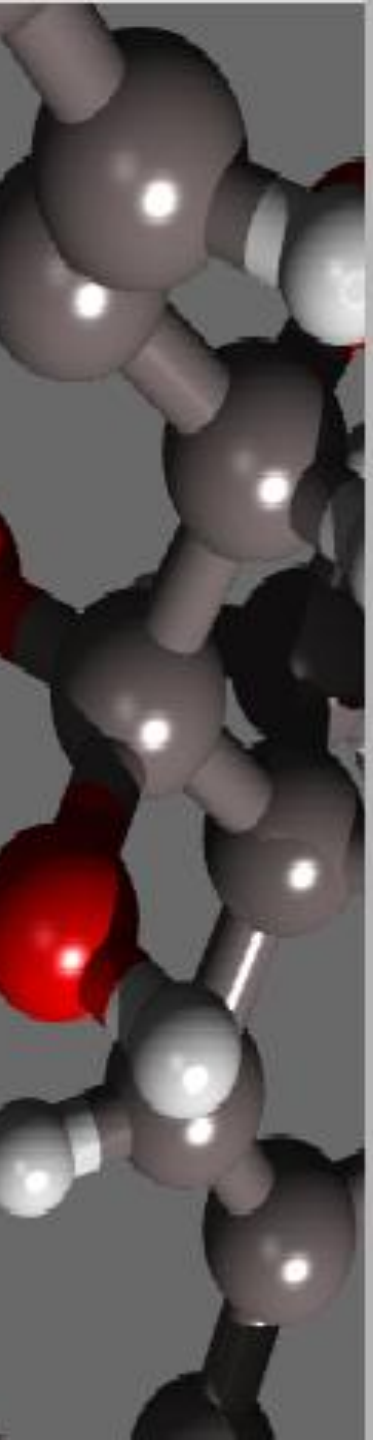
# مقدمة تاريخية عن أساس النظرية الذرية

- بعد ذلك فمنذ القرن الأول قبل الميلاد وحتى بداية القرن السادس عشر يختفي ذكر الذرة أو حتى الحديث عنها من قريب أو بعيد في جميع كتب تاريخ العلوم الأجنبية (على الأقل ما وقع منها تحت يدي) سوى كتاب دائرة المعارف البريطانية والذي ذكر ما نصه:



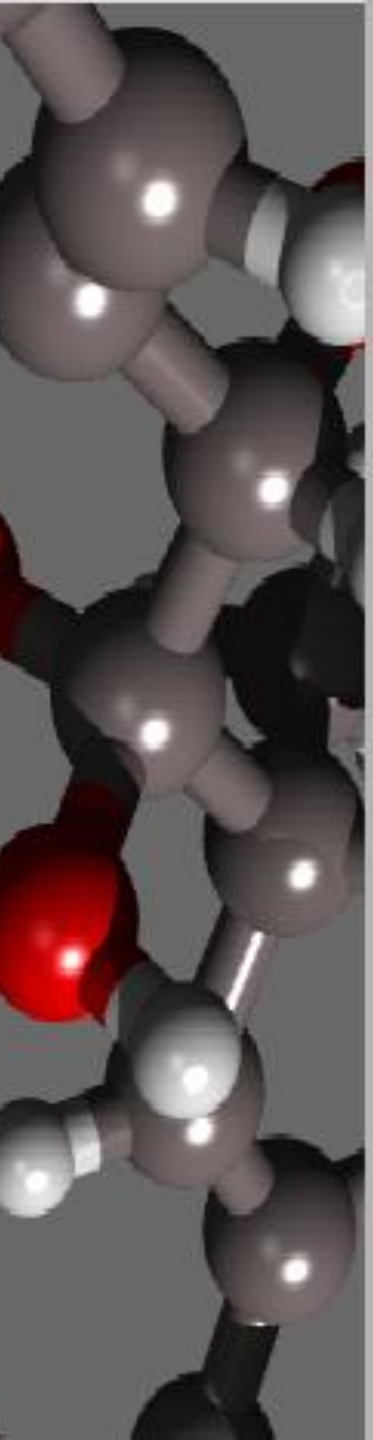
# مقدمة تاريخية عن أساس النظرية الذرية

- خلال القرون الوسطى ساهم المذهب الذري "في انحطاط عام للفكر العلمي في العالم الغربي"
- كما أنه (أي الفكر العلمي) واجه معارضة شديدة نتيجة لتوجهاته المحدودة (في إتباع فعل هذه النظرية) ويبدو أن هذه النظرية لم تحظ بجذب أي اهتمام للعلماء المسلمين، علما بأنهم أدخلوا تطورات هامة في علم البصريات وكذا الكيمياء
- كما أنهم ساهموا مساهمة أساسية وجوهرية في تقدم علم الرياضيات ورموزها والتي كانت أساسا لتطور علوم الكم المختلفة والمعروفة لدينا في الوقت الحاضر



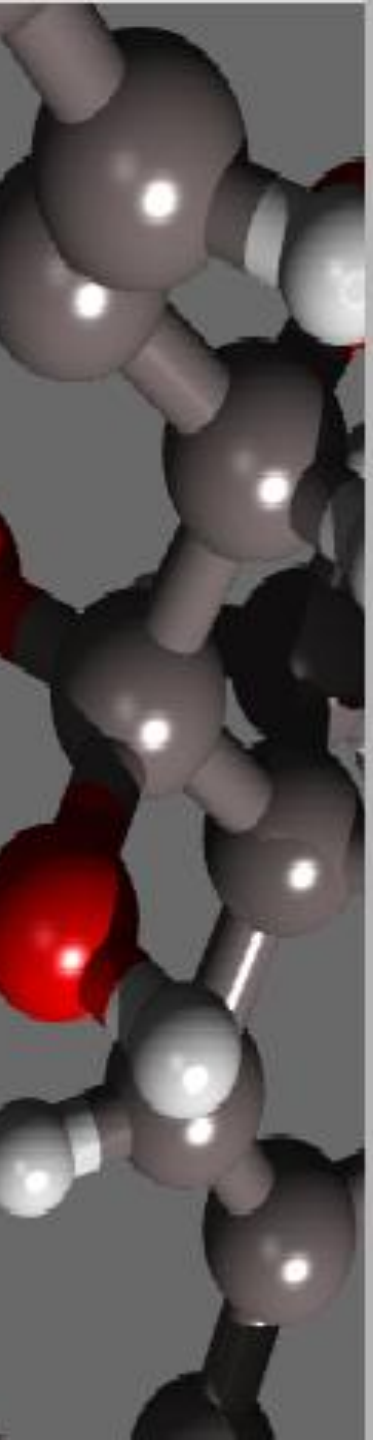
# مقدمة تاريخية عن أساس النظرية الذرية

- مذهب قائل بأن كل ما في الكون مشكل من مكونات دقيقة
- فإذا أردنا معرفة كنه أي شيء في الكون وجب علينا معرفة دقائقه
- وهو مذهب فلسفي شاع في القرون الوسطى واستحسنه علماء العلوم الطبيعية وبالتالي أغلقوا باب العلم واتجهوا إلى الفلسفة من أوسع أبوابها



# مقدمة تاريخية عن أساس النظرية الذرية

- إنه لجميل حقا أن يعترفوا بفضل علماء المسلمين في شتى ميادين العلوم
- القرآن الكريم الذي أنزله الله سبحانه وتعالى ليكون نبراسا ونورا وهداية لكل من خلق على وجه الأرض
- أوضح لنا بأن هناك دقائق متناهية في الصغر أسماها رب العباد بالذرة
- وأعلمنا بأن هذه الذرة يمكن أن تُجَزَّأْ إلى أجزاء أصغر منها وأن لها ثقلا (وزنا) الأمر الذي لم يستطيعو التوصل إليه إلا مع بداية القرن العشرين تقريبا، أي بعد حوالي ألفٍ وأربعمائة سنة من نزول القرآن الكريم على سيدنا محمد عليه الصلاة والسلام



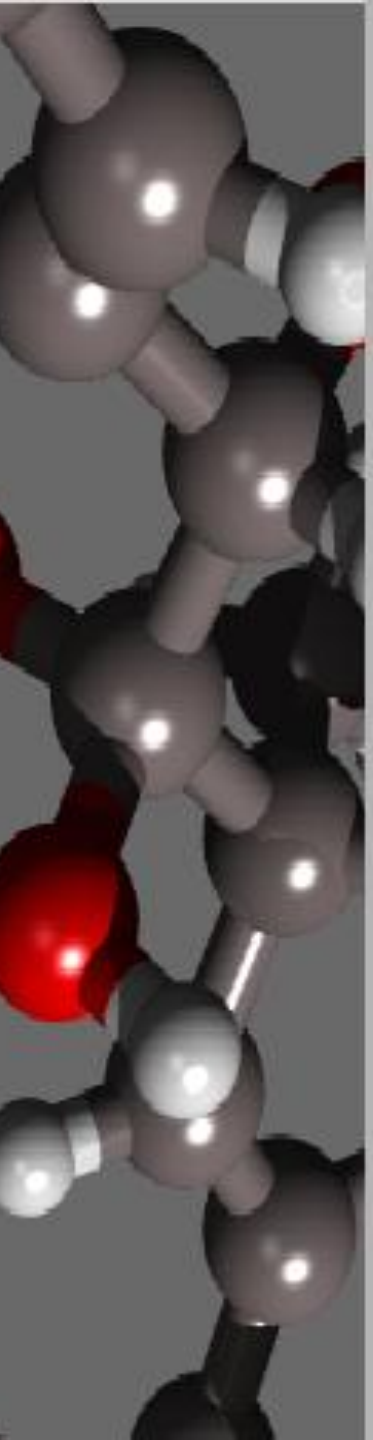
# مقدمة تاريخية عن أساس النظرية الذرية

" وقال الذين كفروا لا تأتينا الساعة قل بلى وربي لتأتينكم عالم الغيب لا يعزب عنه مثقال ذرة في السماوات ولا في الأرض ولا أصغر من ذلك ولا أكبر إلا في كتاب مبين"

(سورة سبأ 3)

" فمن يعمل مثقال ذرة خيرا يره * ومن يعمل مثقال ذرة شرا يره"

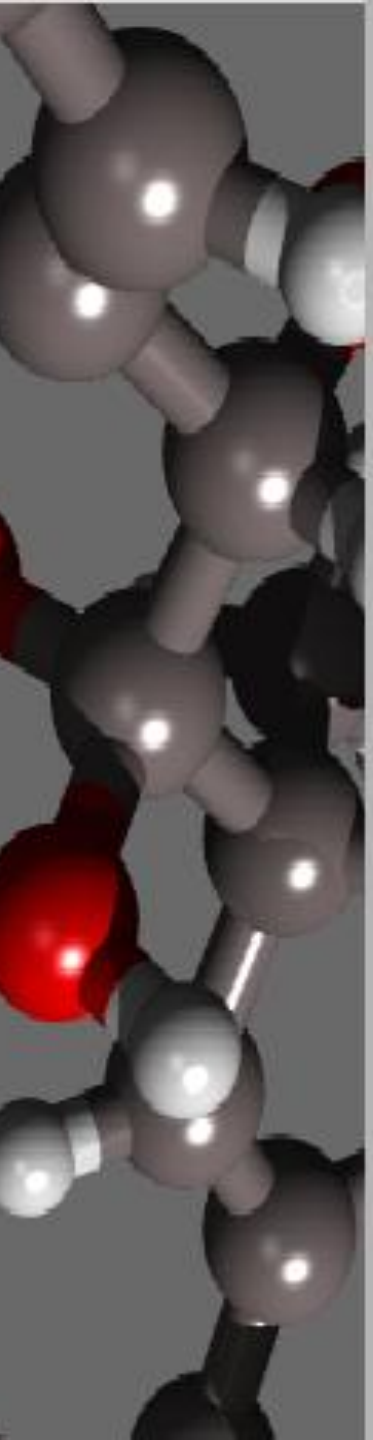
(سورة الزلزلة 7-8)



# مقدمة تاريخية عن أساس النظرية الذرية

- من هذه الآيات تتضح حقائق علمية إلهيه جسيمة:

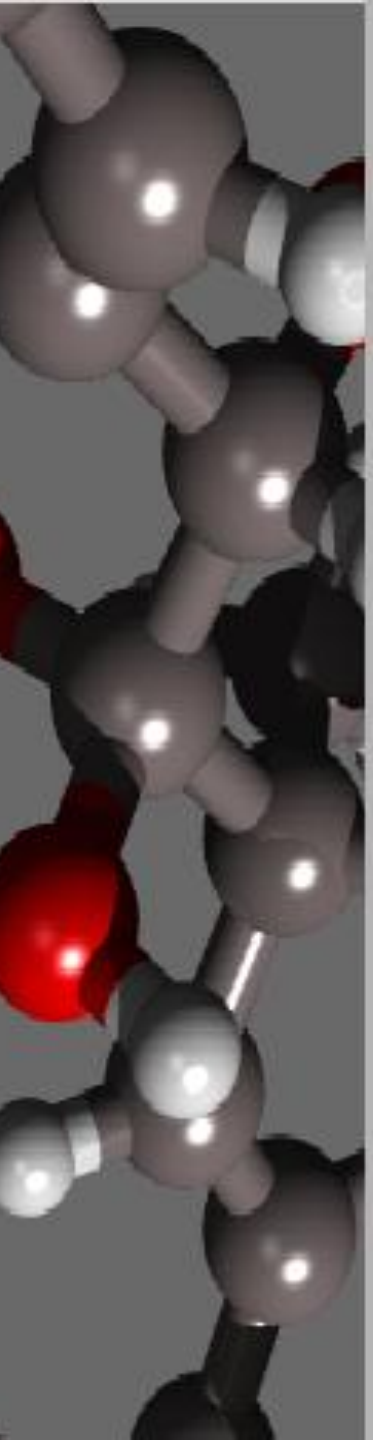
1. أن العناصر تتكون من ذرات (وليس كما وصفوا هم المادة بأنها تتكون من دقائق صغيرة ولم يرد لفظ ذرة إلا علي عهد متأخر جدا)
2. أن هذه الذرة لها ثقل ومتناهية في الصغر
3. أن الذرة يمكن تقسيمها إلى أجزاء أصغر منها
4. أن الذرة يمكن استخدامها كوحدة وزن
5. أن هناك أشياء اكبر من الذرة (وهو ما يعرف اليوم بالجزيئات)



# بداية النظرية الكمية

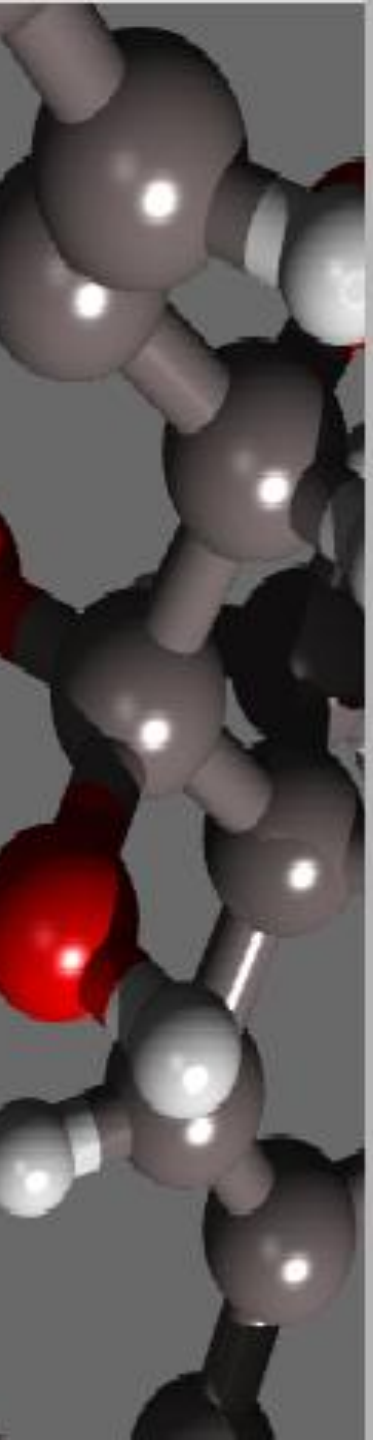
# Beginning of Quantum Theory

أ.د. عمر الزين



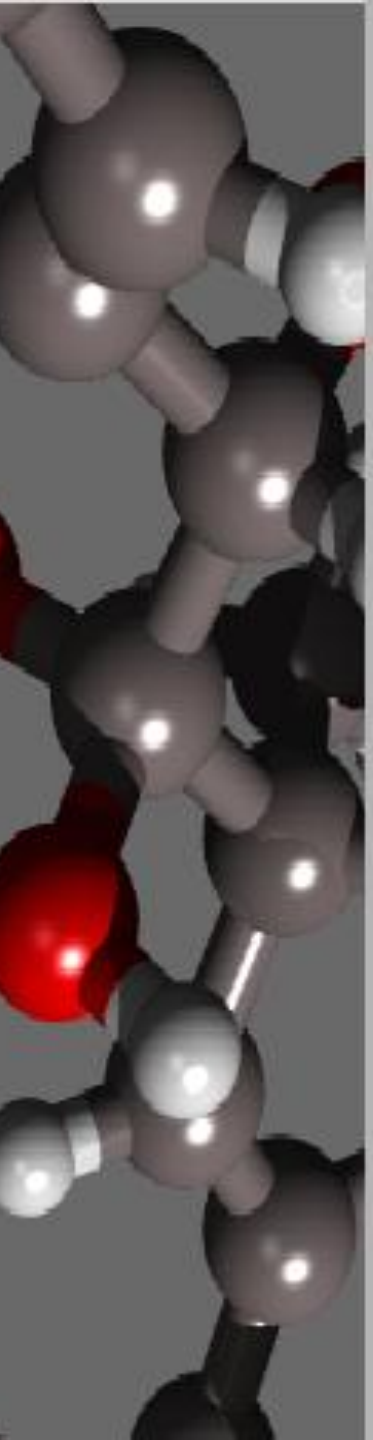
# بداية النظرية الكمية

- مع بداية القرن التاسع عشر الميلادي بدأت صحوة علمية في شتى ميادين العلوم وفي مقدمتها العلوم الطبيعية:
  - كيمياء
  - طبيعة
  - رياضيات
  - أحياء



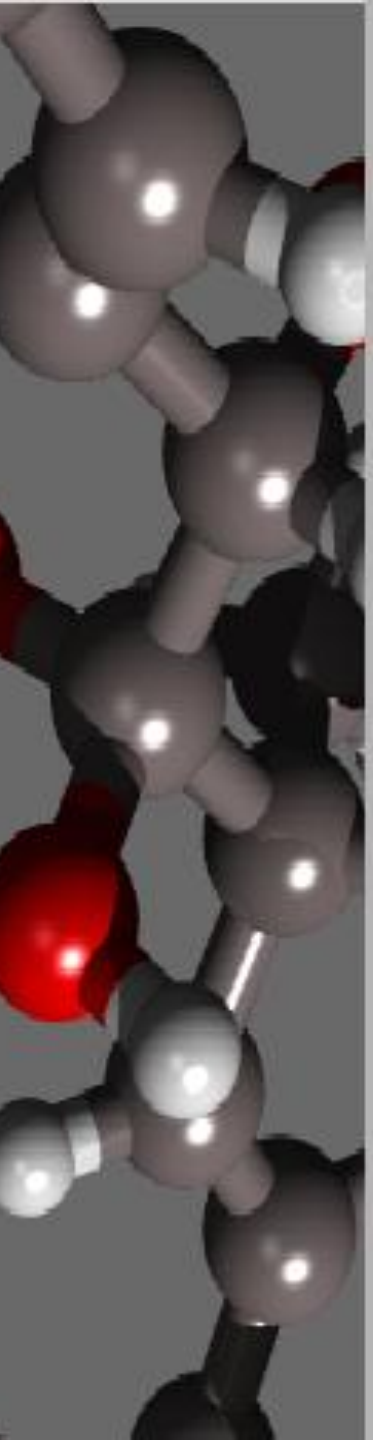
# بداية النظرية الكمية

- بعد أن وضع نيوتن قوانين الحركة الثلاث المعروفة وطبقها على الأجرام السماوية حاول العلماء وفي مقدمتهم علماء الطبيعية تطبيق نفس القوانين على الذرة ومكوناتها
- لم تحظ قوانين نيوتن للحركة بتطبيق ناجح في عالم الذرة، فالذرة ليست أصغر مكونات المادة بل هناك ما هو أصغرمنها



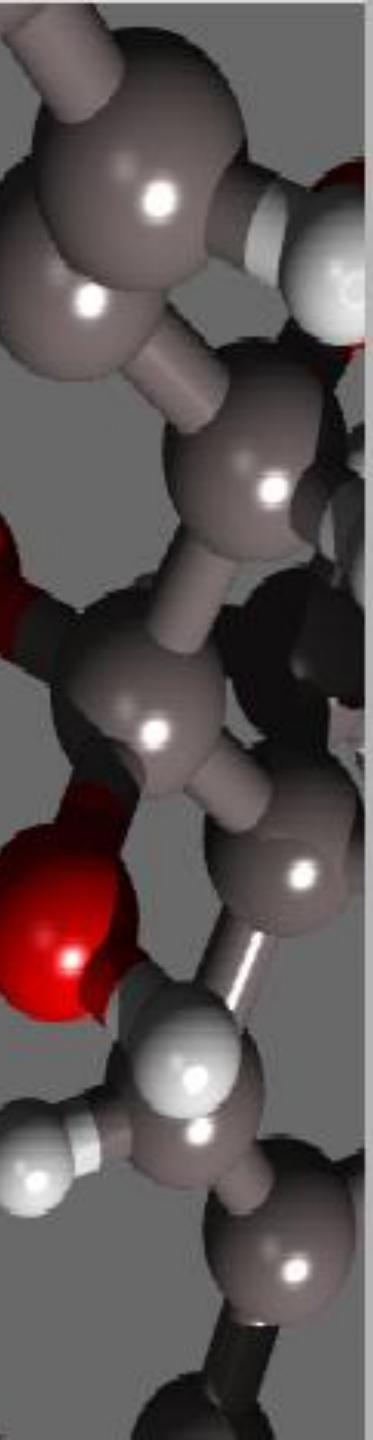
# قوانين نيوتن

- القانون الأول: عندما لا تكون هناك محصله للقوى على جسم ما ، فإن الجسم الذي هو في حالة سكون يبقى على حالته والجسم الذي في حركة مستمرة يبقى متحركا بسرعة ثابتة المقدار والاتجاه
- القانون الثاني: إن القوة المطلوبة (ق) لحدوث تسارع (ع) لكتلة ما (ك) تكون ق = ك × ع
- القانون الثالث: إذا كان الجسم الأول يمارس قوى (ق) على الجسم الثاني فإن الجسم الثاني يمارس قوى مساوية لقوى الجسم الأول ومعاكسة لها (-ق)



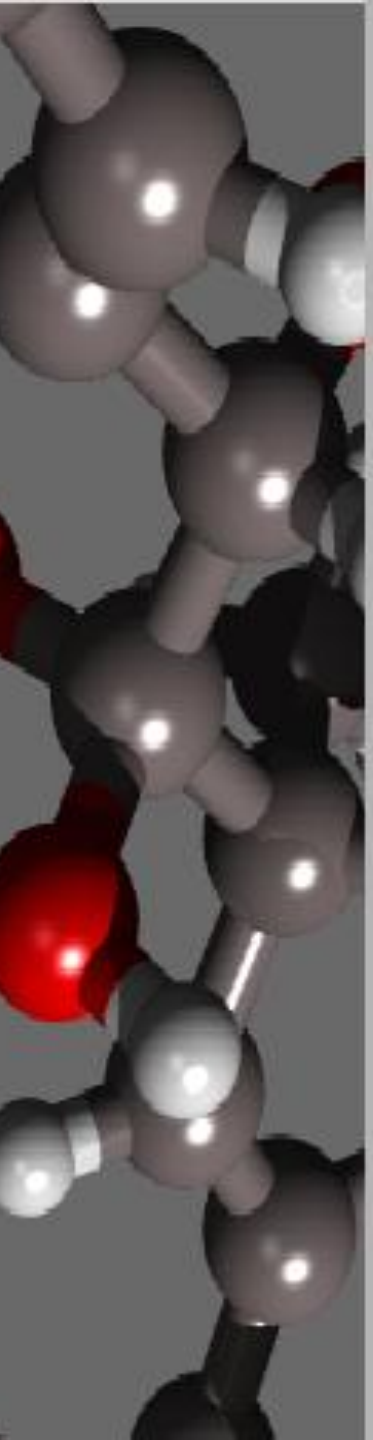
# ألأجزاء الصغيرة بالذرة

1. النواة
2. الكهيربات السالبة، لها كتلة صغيرة جداً (حوالي $10^{-27}$ جم) وسرعتها تختلف حسب الحيز الموجودة فيه:
   i. وقد تصل إلى $10^{16}$ سم/ث (سواء أكان الكهيرب السالب في ذرة أم جزيء)
   ii. وقد يصل أيضا إلى $10^{13}$ ضعفاً من سرعة جسم ساقط ببطء تحت تأثير الجاذبية الأرضية



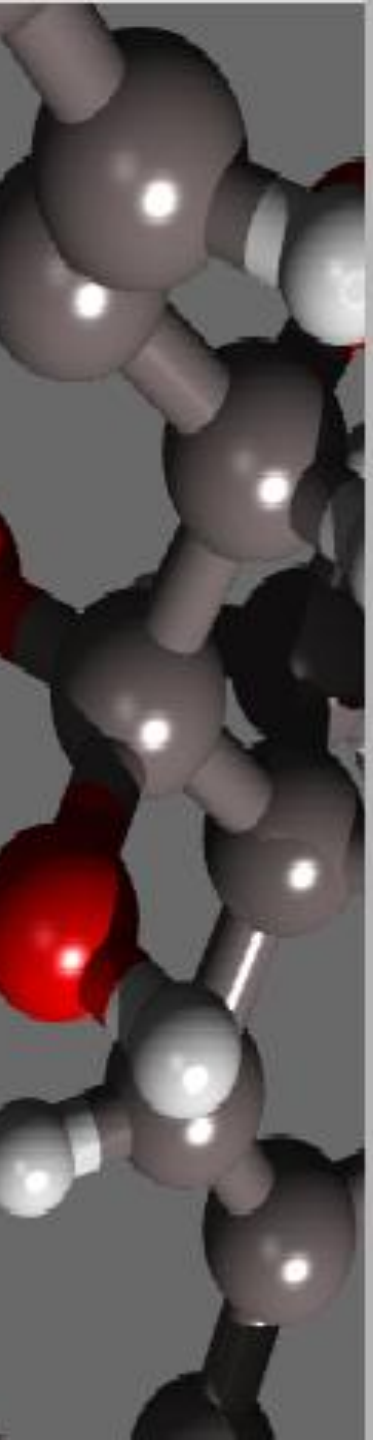
# تطور النظرية الكمية

- تطور النظرية الكمية قد حدث على مرحلتين:
  - المرحلة الأولى: بدأت بنهاية القرن التاسع عشر وحتى 1925م
  - المرحلة الثانية: بدأت بعد ذلك التاريخ وحتى يومنا الحاضر



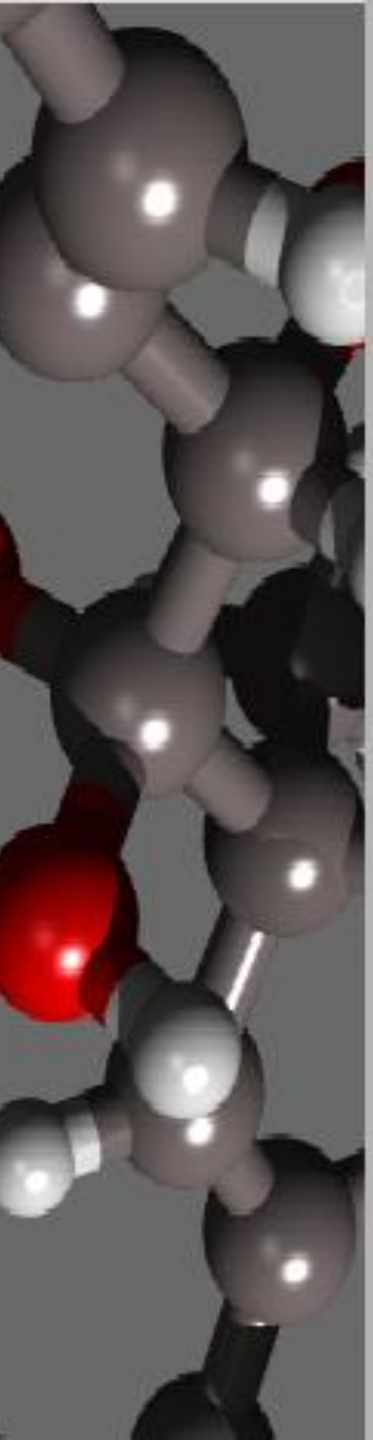
# تطور النظرية الكمية

- المرحلة الأولى: تميزت باعتبار الكهيرب السالب جسيم يدور في فلك مناسب حول النواة الأمر الذي أحدث تطورا عظيما في الكيمياء غير العضوية وأعطى تفسيرات هامة للطيف الذري
- المرحلة الثانية: فاعتبرت أن للكهيرب السالب الصفة الموجية والصفة الجسيمية في آن واحد



# نظرية بلانك 1901

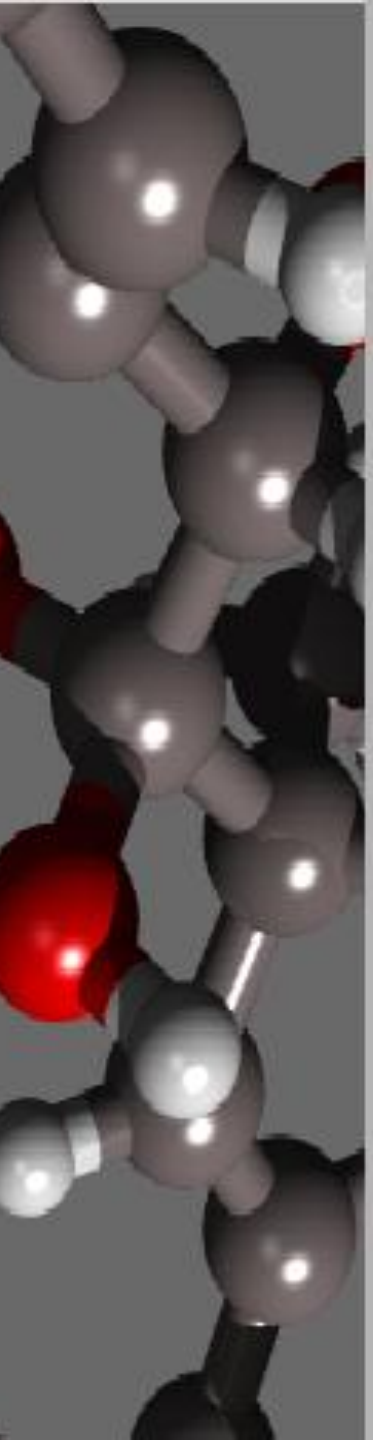
- افترضت أن الطاقة ليس لها صفة الاستمرارية كما هو معمول به بعلم الطبيعة التقليدي وإنما هي تشع وتمتص على هيئة وحدات منفصلة:
  - حرة أو مستقلة Discrete Units
  - أو ما يسمى بالكم أو الكمه:
    - الكم جمعه كموم
    - الكمه جمعها كمات
    - Quantum جمعها Quanta



# نظرية بلانك

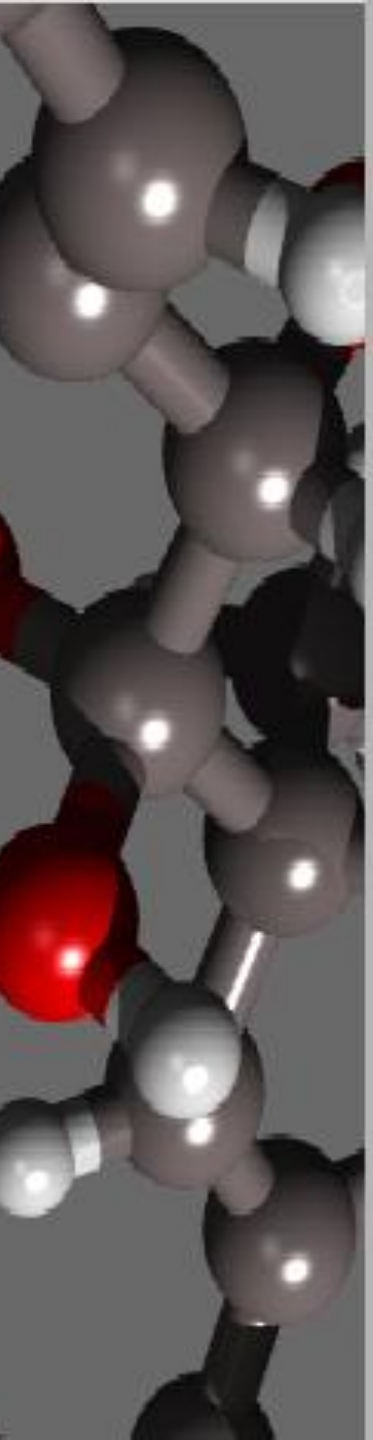
$$ط = ت \times بلا$$

$$E = h \times \upsilon$$



# نظرية بلانك

- بلا h هو: ثابت بلانك ويساوي $6.62 \times 10^{-27}$ إرج ثانية
- ت υ هو: تذبذب الضوء ويقاس بوحدة الهرتز Hertz أو دورة لكل ثانية cps
- ط E هي: الطاقة وتقاس بالجول والذي يساوي $10^{7}$ إرج



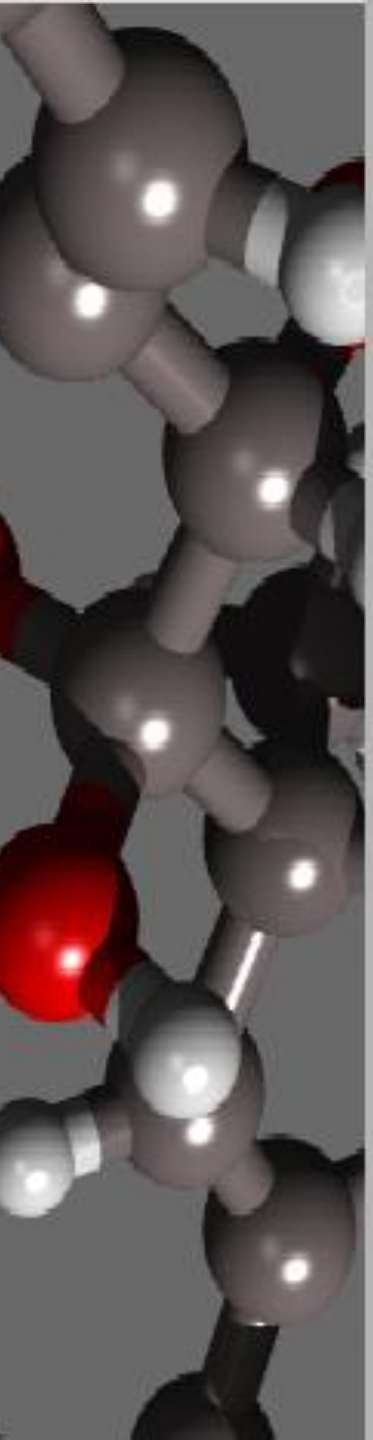
# نظرية بلانك

$$\text{ط} = \frac{\text{بلا س}}{\text{ل}} \qquad \text{E} = \frac{hc_o}{\lambda} \quad (٢)$$

$$\bar{\text{ت}} = \frac{١}{\text{ل}} \qquad \bar{\upsilon} = \frac{١}{\lambda} \quad (٣)$$

حيث أن هو العدد الموجى (عدد الطول الموجى في السنتيمتر الواحد)، وبالرجوع إلي المعادلتين "3،1" والتعويض بهما في المعادلة "2" يصبح لدينا:

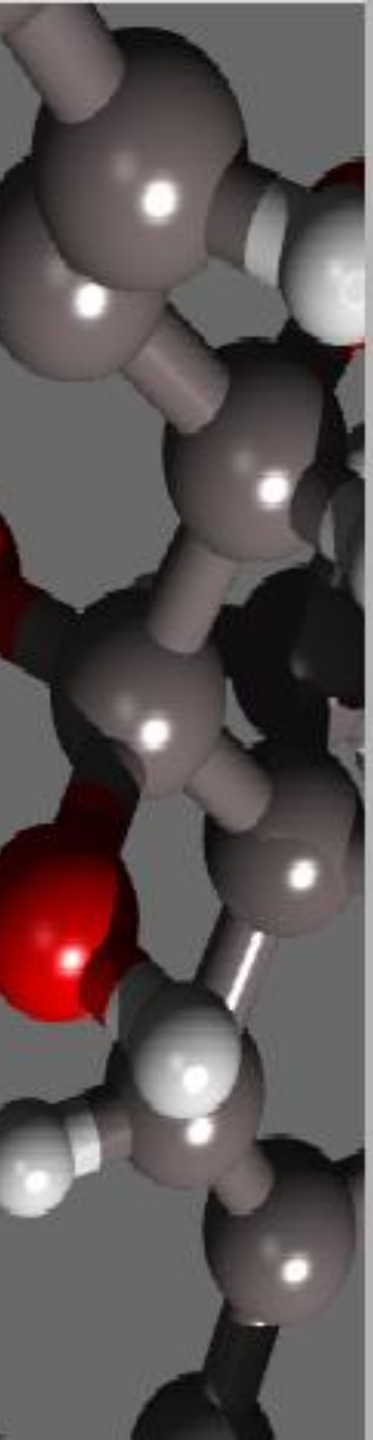
$$\bar{\text{ت}} = \frac{\text{ط}}{\text{بلا س}} = \frac{\text{ت}}{\text{س}} \qquad \bar{\upsilon} = \frac{E}{hc_o} = \frac{\upsilon}{c_o} \quad (٤)$$



# نظرية بلانك

$$\frac{1}{2}mv^2 = h\upsilon - w \qquad \text{بلانك} - \text{غ} = \frac{1}{2}\text{ك ع}^2 \qquad (٥)$$

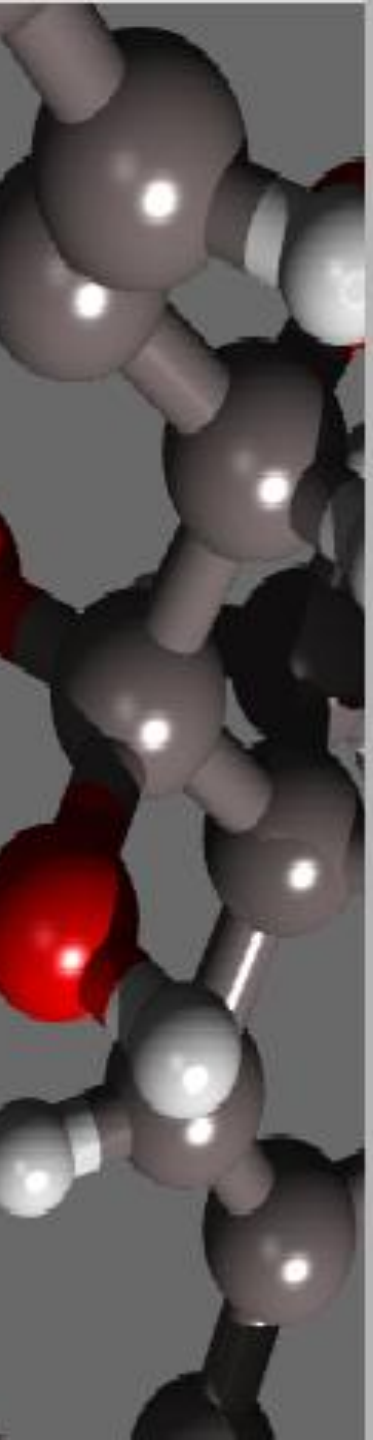
- حيث أن :
  - ك (m) هي كتلة الكهيرب السالب
  - ع (v) سرعته
  - غ (w) دالة الشغل Work Function
- هذه المعادلة تمثل أدنى كمية من الطاقة المطلوبة لانبعاث كهيرب سالب من سطح فلز صلب



# نظرية بلانك

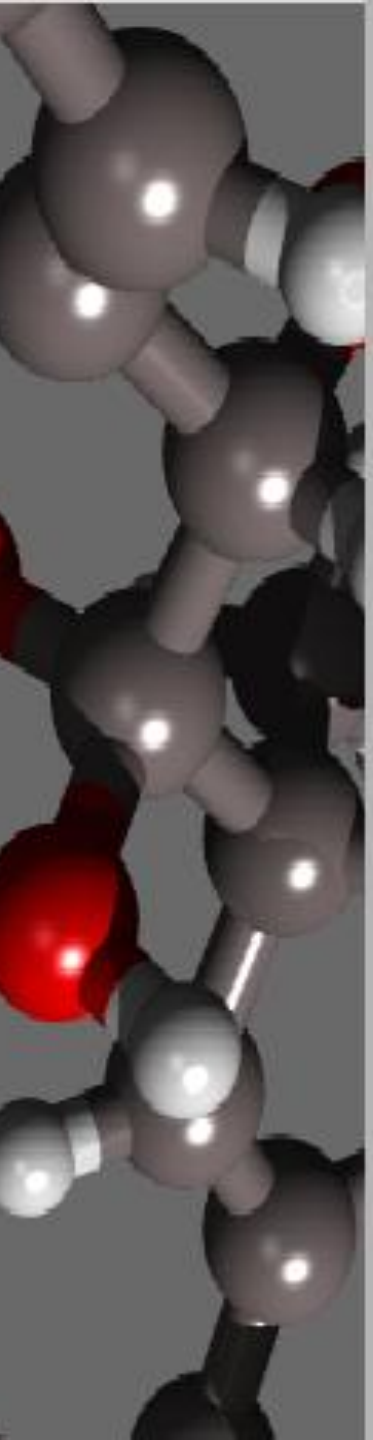
فلو أن الذرة امتصت قدرا من الطاقة لتنتقل من مستوى إلى مستوى آخر من الطاقة فإن هذه الذرة سوف تمتص فقط كماً واحدا من الطاقة ذبذبته تساوي:

$$\left(\frac{E}{h}\right) \quad \frac{\text{ط}}{\text{يلا}}$$



# نظرية بلانك

- لا يمكن للذرة أن تمتص عددا من الكموم بذبذبات مختلفة
- حتى ولو كان مجموع طاقة هذه الكموم يساوي الطاقة المنوه عنها أعلاه
- وبمعنى آخر فإن الطاقة بالذرة تنقسم إلى مستويات كل مستوى يحققه كم واحد من الطاقة بتذبذب معين
- ولذلك فإن الانتقال من مستوى طاقة معين بالذرة إلى مستوى آخر تحققه طاقة محددة لا يمكن تجزئتها
- ولهذا السبب فإن الانتقال من مستوى طاقة ما إلى مستوى آخر بالذرة يدعى بالقفزات

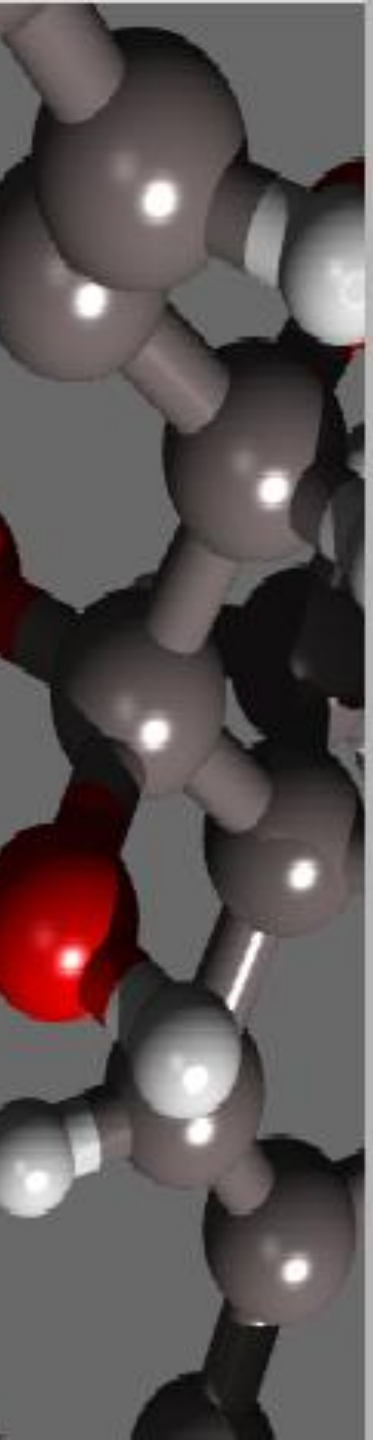


# العالم بالمر

لقد توصل العالم "بالمر" عام 1885 م إلى أن التردد الموجي يمكن حسابه من العلاقة التالية:

$$\bar{\upsilon} = \frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \qquad (٧)$$

$$\bar{ت} = \frac{1}{ل} = ريد \left( \frac{1}{٢^2} - \frac{1}{ن^2} \right)$$

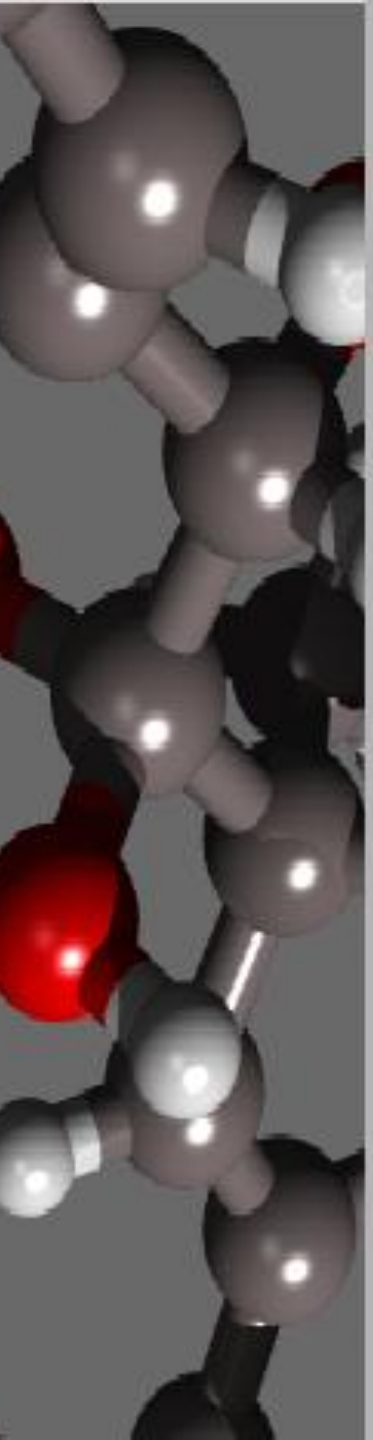


# العالم بالمر

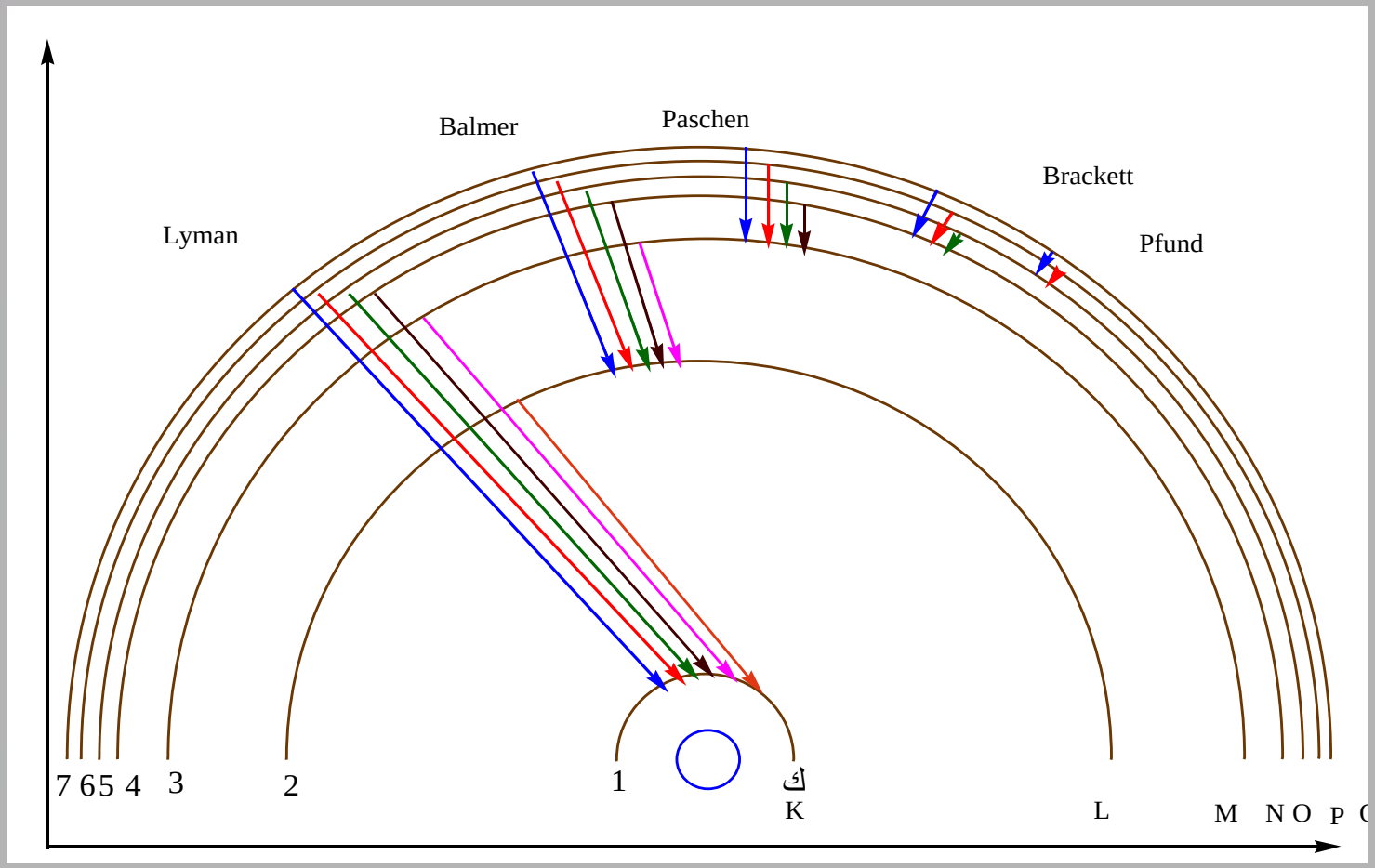
- حيث أن:
  - ريد $R_H$ هو ثابت ريدبرج Rydberg Constant
  - وقيمته بالنسبة لذرة الهيدروجين 109678 سم $^{-1}$
  - ن = 3 ، 4 ، 5 ، 6

$$\bar{\upsilon} = \frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \qquad \left( \frac{1}{ن_1^2} - \frac{1}{ن_2^2} \right) ريد = \frac{1}{ل} = \bar{ت}$$

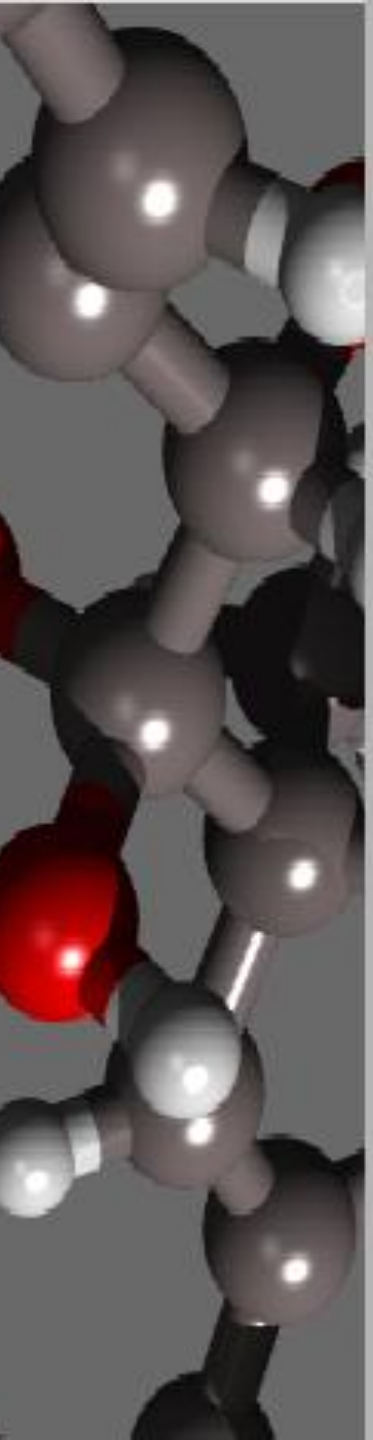
(٨)



# الشكل يوضح المسلسلات المختلفة وطاقاتها




أ.د. عمر الزين

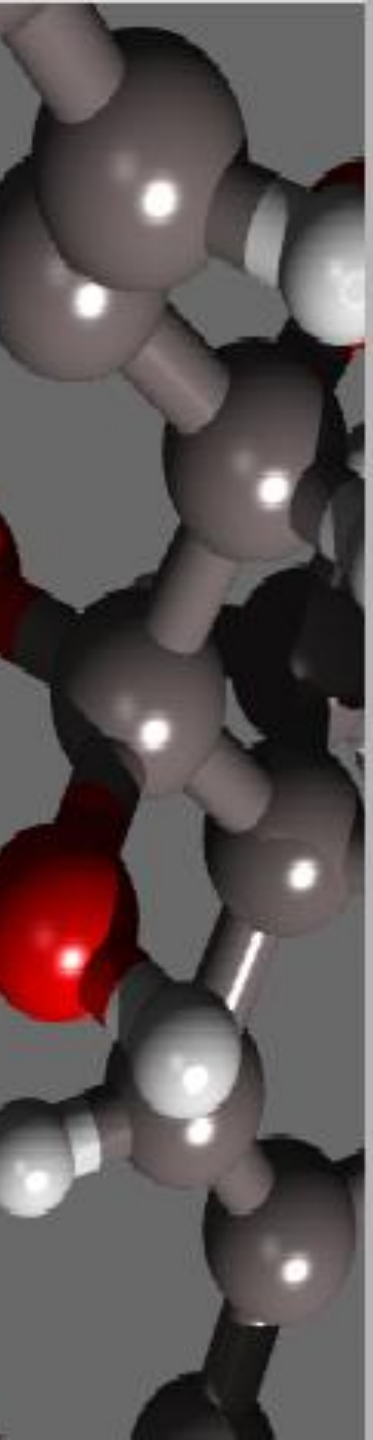


# المسلسلات المختلفة

الجدول١: العلاقة بين ن١ و ن٢ والمسلسلات التابعة لها وكذا منطقة الطيف

| المسلسله | ن١ | ن٢ | منطقة الطيف |
|---|---|---|---|
| ليمان | ١ | ٢، ٣، ٤، ..... | فوق البنفسجية |
| بالمر | ٢ | ٣ ، ٤، ٥، ..... | الاشعه المرئية |
| باشن | ٣ | ٤ ، ٥، ٦، ..... | تحت الحمراء |
| براكت | ٤ | ٥ ، ٦، ٧، ..... | تحت حمراء بعيده |
| فَنْدْ | ٥ | ٦، ٧ ، ٨، ..... | تحت حمراء بعيده |

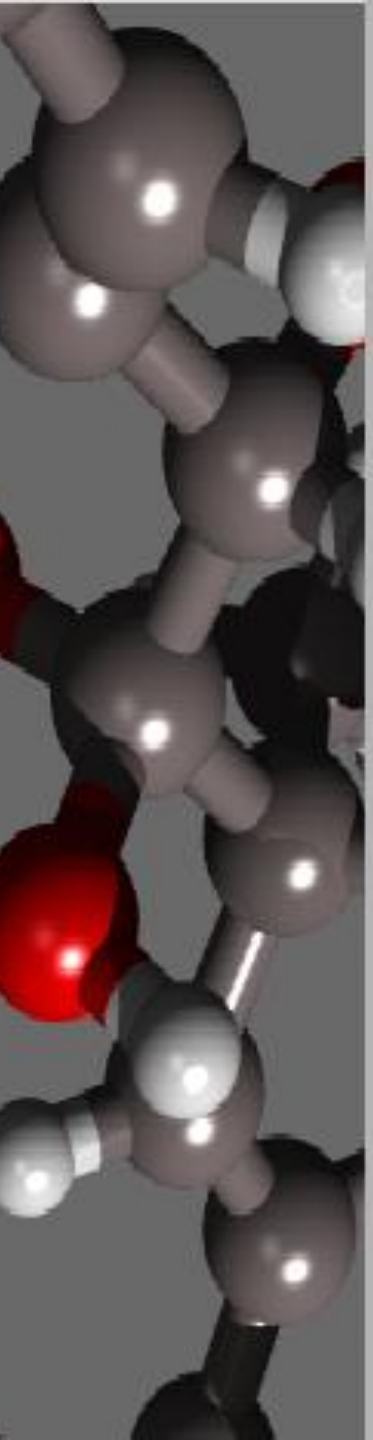
أ.د. عمر الزين



# نظرية بور والطيف الذري للهيدروجين

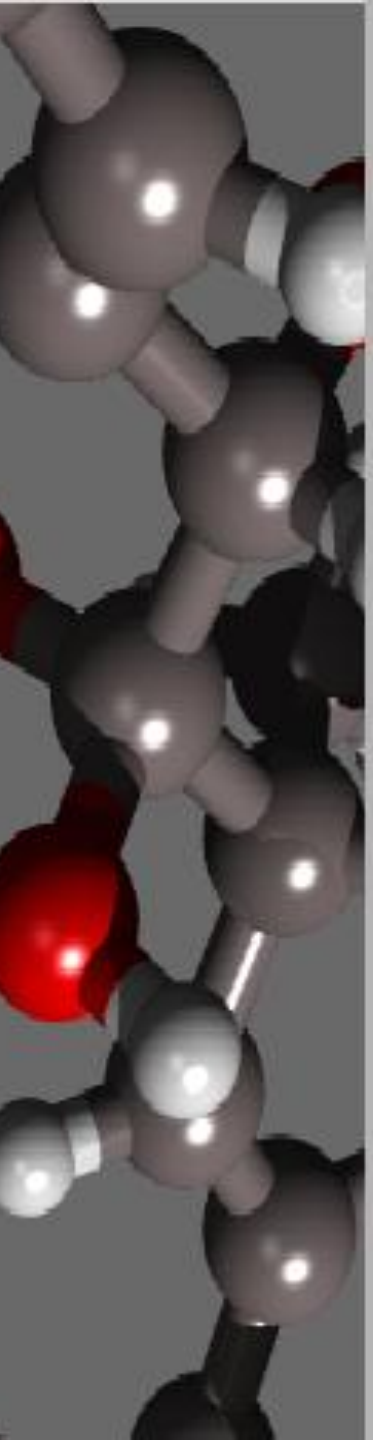
# Bohr's Theory Of Atomic Spectrum Of Hydrogen

أ.د. عمر الزين



# فروض نظرية بور

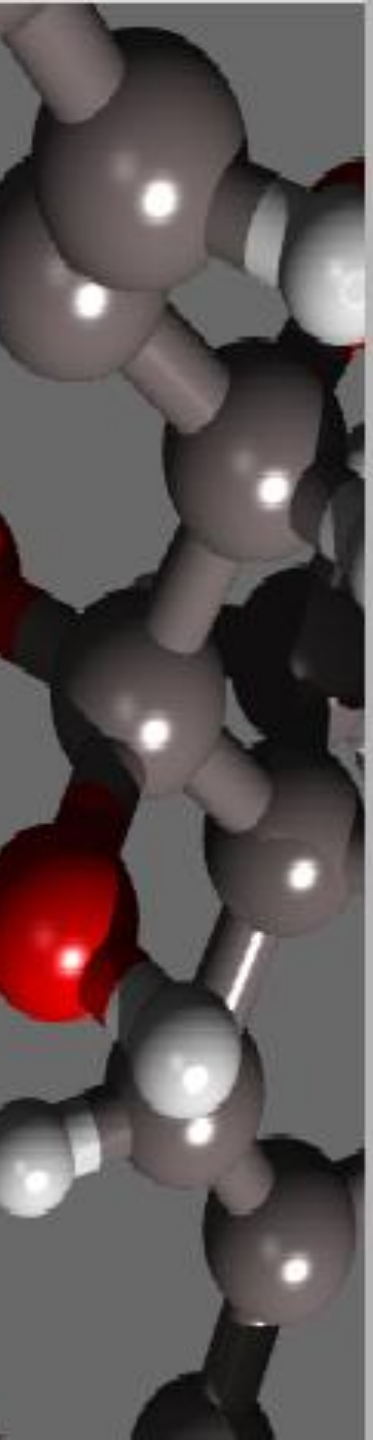
1- تتألف الذرة من نواة تحيط بها أفلاك دائرية ذات طاقة ثابتة تسبح بها الكهيربات السالبة



# فروض نظرية بور

2- هذه الأفلاك الدائرية والتي تسبح بها الكهيربات السالبة:

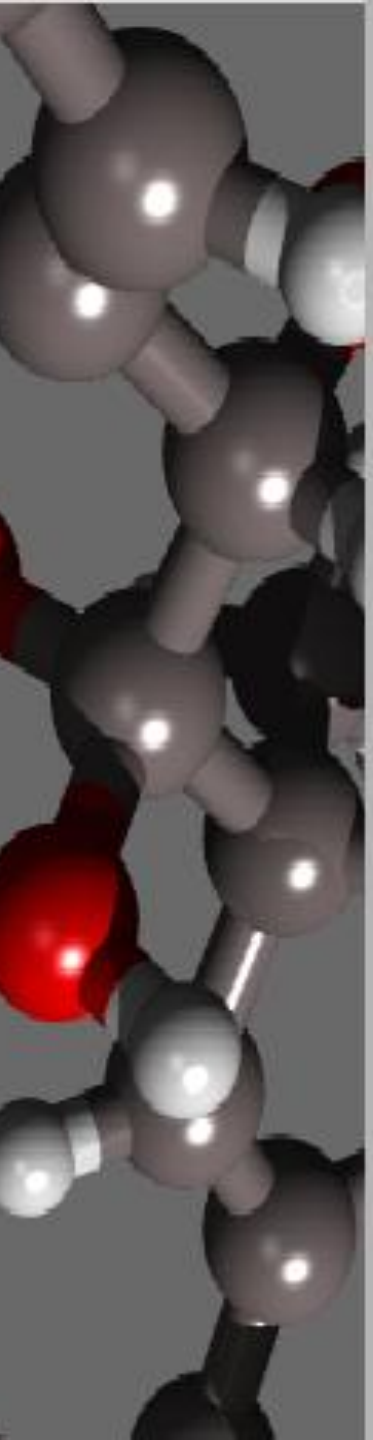
- يجب أن تكون ذات كمية حركية زاوية "Quantized - Angular – Momentum"
- تساوى (بلا ÷ 2 ط h / 2π ) أو مضاعفاتها فقط
- أما فيما عدا ذلك فغير مسموح به
- توصف هذه الأفلاك بأنها في حالة استقرار "Stationary State"
- وان طاقة دوران الكهيربات السالبة حول النواة ثابتة



# فروض نظرية بور

3- الكهيربات السالبة لا تشع طاقة من خلال سباحتها بفلك مسموح به وإنما تكتسب أو تفقد طاقة من خلال قفزاتها من فلك مسموح به إلى فلك آخر مسموح به أيضا

$$En_{2} - En_{1} = h\upsilon \qquad \text{بلانك} = \text{طن}_{1} - \text{طن}_{2} \qquad (٩)$$



# حيث توصل إلى العلاقة التالية لحساب نصف القطر:

$$r = \frac{Ze^2}{mv^2}$$

$$\text{نق} = \frac{\text{ن}^2 \text{ش}^2 \text{ك}}{\text{ك ع}^2}$$

$$r = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 mze^2}$$

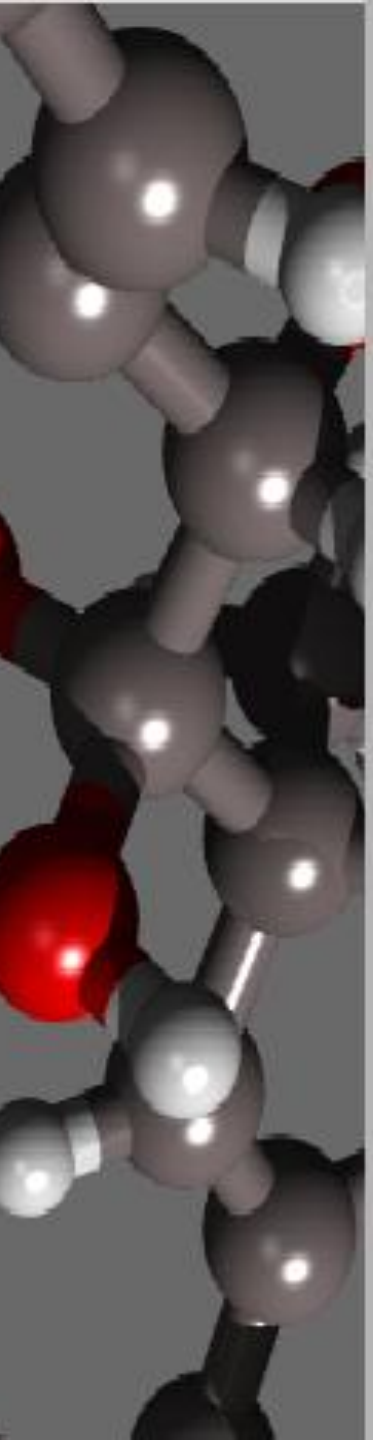
$$\text{نق} = \frac{\text{ن}^2 \text{بلا}^2}{4 \text{ ط}^2 \text{ ك ش}^2 \text{ن ش ك}}$$

$$r = \frac{h^2}{4\pi^2 me^2} = (meter)(\text{متر}) \quad ^{-10}10 \times 0.529 = \frac{\text{بلا}^2}{4\text{ط}^2 \text{ ك ش}^2 \text{ك}} = \text{نق}$$

$$(A^\circ \quad ^\circ\text{أ}) \quad \text{أنجستروم} \qquad \text{أو} = 0.529$$

$$r = n^2 \times 0.529\ A^\circ \qquad ^\circ\text{أ} 0.529 \times \text{ن}^2 = \text{نق}$$

أ.د. عمر الزين

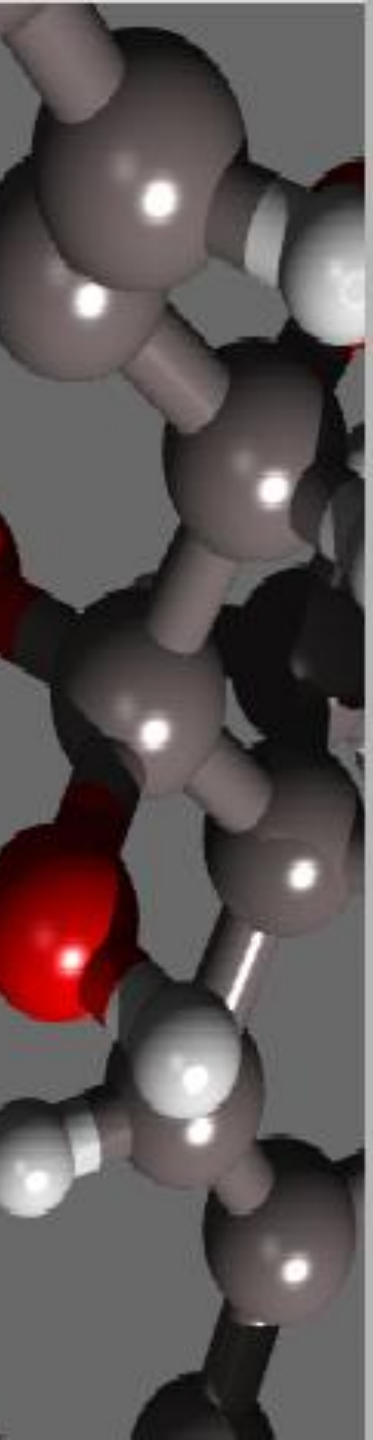


# طاقة الكهيرب

- الطاقة الكلية للكهيرب تتكون من جزأين:
  1. الطاقة الحركية Kinetic Energy
  2. الطاقة الكامنة أو طاقة الوضع Potential Energy

$$E = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{ze^2}{r}$$

$$ط = \frac{1}{2} ك ع^2 - \frac{ش ن ش ك^2}{نق}$$



# طاقة الكهيرب

$$E = -\frac{ze^2}{2r}$$

$$ط = -\frac{ك ش_ن ش^2}{2 نق}$$

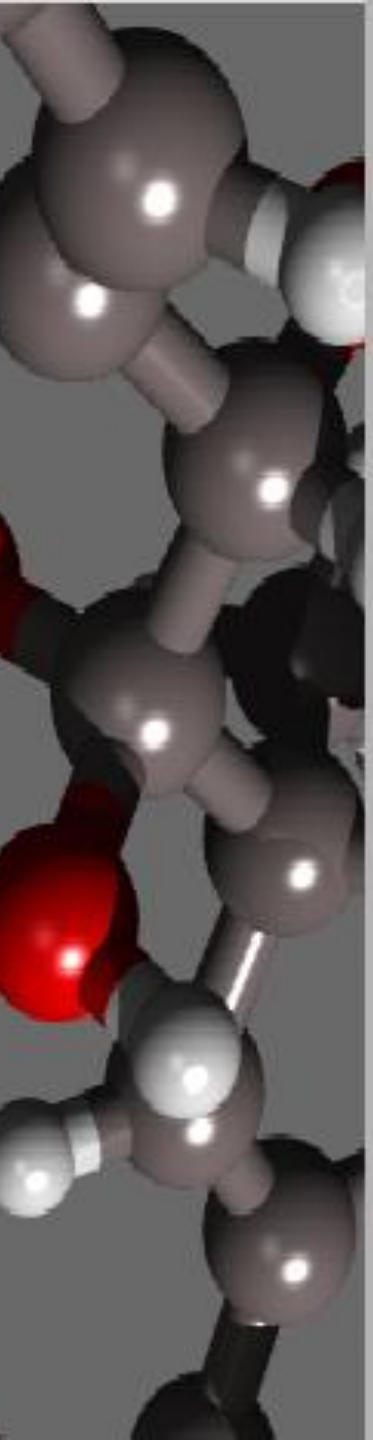
$$E = -\frac{2\pi^2 me^4 z^2}{h^2}\frac{1}{n^2}$$

$$ط = -\frac{ك^2 ش_ن^2 ش^4}{2 بلا^2}\frac{1}{ن^2}$$

$$ط_2 - ط_1 = بلا ت = \frac{ك^2 ش_ن^2 ش^4}{2 بلا^2}\left(\frac{1}{ن_1^2} - \frac{1}{ن_2^2}\right)$$

$$E_2 - E_1 = h\upsilon = \frac{2\pi^2 me^4 z^2}{h^2}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

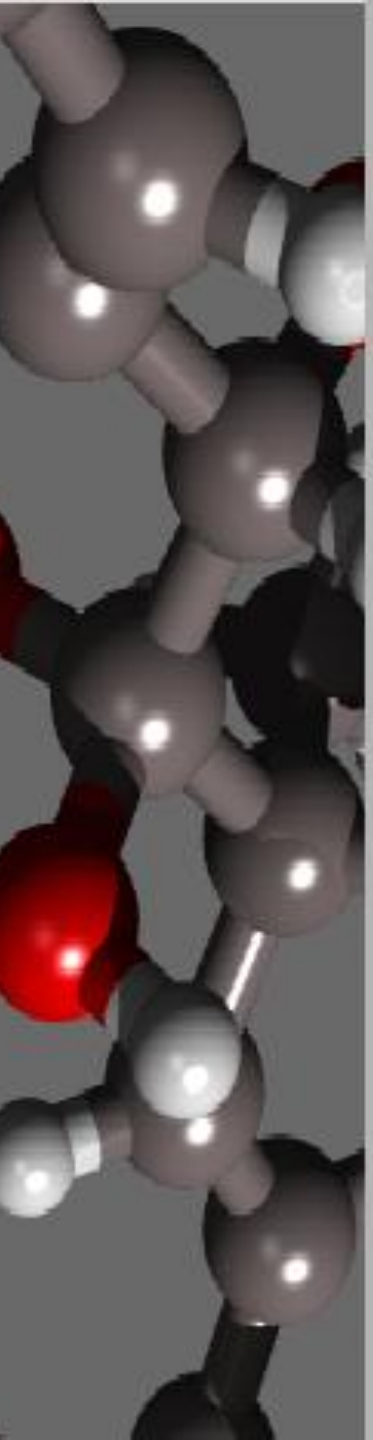
أ.د. عمر الزين



# العدد الموجي

- ومن معادلة الطاقة يمكن أيضا حساب العدد الموجي:

$$\bar{\upsilon} = \frac{2\pi^2 me^4 z^2}{h^3 c}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \qquad \left(\frac{1}{ن_2^2} - \frac{1}{ن_1^2}\right)\frac{ك^4 ش_ن^2 ش^2 ك^2 ط^2 ٢}{س^3 بلا} = \bar{ت}$$

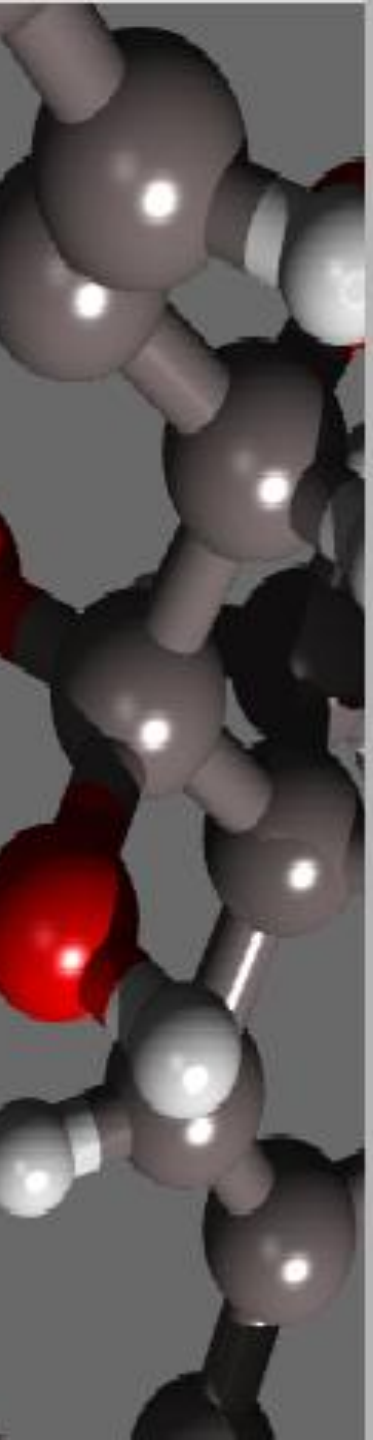


# جهد الإبعاد

- إذن طاقة الإبعاد للكهيرب بذرة الهيدروجين يمكن حسابها طبقاً للعلاقة التالية:

$$\text{ج} = \frac{\text{ط}^{2}\ \text{ك}\ \text{ش}_{\text{ن}}^{2}\ \text{ش}\ \text{ك}^{4}}{\text{س}\quad \text{بلا}^{3}} = \left(\frac{1}{1^{2}} - \frac{1}{\infty^{2}}\right) = 2{,}180 \times 10^{-18}\ \text{ج}$$

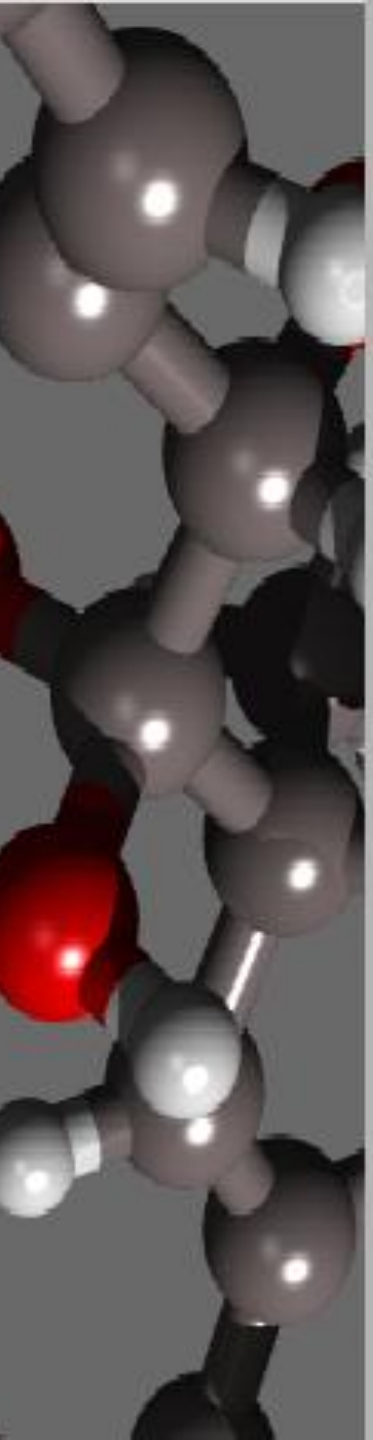
$$I = \frac{2\pi^{2} me^{4} z^{2}}{h^{3} c}\left(\frac{1}{1^{2}} - \frac{1}{\infty^{2}}\right) = 2.180 \times 10^{-18}\ j$$



# جهد الإبعاد

- وحيث أن طاقة الإبعاد عادة تحسب بوحدة كهيرب فولت "كف Electron Volts “ev
- وحيث أن كل “كف” واحد يساوي إذن:

$$\therefore ج / = \frac{٢,١٨٠ \times ١٠^{-١٨}}{١,٦٠٢ \times ١٠^{-١٩}} = ١٣,٦١ \text{ كف}$$

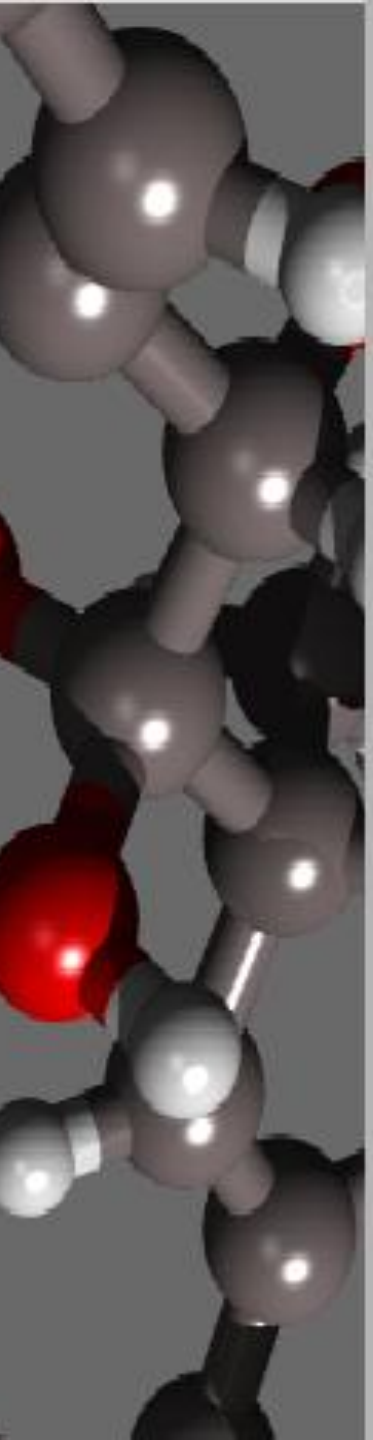


# جهد الإبعاد

- أما طاقة الإبعاد لحجم جزيء من ذرات الهيدروجين فتساوي:

$$\text{ج/} = \left(٢,١٨٠ \times ١٠^{-١٨}\right)\left(٦,٠٢٢ \times ١٠^{٢٣}\right) = ١,٣١٢ \times ١٠^{٦} \text{ ج / جزيء}$$

$$= ١٣١٢ \text{ ك ج / جزيء}$$



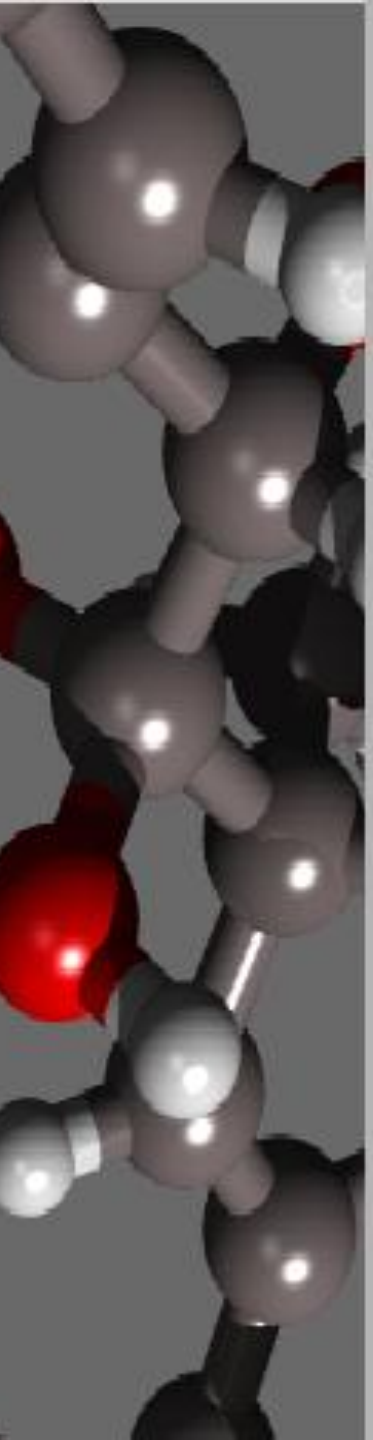
# قانون الطاقة و التردد

- وبالتعويض في قيمة الثوابت نتوصل إلى علاقة يمكننا من خلالها حساب طاقة الفلك والتردد الموجي بطريقة مباشرة:

$$E(j) = -\frac{2.1799 \times 10^{-18}}{n^2} \qquad \text{ط (جـ)} = -\frac{2,1799 \times 10^{-18}}{\text{ن}^2}$$

$$\bar{\upsilon}\ (cm^{-1}) = -\frac{10.9737}{n^2} \qquad \bar{\text{ت}}\ (\text{سم}^{-1}) = -\frac{10,9737}{\text{ن}^2}$$

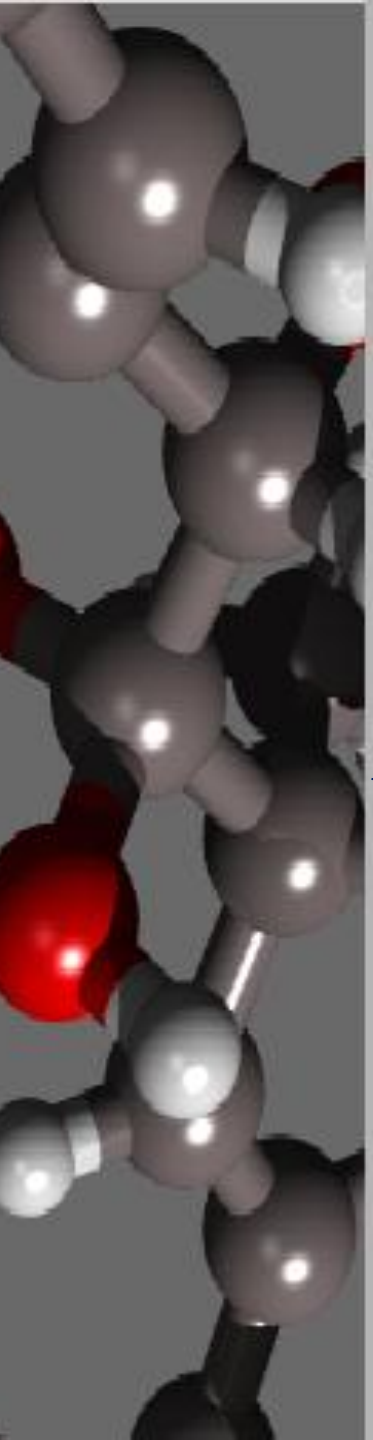
ن = ١، ٢، ٣، ٤، .....



# قصور نظرية بور

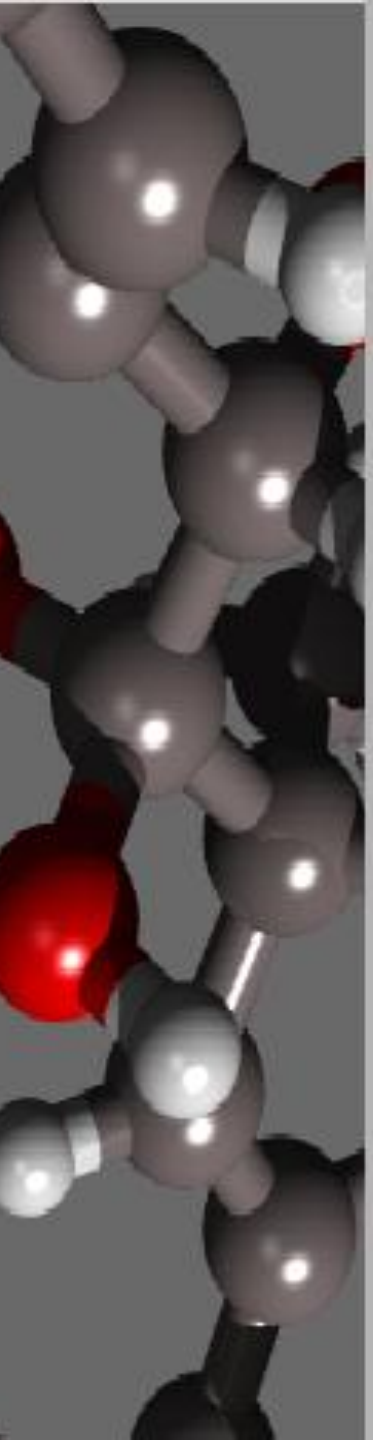
# Limitation of Bohr Theory

أ.د. عمر الزين



# قصور نظرية بور

- محاولة تطبيق نظرية بور على ذرات أكثر تعقيدا من الهيدروجين لم يحالفه النجاح ولا حتى على ذرة الهليوم
- وبالتالي فشلت النظرية في تفسير الطيف الذري للهليوم
- كما أن محاولة العلماء استخدام نظرية بور لفهم وتفسير الترابط الكيميائي وحساب طاقته حتى لأبسط الجزيئات المتعادلة مثل جزيء الهيدروجين يد $H_2$، $_2$ (نواتان وكهيربان) باءت أيضا بالفشل

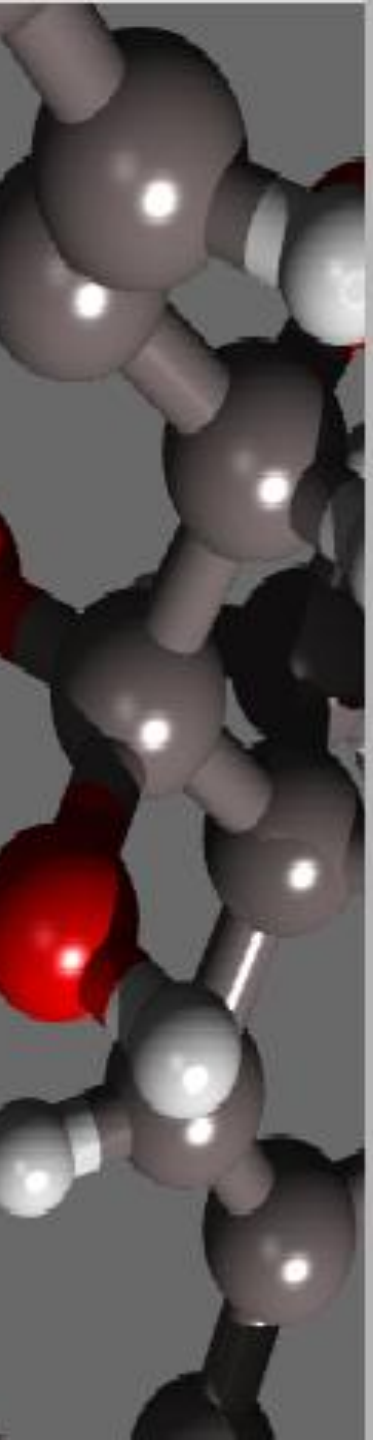


# قصور نظرية بور

- ومع ذلك كله فإن نظرية بور حققت نجاحا لا بأس به في تفسير أطياف ذرات أشباه الهيدروجين مثل:

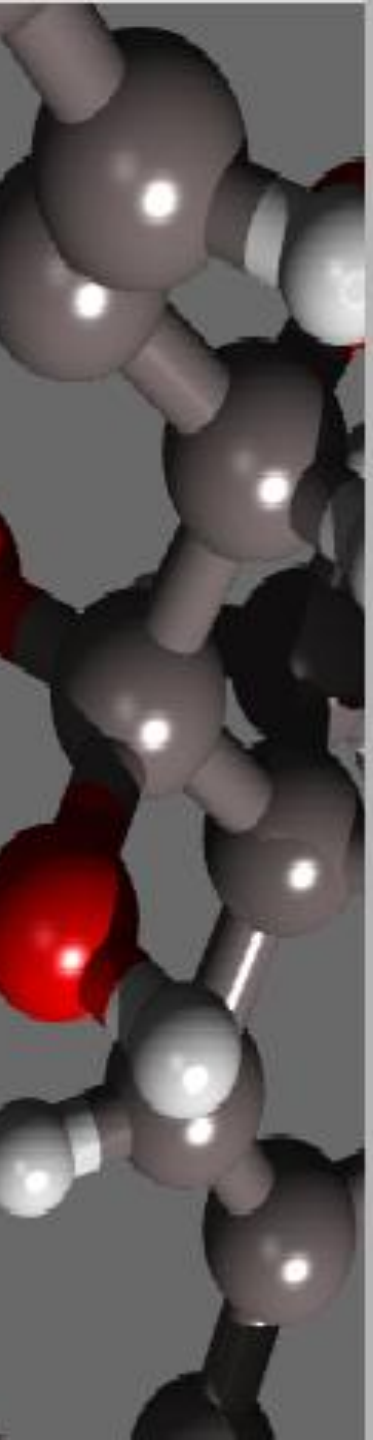
  هى$^{+}$ ، لى$^{++}$ $He^{+}$ ، $Li^{++}$

- بدأ العلماء بعد ذلك في التفكير في مخرج لحل هذه المشكلة العلمية



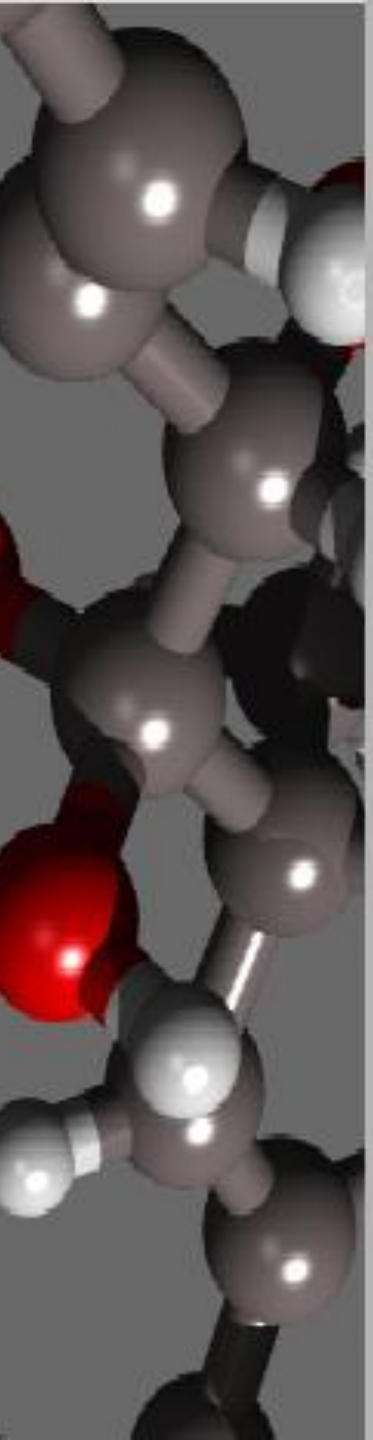
# منتقدوا نظرية بور

- جاء دور علماء ثلاثة هم:
  - فرنر هايزنيرج Werner Heisenberg
  - لويس دي بروليه Louis de Broglie
  - إرون شرودنجر Erwin Schrodinger



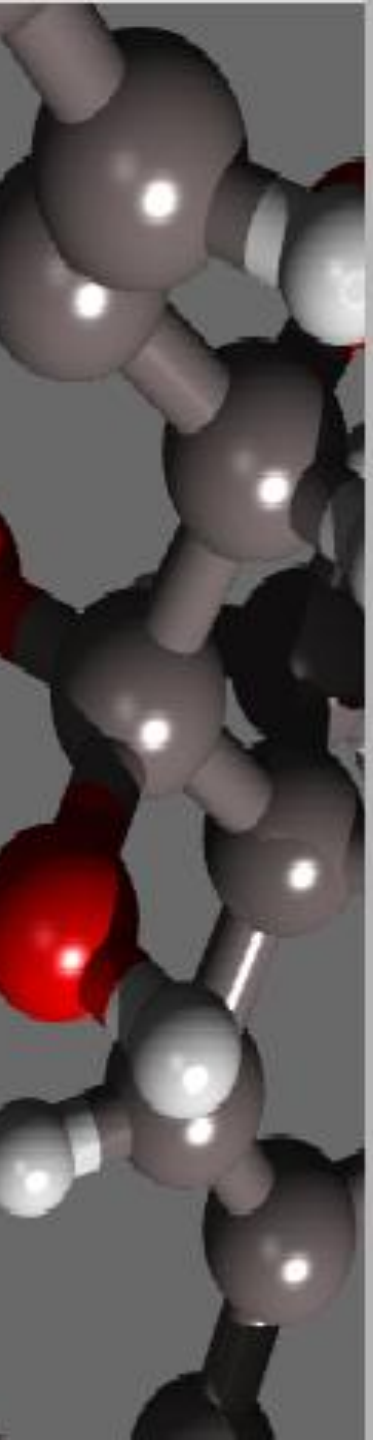
# لويس دي بروليه
# Louis de Broglie

أ.د. عمر الزين



# لويس دي بروليه
# Louis de Broglie

- الخطوة الأولى كانت من العالم دي بروليه (1924م)
- حيث راجع نظرية الكم ووجد أن الإشعاع الكهرومغناطيسي والذي كان لردح من الزمن يُظَنُّ بأنه عبارة عن ظاهرة موجية
- ولكن بعد الأعمال التي قام بها آينشتين أوضحت التجارب بأن هذه الموجات لها أيضا الخواص الجسيمية Articles or Photon
- وبناء على ذلك بدأ يتساءل هل العكس سيكون صحيحا أو بمعنى آخر هل الجسيمات لها خواص موجية ؟



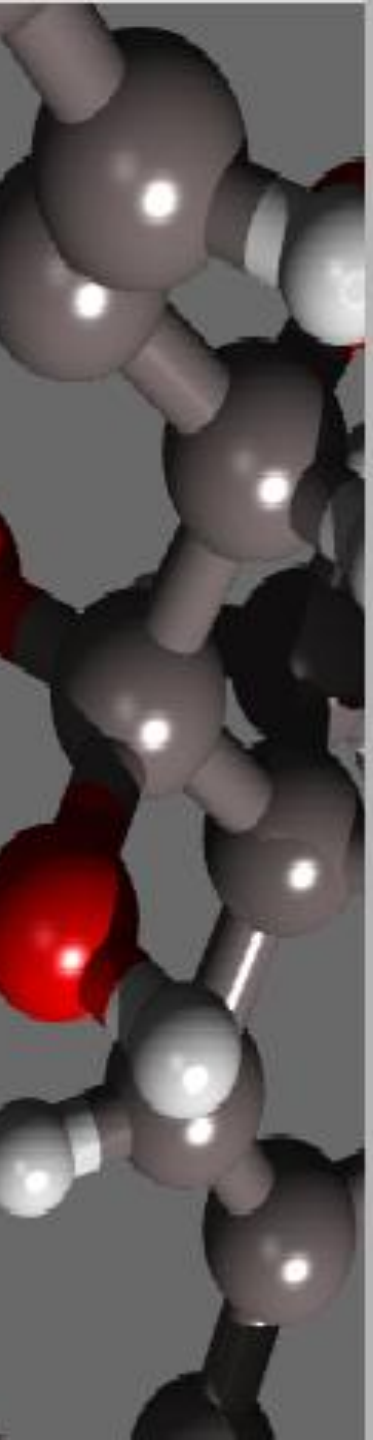
# لويس دي برولیه
# Louis de Broglie

- بدأ بعلاقة آينشتين والتي تربط بين طاقة الجسيمة الضوئية وذبذبتها واشتق العلاقة التالية:

$$E = h\upsilon \qquad \text{ط} = \text{بلا ت}$$

$$\upsilon = \frac{c_\circ}{\lambda} \qquad \text{ت} = \frac{\text{س}}{\text{ل}}$$

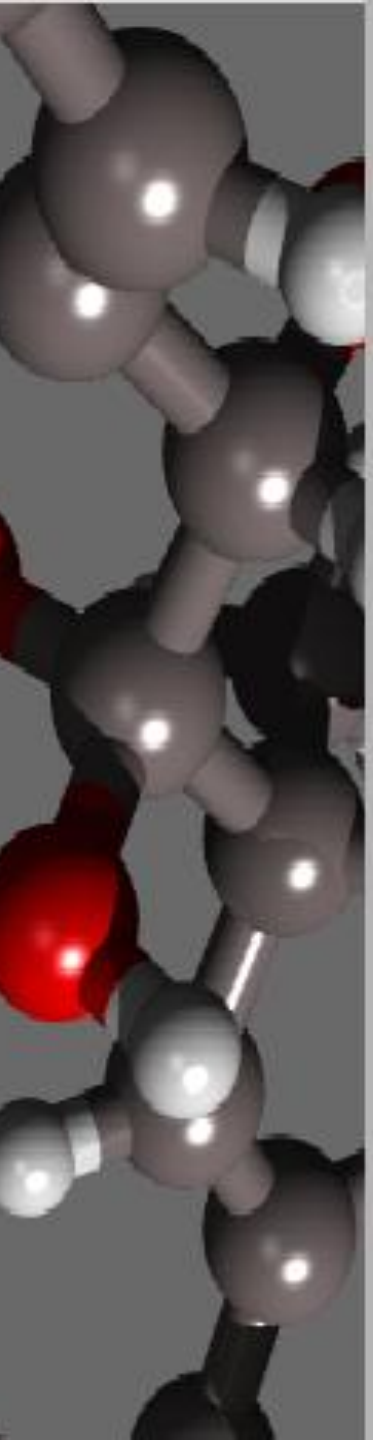
$$\therefore E = \frac{hc_\circ}{\lambda} \qquad \therefore \text{ط} = \frac{\text{بلا س}}{\text{ل}}$$



# لويس دي بروليه
# Louis de Broglie

- اشتق من النظرية النسبية العلاقة بين:
  - الزخم الضوئي (كمية التحرك أو القوة الدافعة) ز P
  - وسرعته س C
  - وطاقته ط E

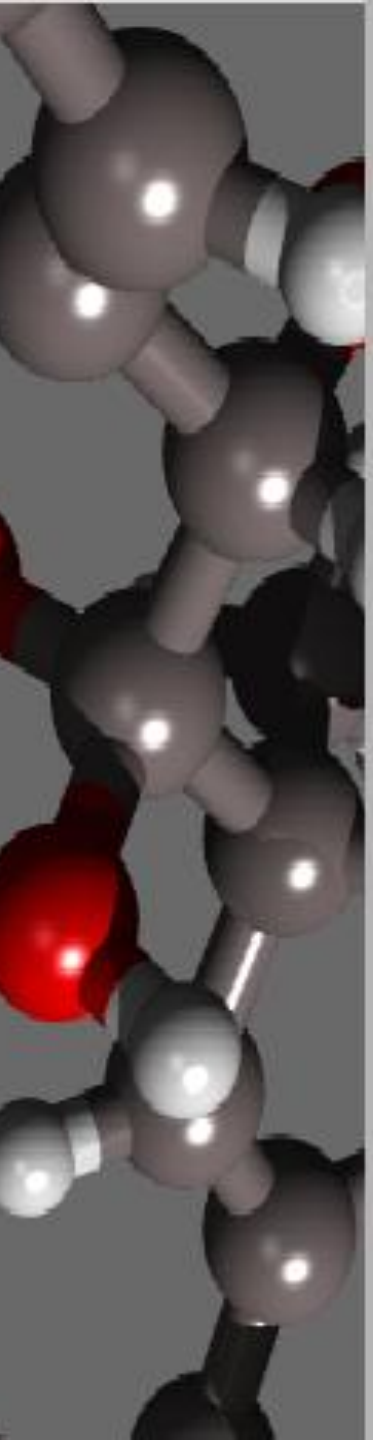
$$E = C\ P \qquad \text{ط} = \text{ز س}$$



# لويس دي بروليه
# Louis de Broglie

- و بدمج العلاقتين توصل إلى العلاقة التالية:

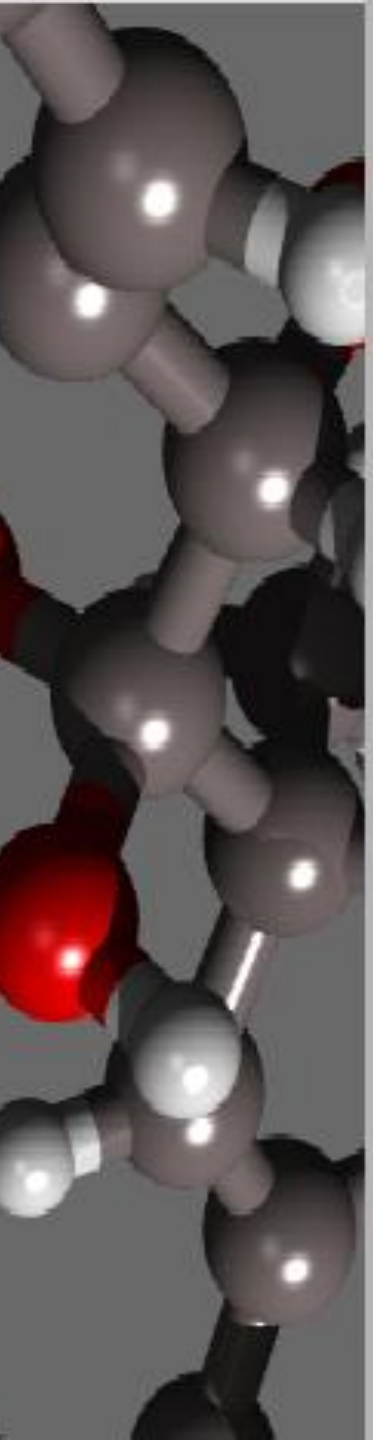
$$P = \frac{h}{\lambda} \qquad \text{ز} = \frac{\text{بلا}}{\text{ل}}$$

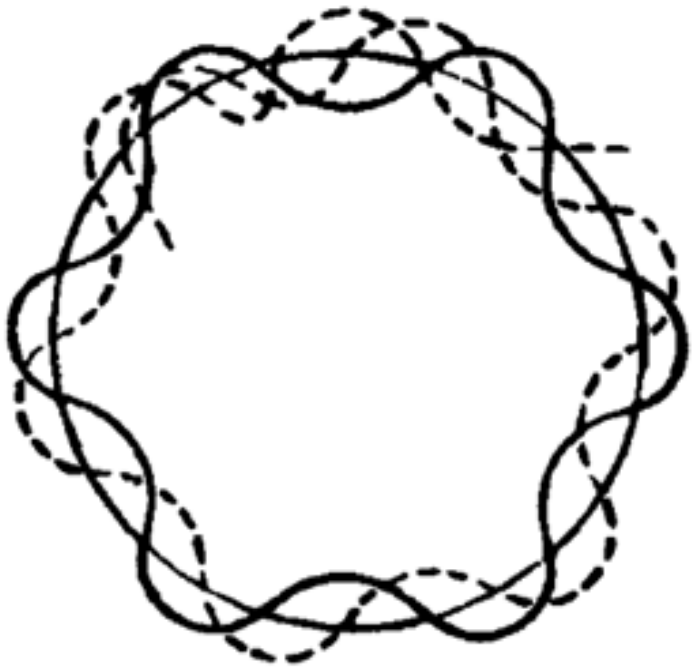


# لويس دي بروليه
# Louis de Broglie

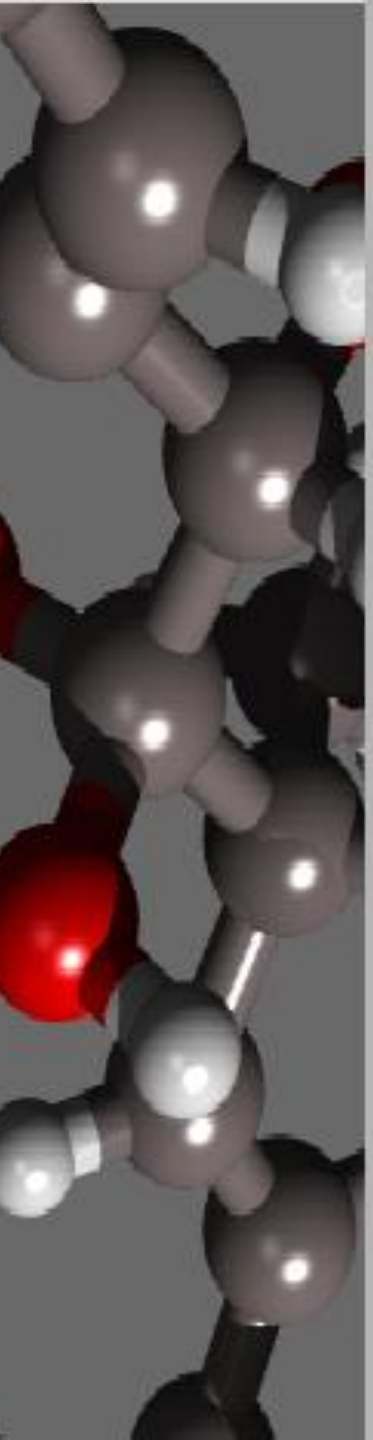
- المعادلة السابقة تُظْهر بوضوح العلاقة بين الزخم الضوئي للجسيمة وطول الموجة
- كما أنه اقترح بأن العلاقة يمكن استخدامها لحساب طول الموجة المصاحبة لأي جسيم له زخم تحققه العلاقة ز = ك س ، P = mv

$$\lambda = \frac{h}{mv} \qquad \text{ل} = \frac{\text{بلا}}{\text{ك س}}$$





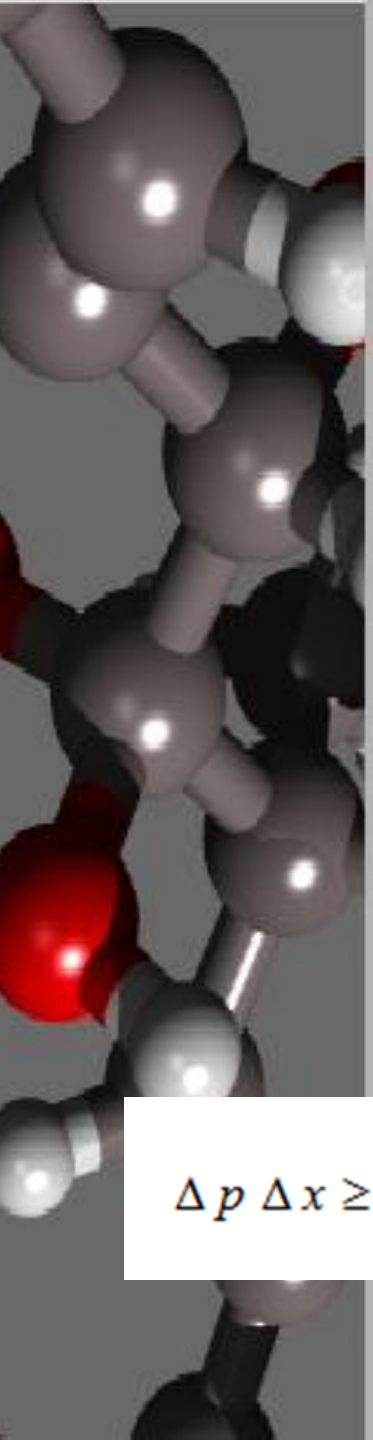
رسم توضيحي للصفة الموجية للكهيرب ويمثل الخط المتصل الموجة الثابتة والخط المنقط يمثل الموجات ذات الأطوال المختلفة والتي يلغي بعضها البعض



# مبدأ الشك لهايزنبرج

# Heisenberg Uncertainty Principle

أ.د. عمر الزين



# مبدأ الشك لهايزنبرج
## Heisenberg Uncertainty Principle

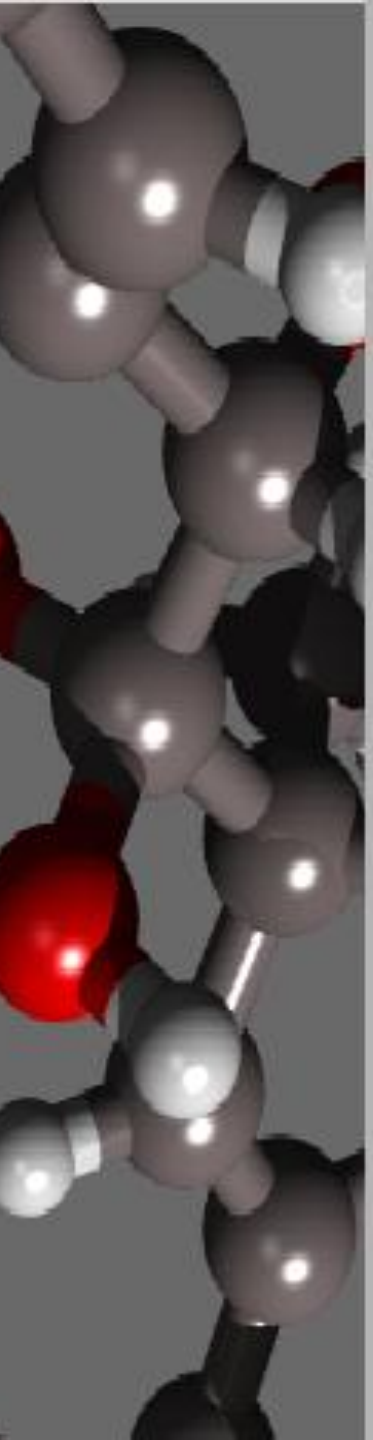
- يستطيع الإنسان تحديد مكان الأجسام الكبيرة وسرعتها ولكن هل ينطبق هذا على الأجسام الدقيقة مثل الكهيربات السالبة
- من هذا التساؤل انطلق مبدأ الشك لهايزنبرج والذي ينص على أن:

"هناك حداً أدنى للدقة في تحديد مكان وزخم الجسيمات الدقيقة معا في آن واحد"

- ووضع علاقته المشهورة:

$$\Delta p \, \Delta x \geq \frac{h}{4\pi}$$

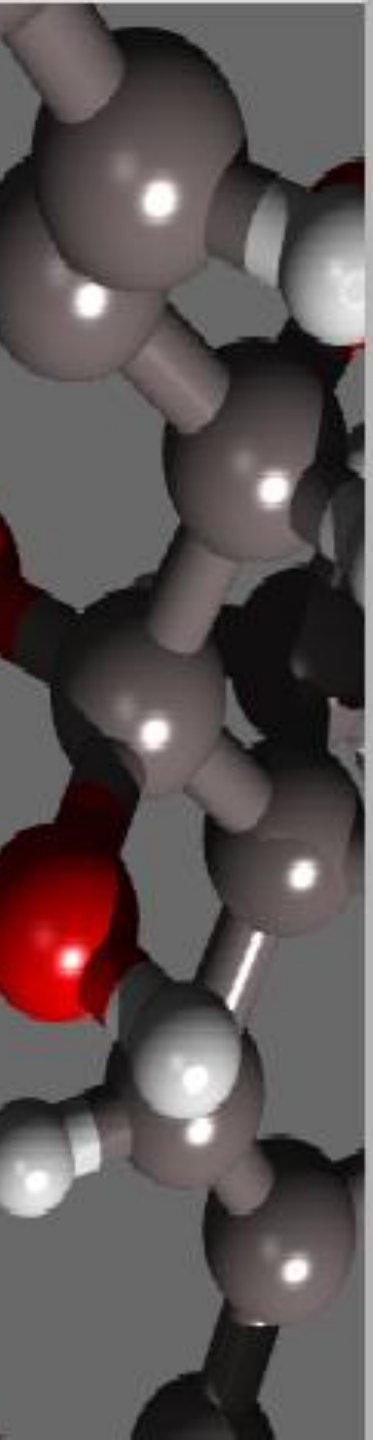
$$\Delta \text{ز} \, \Delta \text{ف} \geq \frac{\text{بلا}}{4\text{ط}}$$



# مبدأ الشك لهايزنبرج
# Heisenberg Uncertainty Principle

- حيث أن:
  - Δ ف Δx ترمز إلي مقدار الشك في مكان الكهيرب
  - و ترمز إلي مقدار الشك في زخم الكهيرب

$$\Delta p \, \Delta x \geq \frac{h}{4\pi} \qquad \Delta \text{ز} \; \Delta \text{ف} \geq \frac{\text{بلا}}{\text{ط}4}$$

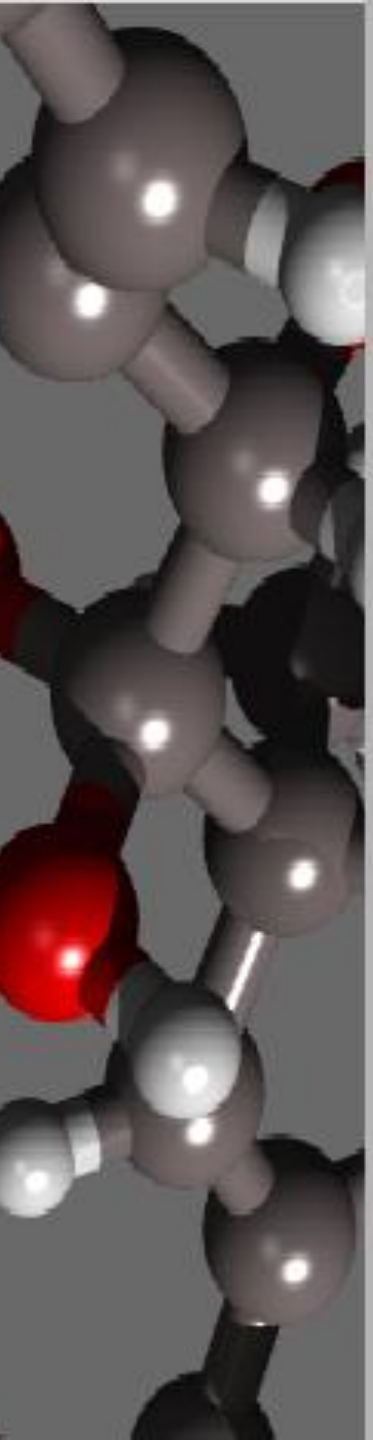


# مبدأ الشك لهايزنبرج
## Heisenberg Uncertainty Principle

- فلو افترضنا وجود كهيرب علي مسافة قدرها 04, انجستروم ( 4 × $10^{-10}$ سم$^{-1}$)
- وأردنا حساب زخم هذا الكهيرب لوجدنا:

$$\Delta \text{ز} = \frac{\text{بلا}}{٤\ \text{ط}\ \Delta\ \text{ف}} = \frac{٦ \times ١٠^{-٢٧}}{(٤)(٣,١٤)(٤ \times ١٠^{-١٠})} = ١,٢ \times ١٠^{-١٨} \quad \text{جم} - \text{سم/ث}$$

$$\Delta\ p = \frac{h}{٤\ \pi\ \Delta\ x} = \frac{٦ \times ١٠^{-٢٧}}{(٤)(٣.١٤)\ ٤ \times ١٠^{-١٠}} = ١.٢ \times ١٠^{-١٨} \quad gm - cm / \sec$$

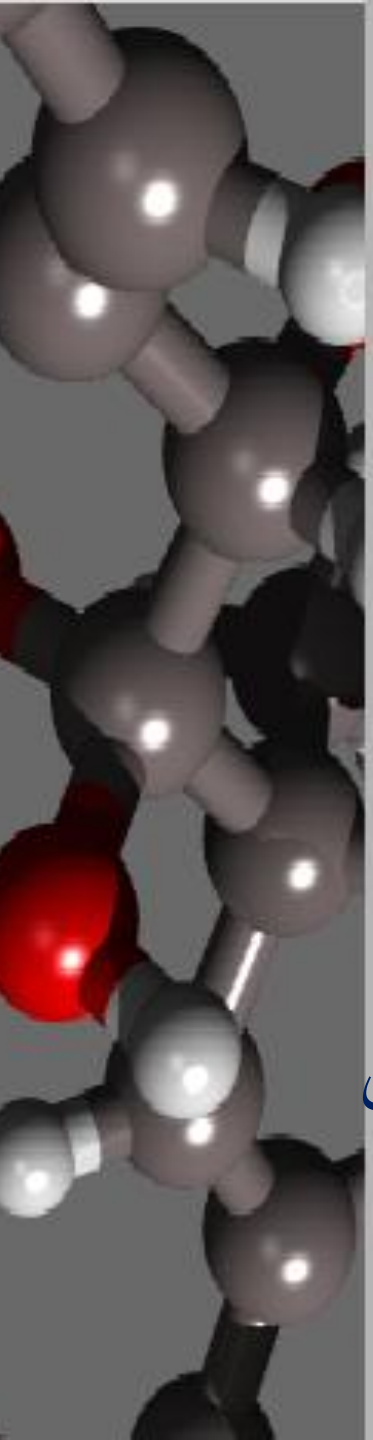


# مبدأ الشك لهايزنبرج
# Heisenberg Uncertainty Principle

- نعرف أن كتلة الكهيرب السالب: $9 \times 10^{-28}$ جم
- على ذلك فإن مقدار الشك في سرعة هذا الكهيرب تكون:

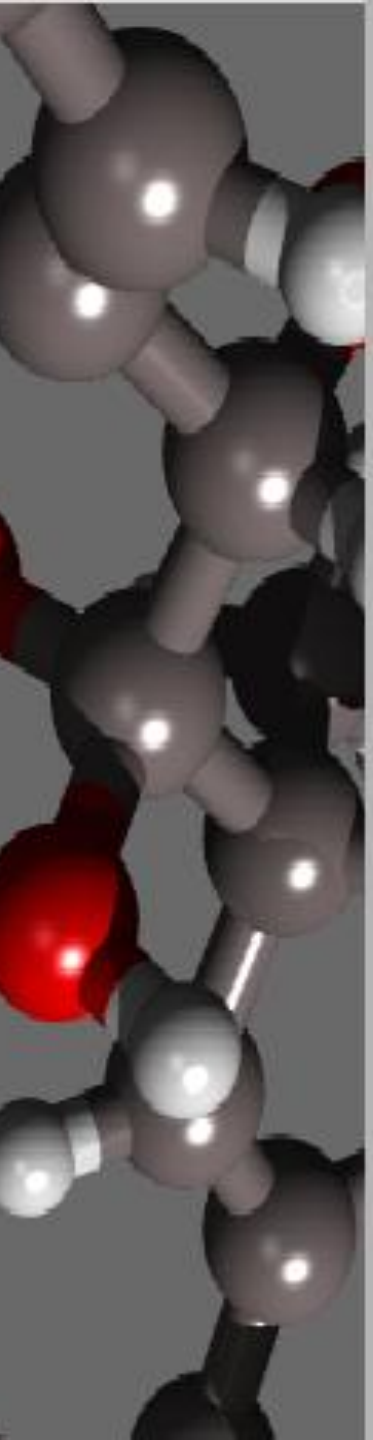
$$\Delta ف = \frac{\Delta ز}{ك} = \frac{١,٢ \times ١٠^{-١٨}}{٩ \times ١٠^{-٢٨}} = ١,٣٣ \times ١٠^{٩} \text{ سم/ث}$$

$$\Delta v = \frac{\Delta p}{m} = \frac{1.2 \times 10^{-18}}{9 \times 10^{-28}} = 1.33 \times 10^{9} \; cm / \sec$$



# مبدأ الشك لهايزنبرج
## Heisenberg Uncertainty Principle

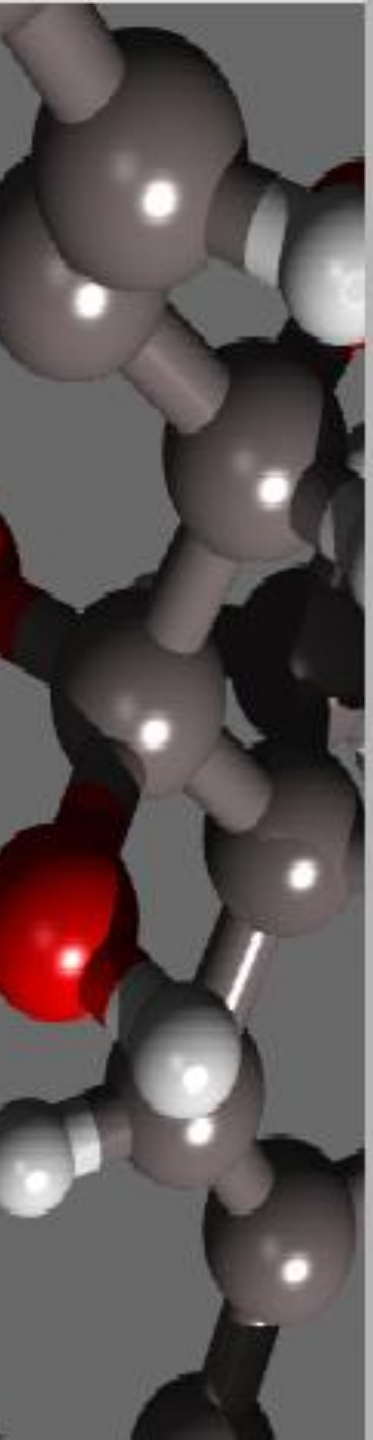
- وهذا يعني أن مقدار الشك في سرعة الكهيرب السالب تعادل تقريبا سرعة الضوء
- وهذا في الواقع أكبر من السرعة الحقيقية للكهيرب السالب
- وباختصار يمكن القول بأن سرعة الكهيرب السالب لا يمكن تحديدها بدقة في مكان ما في وقت ما
- كما أنه ما ينطبق على السرعة ينطبق تماما على المكان
- وعلى أية حال فهذا يعتبر فشلا آخر لنظرية بور



# معادلة شرودنـجر

## The Schrodinger Equation

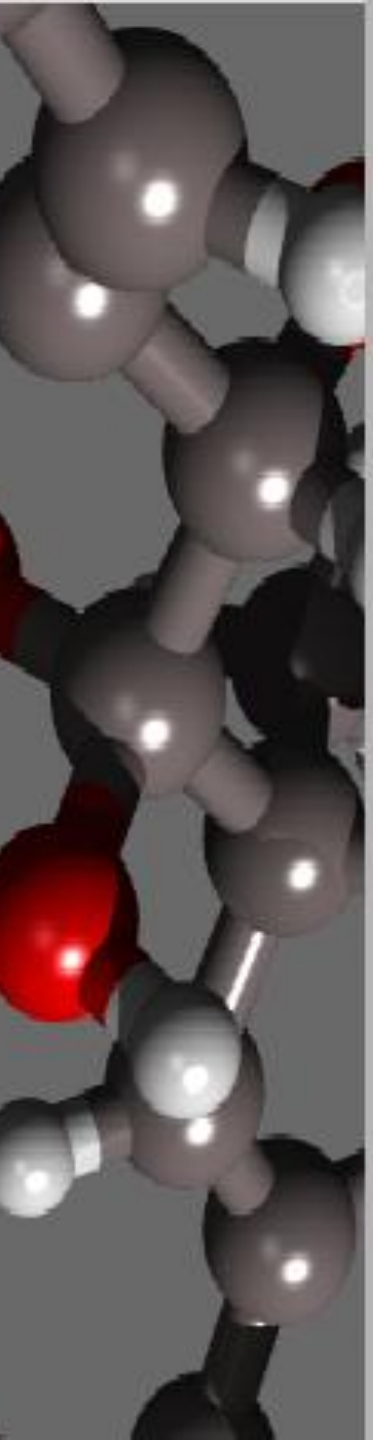
أ.د. عمر الزين



# معادلة شرودنجر
# The Schrodinger Equation

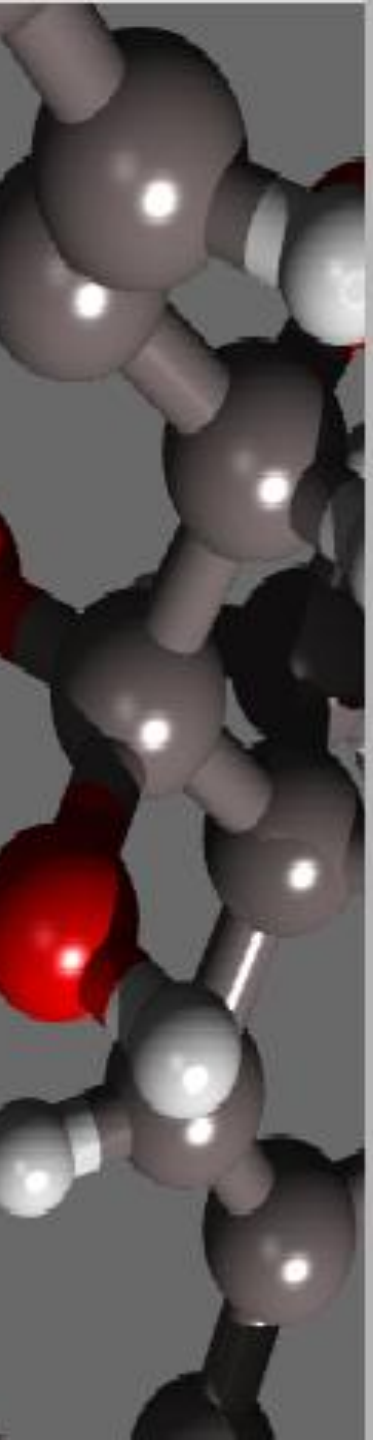
- تمكن العالم النمساوي شرودنجر عام 1926م من وضع معادلة تفاضلية عرفت فيما بعد بإسمه
- هذه المعادلة تجمع فيما بين:
  - طاقة الوضع Polential Energy
  - الطاقة الحركية Kinetic Energy
  - الخاصية الموجية للكهيرب السالب
- وتعتبر الدالة الموجية د (ψ Wave Function) هي مرتكز معادلة شرودنجر ويمكن كتابتها على أبسط صورها كالتالي:

$$H\psi = E\psi \qquad \text{هـ د} = \text{ط د}$$



# معادلة شرودنجر
# The Schrodinger Equation

- حيث أن:
  - بلا = h ثابت بلانك
  - ك = m كتلة الكهيرب السالب
  - ط = E الطاقة الكلية
  - ض (س،ص،ع) = طاقة الوضع (والتي تعبر في هذه الحالة عن التفاعل البيني الساكن للكهيربات السالبة)
  - د ( س،ص،ع ) = ψ الدالة الموجية

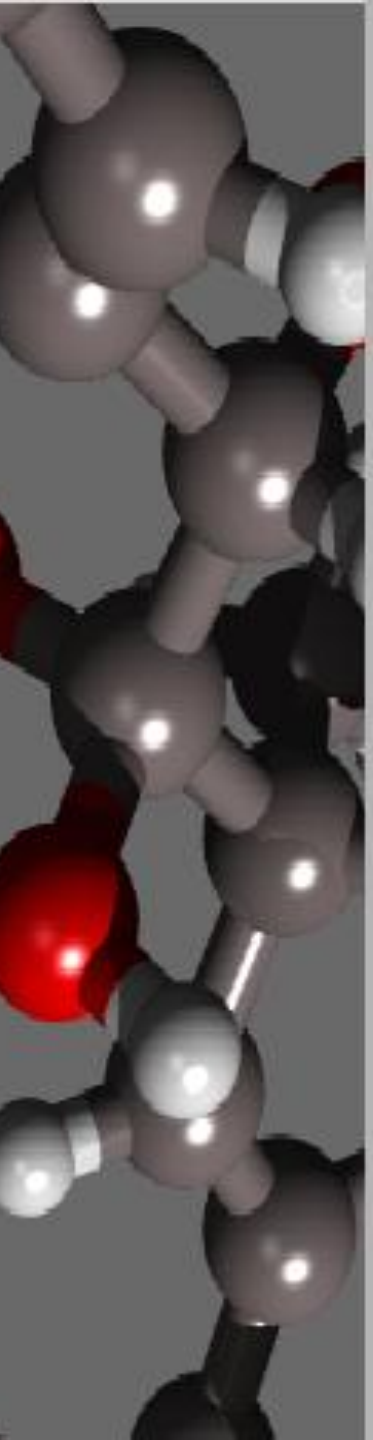


# معادلة شرودنجر
# The Schrodinger Equation

$$\left[ -\frac{\hbar^2}{8\pi^2 m} \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) + v(x,y,z) \right] \psi(x,y,z) = E\ \psi(x,y,z)$$

$$\text{د}(\text{س},\text{ص},\text{ع})\ \text{ط د}(\text{س},\text{ص},\text{ع}) = \left[ -\frac{\text{بلا}^2}{8\ \text{ط}^2\ \text{ك}} \left( \frac{\text{د}^2}{\text{د س}^2} + \frac{\text{د}^2}{\text{د ص}^2} + \frac{\text{د}^2}{\text{د ع}^2} \right) + \text{ض}(\text{س},\text{ص},\text{ع}) \right]$$

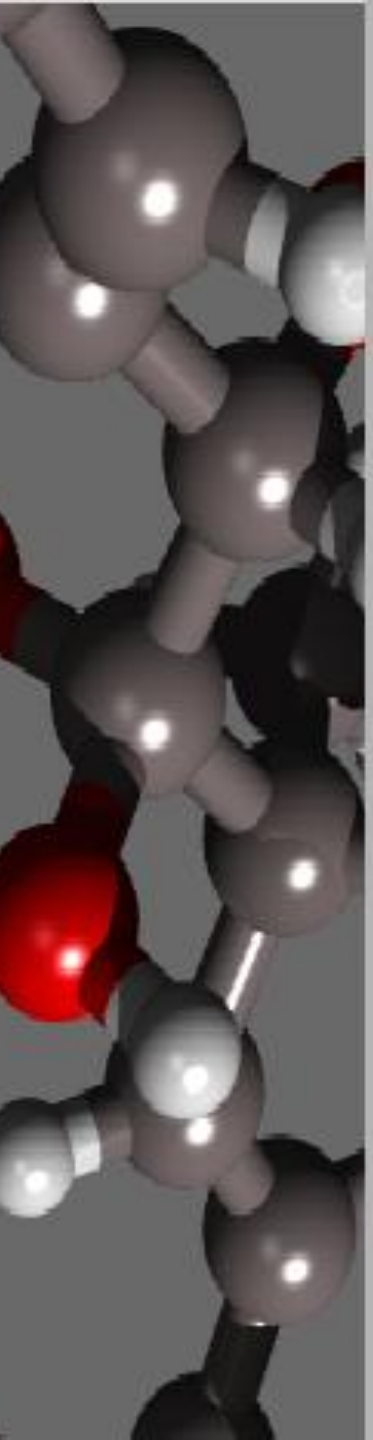
حيث أن هـ $\equiv$ $-\frac{\text{بلا}^2}{8\ \text{ط}^2\ \text{ك}} \left( \frac{\text{د}^2}{\text{د س}^2} + \frac{\text{د}^2}{\text{د ص}^2} + \frac{\text{د}^2}{\text{د ع}^2} \right) + \text{ض}(\text{س},\text{ص},\text{ع})$



# الأعداد الكمية

# Quantum Numbers

أ.د. عمر الزين

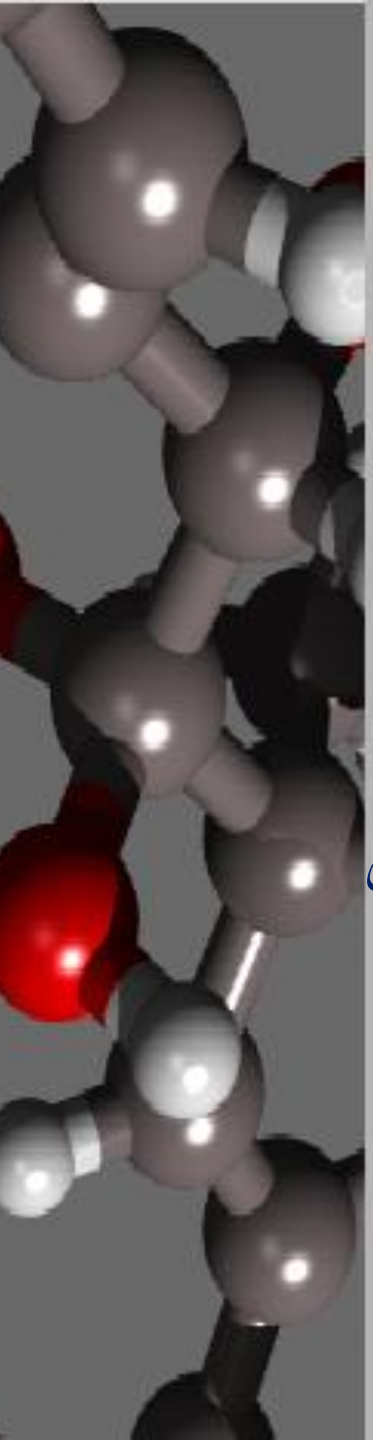


# الأعداد الكمية

## 1- العدد الكمي الرئيسي (ن)

## The Principal Quantum Number (n)

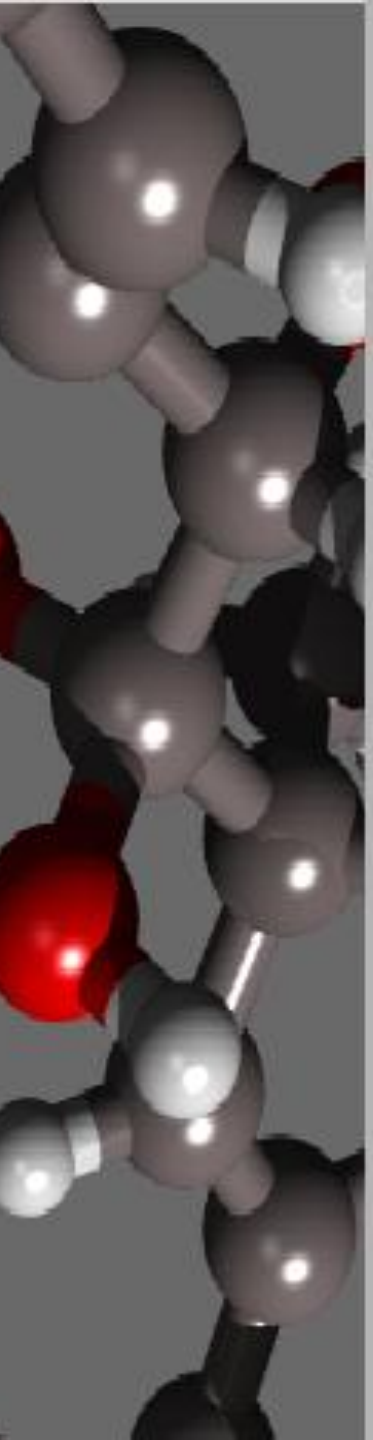
- هو العدد الذي بموجبه تحدد طاقة مستوى الكهيرب السالب
- وبالتالي بعده عن النواة
- ويأخذ جميع الأرقام الصحيحة الموجبة عدا الصفر



# الأعداد الكمية

## 2- العدد الكمي للعزم الزاوي (ل)
## The Angular-Momentum Quantum Number (l)

- هذا العدد الكمي يصف شكل الفلك الذي يسبح فيه الكهيرب السالب
- ويأخذ القيم الصحيحة من صفر وحتى ن-1
- علما بأن العزم الزاوي عادة ما يعبر عنه بالأحرف الأبجدية بدلا من الأرقام العددية مثل (س، ب، د، ف) ( s ,p ,d ,f)
- والتي تقابل الأعداد (صفر،1،2،3) على التوالي
- كما أن العددين الكميين (ن، ل) جرت العادة على جمعهما سويا "ن ل" حيث يعبر عن (ن) بقيمتها العددية و (ل) بحرفها الهجائي
- فمثلا: 2ب تعني أن ن = 2 ، ل = 1

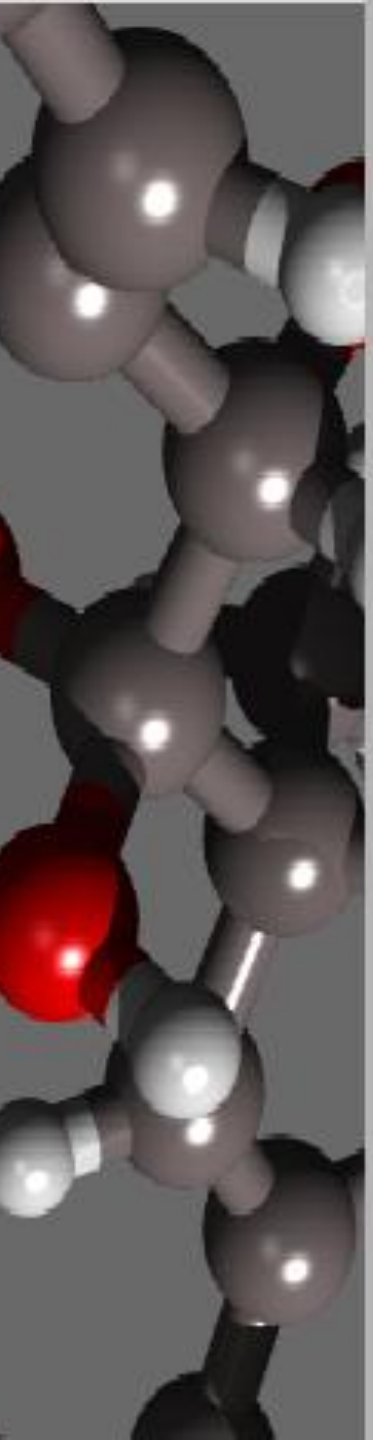


# الأعداد الكمية

## 3- العدد الكمي الزاوي المغناطيسي (مل)

## The Magnetic Angular Quantum Number ($m_l$)

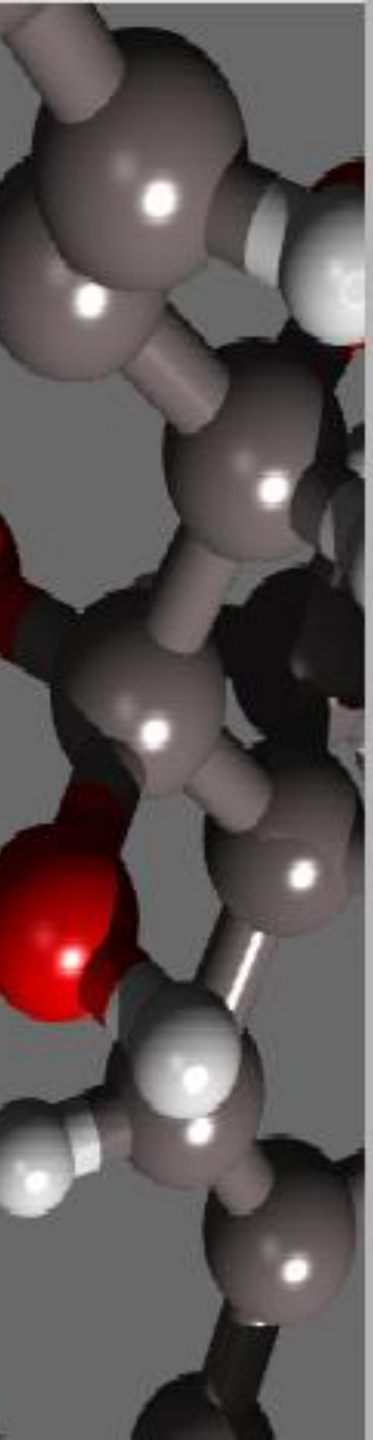
- أي كهيرب يدور وله عزم زاوي هو بمثابة تيار كهربائي في دائرة مغلقة
- الأمر الذي ينشأ عنه مجال مغناطيسي معين
- وبما أن هذا المجال المغناطيسي كان مصدره العزم الزاوي للكهيرب السالب فإنه من الطبيعي أن تكون قيم (مل $m_l$) مرتبطة بقيم (ل l)
- وُجد نظريا وتجريبيا أن (مل) تأخذ القيم الصحيحة من (+ ل إلى - ل) بما في ذلك الصفر
- وتدل قيمة (مل) على اتجاه الفلك Orbital في الفراغ



# الأعداد الكمية

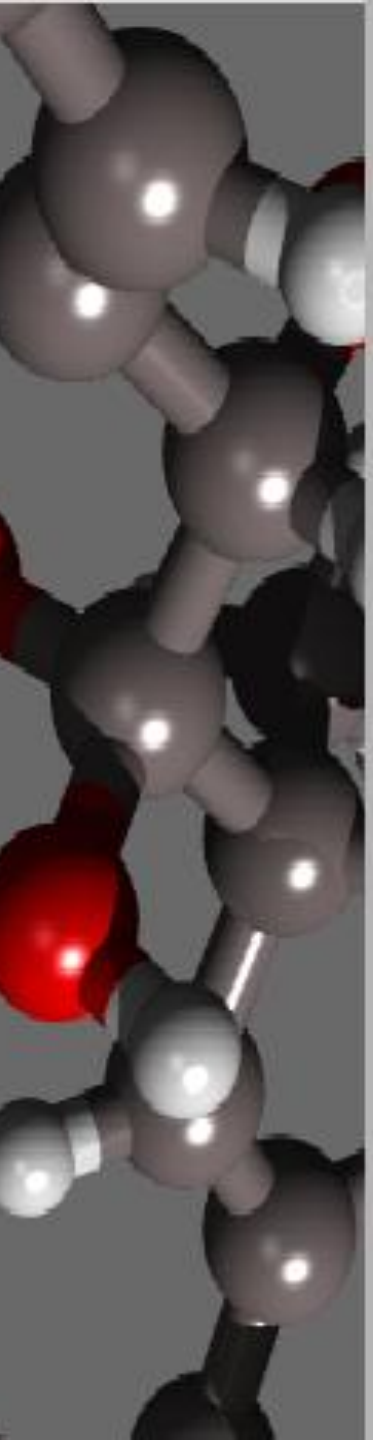
## 4- العدد الكمي الدورانى (م$_د$)
## The Spin Quantum Number ($m_s$)

- عرفنا أن الكهيرب السالب يدور حول النواة
- وآن لنا الآن أن نعرف أنه يدور حول نفسه مَثَلُهُ في ذلك مَثَلُ الكرة الأرضية
- فالأرض تدور حول الشمس وتدور كذلك حول محورها
- ولكن دوران الكهيرب السالب ذو اتجاهين:
  - الأول في اتجاه عقارب الساعة ويأخذ القيمة +½
  - والثاني عكس اتجاه عقارب الساعة ويأخذ القيمة - ½
- و بناء على ذلك فدوران الكهيرب السالب حول نفسه أيضا ينتج عنه مجالا مغناطيسيا ولكنه أصغر من سابقه



# الأعداد الكمية

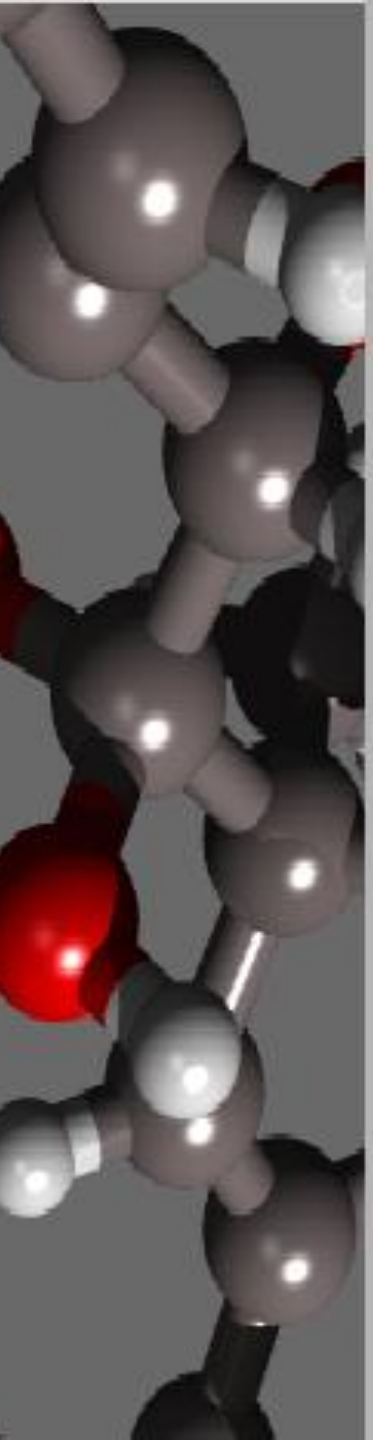
- وخلاصة القول فإن العدد الكمي الرئيسي (ن) هو المسئول مسؤولية مباشرة وبصفة أساسية عن تحديد الطاقة الكلية للفلك الذري
- أما بقية الأعداد الكمية فتأثيرها على طاقة الفلك بسيط
- فالعدد الكمي (ل) يحدد العزم الزاوي للكهيرب السالب وبالتالي فإنه يحدد شكل الفلك وعلى ذلك فإن تأثيره على طاقة الفلك محدود
- أما العدد الكمي (م$_{ل}$) فإنه يحدد توجيه العزم الزاوي في المجال المغناطيسي



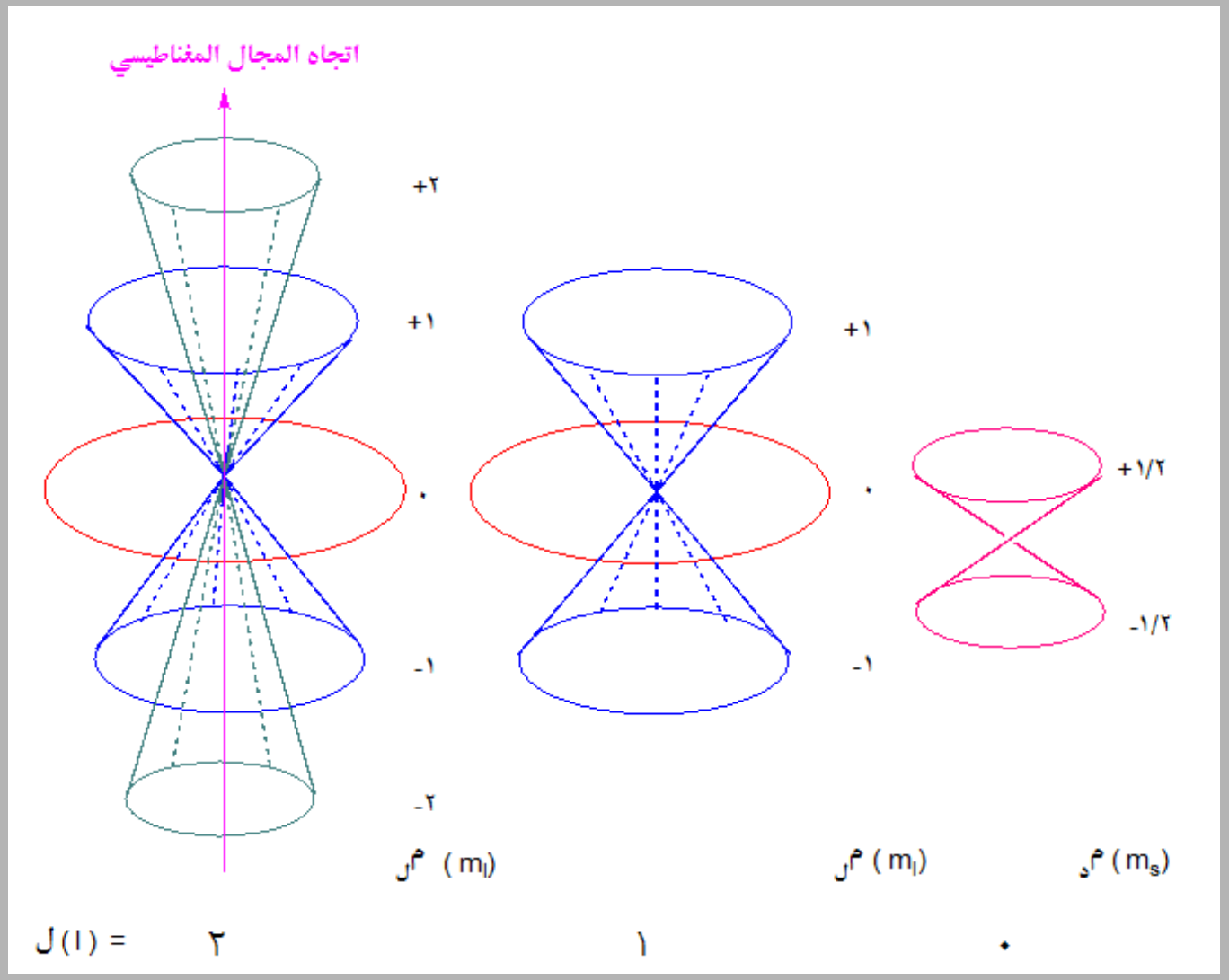
# الأعداد الكمية

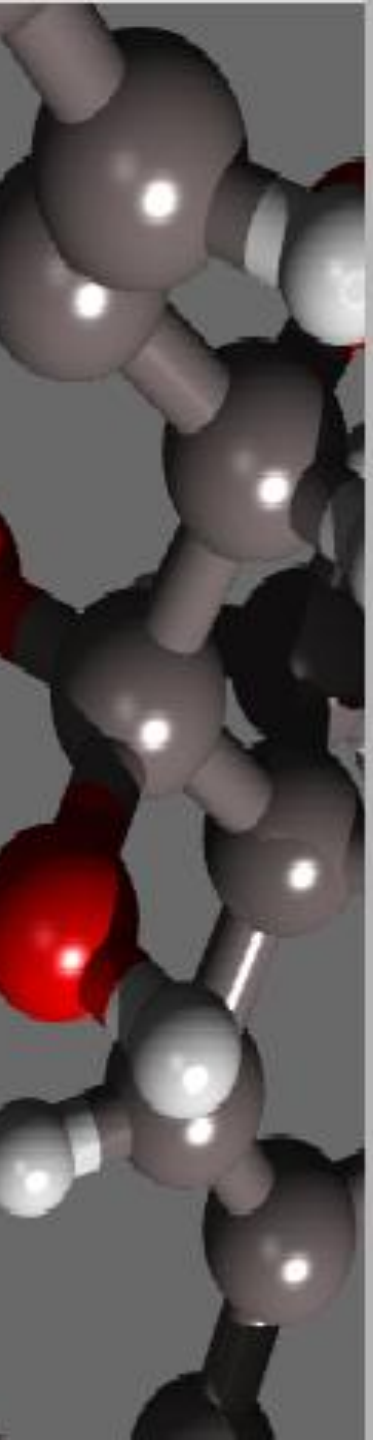
جدول ٢ القيم المتاحة للأعداد الكمية وأفلاكها

| ن | ل | الفلك | مل | مد | الأعداد التوافقية المتاحة |
|---|---|---|---|---|---|
| ١ | صفر | ١س | صفر | ± ١/٢ | ٢ |
| ٢ | صفر | ٢س | صفر | | ٢ |
| ٢ | ١ | ٢ب | +١،صفر،-١ | | ٦ |
| ٣ | صفر | ٣س | صفر | | ٢ |
| ٣ | ١ | ٣ب | +١،صفر،-١ | | ٦ |
| ٣ | ٢ | ٣د | +٢،+١،صفر،-١،-٢ | | ١٠ |
| ٤ | صفر | ٤س | صفر | | ٢ |
| ٤ | ١ | ٤ب | +١،صفر،-١ | | ٦ |
| ٤ | ٢ | ٤د | +٢،+١،صفر،-١،-٢ | | ١٠ |
| ٤ | ٣ | ٤ف | +٣،+٢،+١،صفر،-١،-٢،-٣ | | ١٤ |



# تأثير المجال الغنطيسي

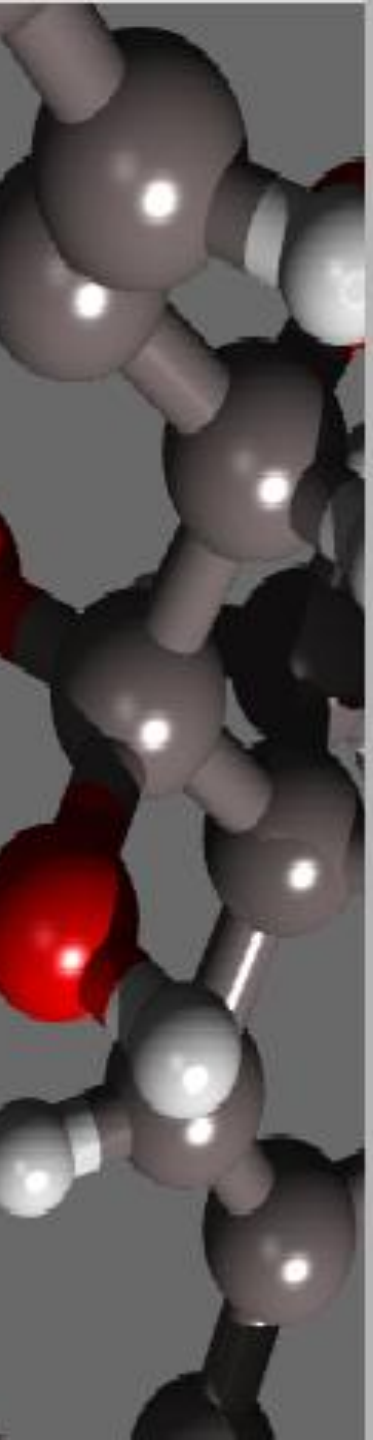




# تماثل الأفلاك

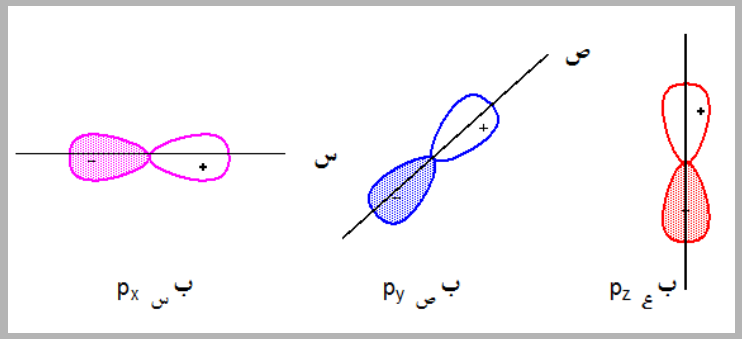
# Orbital Symmetry

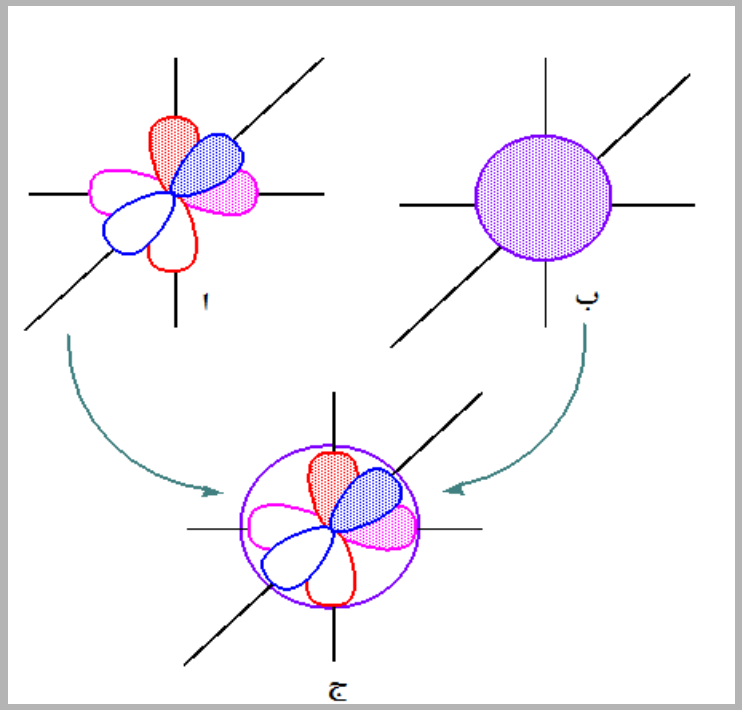
أ.د. عمر الزين



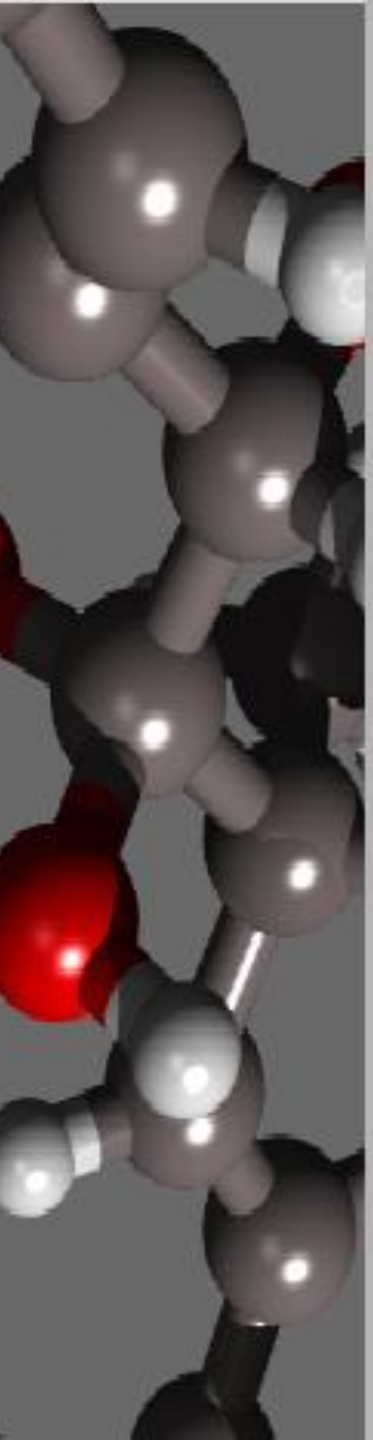
# تماثل الأفلاك

# Orbital Symmetry



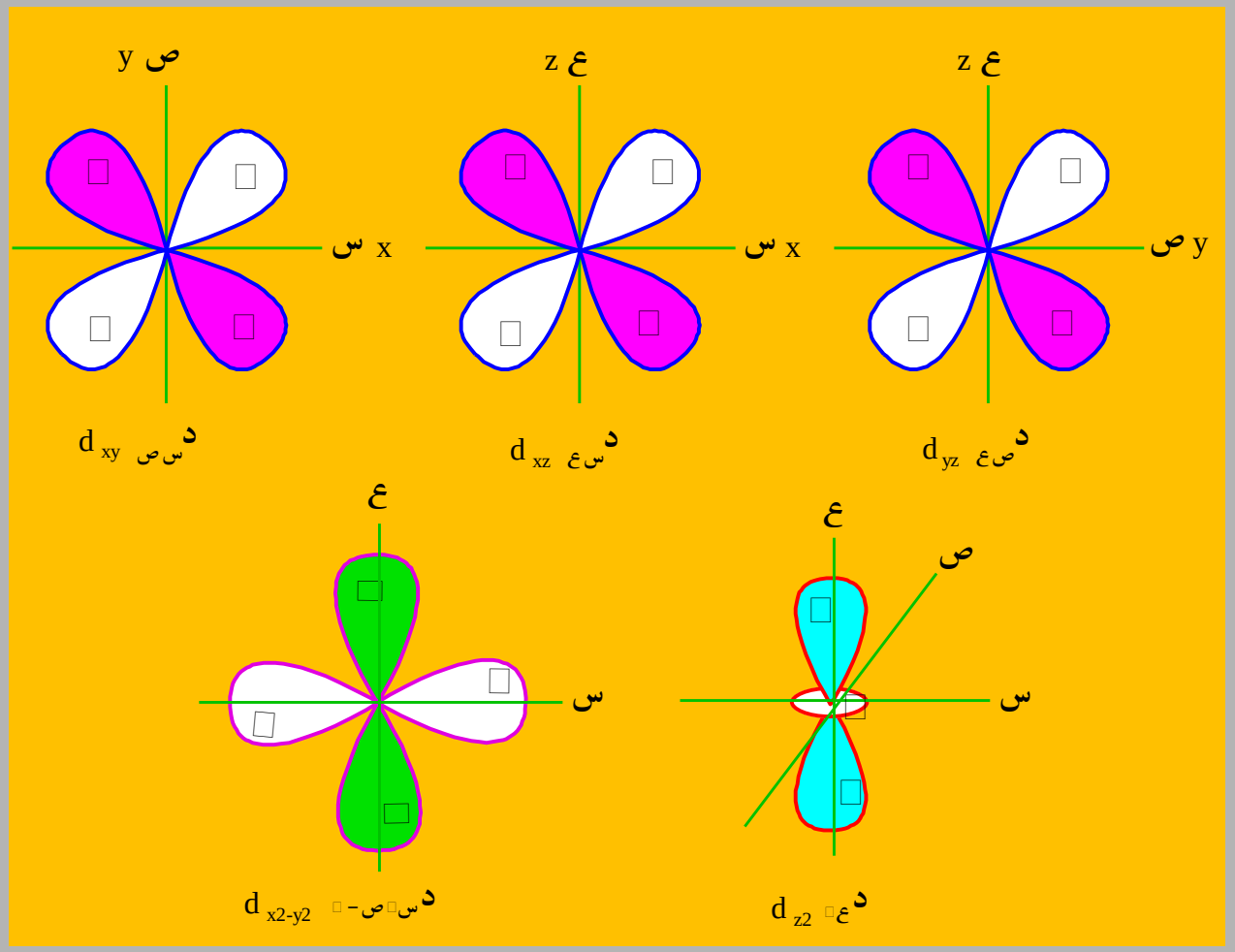



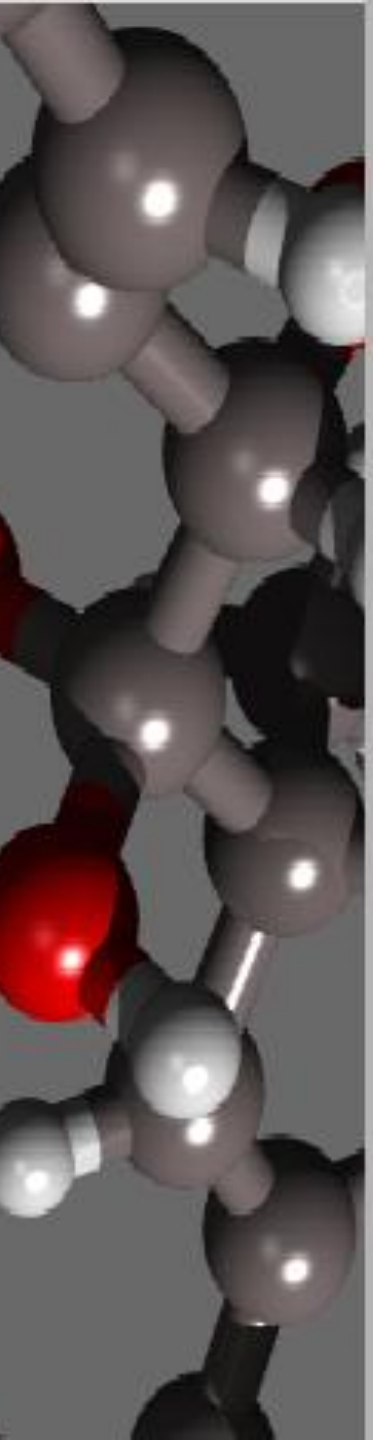

أ.د. عمر الزين



# تماثل الأفلاك

# Orbital Symmetry

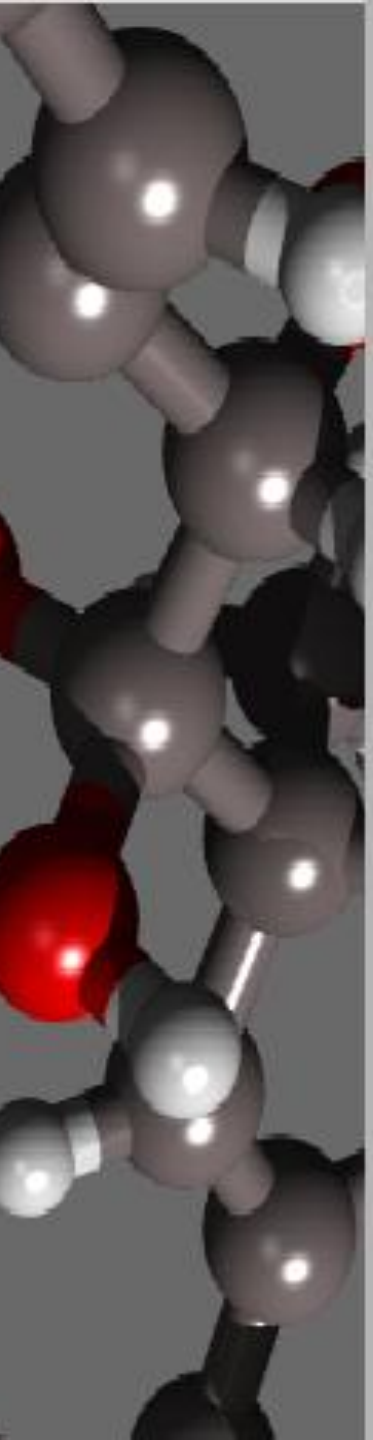




# ملخص الباب الثاني

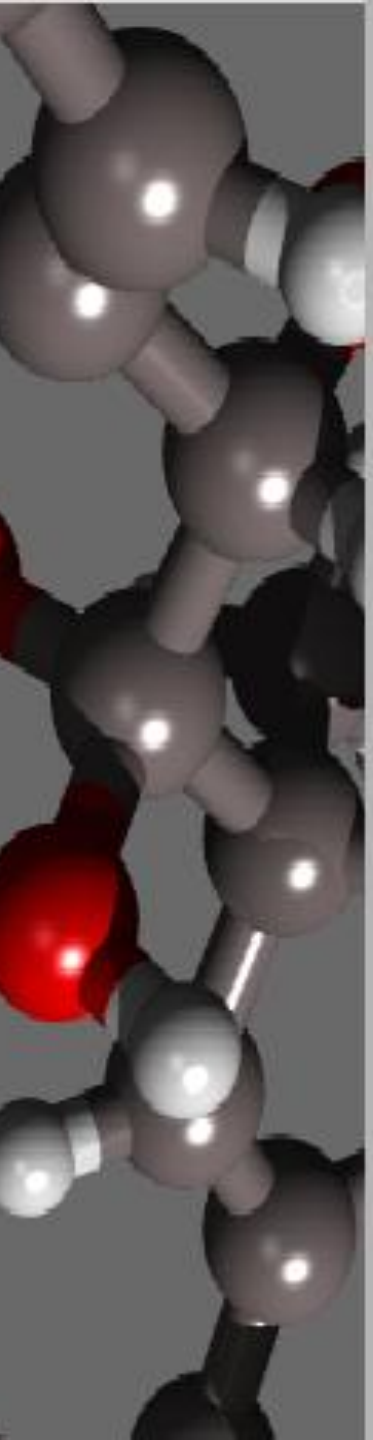
# النظرية الكمية والتركيب الذري

أ.د. عمر الزين



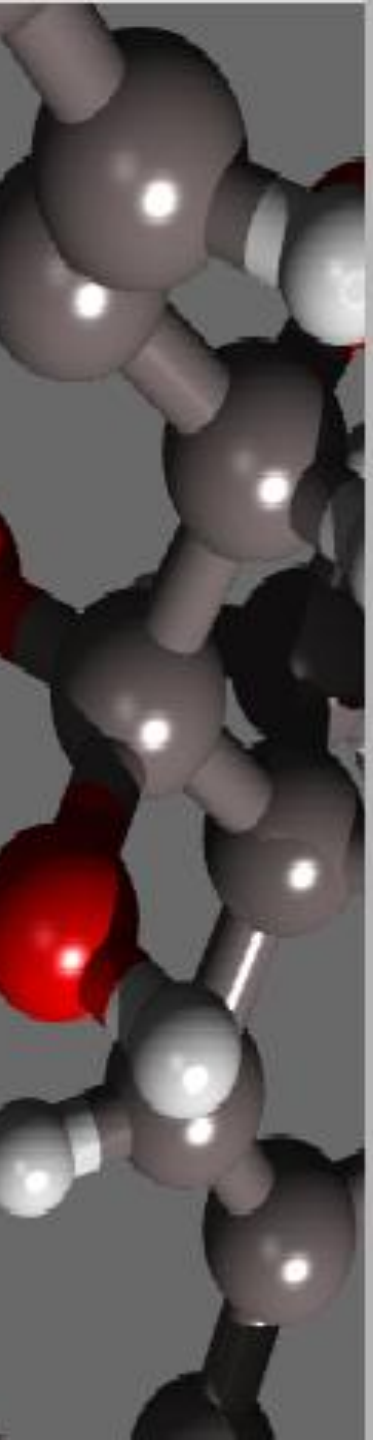
# ملخص الباب الثاني

- مقدمة تاريخية عن أساس النظرية الذرية
- بداية النظرية الكمية:
  - نيوتن قوانين
  - تطور النظرية الكمية و نظرية بلانك
- نظرية بور والطيف الذري للهيدروجين
- قصور نظرية بور
- تطوير نظرية بور:
  - فرنر هايزنيرج Werner Heisenberg
  - لويس دي برولیه Louis de Broglie
  - إرون شرودنجر Erwin Schrodinger
- الأعداد الكمية (ن, ل, م ل, م د )



# ملخص الباب الثاني

- الأقسام الرئيسية للذرة
  - النواة
  - الكهيربات السالبة



# أي سؤال؟