كلية العلوم

القسم : **الفيزياء**

السنة : **الاولى**

المادة : كيمياء عامة ١

المحاضرة: السادسة/نظري/د.ميرنا صالح

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

٧

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنولوجيا المعلومات والاتصالات

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

المحاضرة السادسة	الكيمياء العامة I	.
قســـــم الفيزياء السنة الأولى - الفصل الأول 2024 -	الفصل الثاني بنية الذرة The Structure of The Atom	

تتضمن هذه المحاضرة:

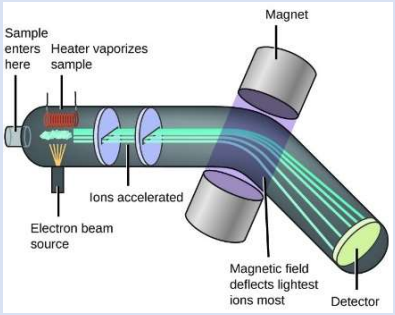
3563 كلمة تشمل: 17552 حرف موزعة ضمن: 12 صفحة

الهدف التعليمي من المحاضرة السادسة
Educational Goal

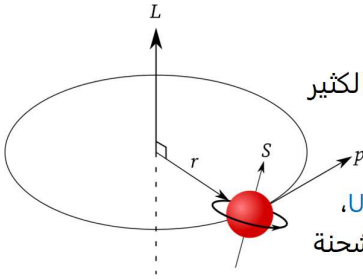
في نهاية هذا المحاضرة ستكون قادر على:

- ✓ استيعاب مفهوم التركيب الذري.
- ✓ استيعاب مفهوم النظائر.
- ✓ استيعاب مفهوم العدد الذري.
- ✓ استيعاب مفهوم الأعداد الكوانتية.

جميع الحقوق محفوظة لأصحابها من حيث الاقتباس والصور على شبكة الانترنت



مخطط جهاز طيف الكتلة



كشف تطور النظرية الذرية الحديثة Modern Atomic Theory الكثير عن التركيب الداخلي للذرات، حيث وجد أن الذرة تحتوي على **نواة صغيرة** جداً Small Nucleus تتكون من **بروتونات** Protons موجبة الشحنة **ونيوترونات** غير مشحونة Uncharged Neutrons، وتحيط بها مساحة أكبر بكثير تحتوي على إلكترونات سالبة الشحنة Negatively Charged.

في هذه المحاضرة سنقوم بتعزيز معلوماتنا حول معلومات تتعلق ببنية الذرة وبعض المصطلحات التي تستخدم في هذا الفرع من الدراسة الكيميائية.

المحتوى

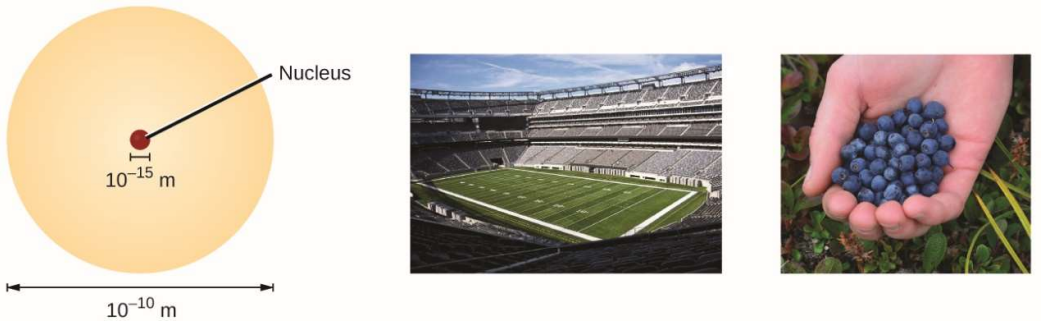
	الصفحة
التركيب الذري.	77
العدد الذري.	78
عدد الكتلة.	78
الكتلة الذرية.	79
شحنة الذرة.	81
الرموز الكيميائية.	83
الأعداد الكوانتية.	84

II. 6 – التركيب الذري Atomic Structure

من خلال الدراسات التي أجريت على بنية الذرة تم ملاحظة ما يلي:

1. تحتوي النواة على غالبية كتلة الذرة لأن البروتونات والنيوترونات أثقل بكثير من الإلكترونات.
2. تشغل الإلكترونات تقريباً كل حجم الذرة.
3. إن قطر الذرة Diameter of atom من رتبة 10^{-10} m.
4. قطر النواة Diameter of Nucleus من رتبة 10^{-15} m، أي أصغر بحدود **100,000** مرة من قطر الذرة.

ولتوضيح الأحجام النسبية يكفي أن تعلم إذا كانت النواة بحجم حبة عنب Size of Blueberry فإن الذرة ستكون بحجم ملعب كرة القدم Football Stadium كما هو موضح في **الشكل (II-14)**.



الشكل (II-14):

إذا كانت النواة بحجم حبة عنب Size of Blueberry فإن الذرة ستكون بحجم ملعب كرة القدم Football Stadium

تبلغ كتلة البروتون (**1.0073** amu)، ويمتلك شحنة Charge (**+1**)، بينما النيوترون هو جسيم أثقل قليلاً حيث تبلغ كتلتهُ (**1.0087** amu) وشحنة صفر، لذلك تعتبر أجسام محايدة.

كما أن الإلكترون يمتلك شحنة (**-1**) وهو جسيم أخف بكثير، تبلغ كتلتهُ (**0.00055** amu)، (حيث أن كتلة **1800** الكترون تساوي كتلة بروتون واحد)

يمكننا تلخيص خصائص هذه الجسيمات الأساسية Fundamental particles من خلال **الجدول (II-1)**.

الجدول (II-1):

خصائص الجسيمات الأساسية المكونة للذرة.

الجسيم Particle	الموقع Location	الشحنة (C) Charge	وحدة الشحنة Unit Charge	الكتلة Mass (amu)	الكتلة Mass (g)
Electron	**خارج النواة**	**-1.602×10^{-19} C**	**-1**	0.00055	**0.00091×10^{-24}**
Proton	**ضمن النواة**	**$+1.602 \times 10^{-19}$ C**	**+1**	1.00727	**1.67262×10^{-24}**
Neutron	**ضمن النواة**	0	**0**	1.00866	**1.67493×10^{-24}**

عزيزي الطالب:

قد تلاحظ أن مجموع الجسيمات الأصغر من الذرة والمكونة لها لا تساوي الكتلة الفعلية للذرة:

الكتلة الكلية لستة بروتونات وستة نيوترونات وستة الكترونات هي (**12.0993** amu)، وهي أكبر بقليل من (**12.00** amu)، هذه الكتلة المفقودة Missing Mass تعرف بخلل الكتلة Mass Defect والذي ستتعرف عليها في مقررات لاحقة.

الآن لنتعرف على مفهوم العدد الذري وعدد الكتلة.

ماذا تعني هذه المفاهيم؟

II. 6 -1- العدد الذري Atomic Number

هو عدد البروتونات في نواة الذرة ويرمز له بـ (**Z**)، وهو سمة محددة للعنصر، أي أن قيمتهُ تحدد هوية الذرة.

على سبيل المثال:

أي ذرة تحتوي على ست بروتونات هي عنصر الكربون Carbon ولها العدد الذري (**Z**=6)، بغض النظر عن عدد النيوترونات أو الإلكترونات التي قد تحتوي عليها الذرة.

يجب أن تحتوي الذرة المعتدلة على نفس عدد الشحنات الموجبة والسالبة، وبالتالي فإن:

- عدد البروتونات يساوي عدد الإلكترونات.
- يشير العدد الذري أيضاً إلى عدد الإلكترونات في الذرة.

II. 6 -2- عدد الكتلة Mass Number

هو العدد الإجمالي للبروتونات والنيوترونات في الذرة، وبالتالي فإن عدد النيوترونات (**n**) هو الفرق بين عدد الكتلة والعدد الذري:

$$n = A - Z$$

يمكن اختصار العلاقات وفق ما يلي:

العدد الذري (Z) = عدد البروتونات

عدد الكتلة (A) = عدد البروتونات + عدد النيوترونات

تكون الذرات معتدلة كهربائياً إذا كانت تحتوي على نفس عدد البروتونات الموجبة الشحنة والإلكترونات سالبة الشحنة، وعندما لا تكون أعداد هذه الجسيمات متساوية فإن الذرة تكون مشحونة كهربائياً وتسمى شاردة Ion.

لكننا أيضاً نستخدم مفهوم الكتلة الذرية، **فما هي؟**

تذكر هذا

من المحاضرة السابقة

$E = -2.178 \times 10^{-18} \text{j} \left(\frac{Z^2}{n^2}\right)$

تمثل لمعادلة الأكثر أهمية التي جاءت من **نموذج بور** والتي تعبر عن سويات الطاقة المتاحة للإلكترون في ذرة الهيدروجين

النقاط الهامة حول نموذج بور للذرة:

- النموذج يناسب بشكل صحيح كميات سويات الطاقة لذرة الهيدروجين ويفترض وجود مدارات دائرية محددة متاحة للإلكترون.
- كلما أصبح الإلكترون مقيد بشكل وثيق أكثر، كلما أصبحت طاقته أكثر سلبية نسبة للحالة المرجعية ذات الطاقة المعدومة (عندما يكون الإلكترون بعيداً مسافة لا متناهية عن النواة)، حيث كلما ازداد قرب الإلكترون من النواة، كلما تحررت طاقة من النظام (الذرة).

عيوب نموذج بور

عندما تم تطبيق نموذج بور على ذرات غير الهيدروجين، لم يعمل هذا النموذج على الإطلاق في حالة الذرات المتعددة الإلكترونات.

للموجة الكهرومغناطيسية ثلاث خصائص أساسية:

طول الموجة: يرمز له بالرمز الإغريقي لامبدا **λ**، وهو يعبر عن المسافة بين قمتين متتاليتين أو انخفاضين متتاليين في الموجة.

التواتر: يرمز له بالحرف الإغريقي نيو **ϑ**، ويشير لعدد الأمواج التي تعبر نقطة معينة من الفراغ خلال ثانية واحدة.

السرعة: تتحرك الأمواج الكهرومغناطيسية بسرعة الضوء.

بالإصرار تصل لهدفك،

نريدك اسماً فلا تكن رقماً

2022

II .6 -3- الكتلة الذرية Atomic Mass

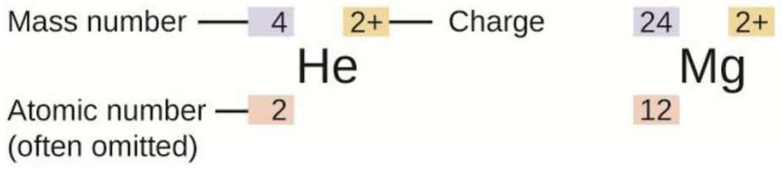
لأن كل بروتون وكل نيوترون يساهم Contribute تقريباً بواحدة كتلة ذرية واحدة amu في وحدة كتلة الذرة **الجدول (II-1)** صفحة **77**، وكل إلكترون يساهم بشكل أقل بكثير Contributes far less، لذلك:

الكتلة الذرية لذرة واحدة تساوي تقريباً **عدد كتلتها** (عدد صحيح A Whole Number).

ومع ذلك، فإن متوسط كتل ذرات معظم العناصر ليست أعداداً صحيحة لأن معظم العناصر موجودة بشكل طبيعي كـ خلائط Mixtures من نظيرين أو أكثر، فما هي النظائر؟

❖ **النظائر** Isotopes

تتم كتابة الرمز الخاص بنظير معين لأي عنصر عن طريق وضع رقم الكتلة Mass Number على هيئة نص مرتفع Superscript ليسار رمز العنصر **الشكل (II-15)**، ويتم كتابة العدد الذري أحياناً كرمز منخفض Subscript إلى يسار رمز العنصر.



الشكل (II-15):

يشير رمز الذرة إلى العنصر عبر رمزها المعتاد المكون من حرفين، ورقم الكتلة على يسار رمز العنصر (مرتفع)، بينما العدد الذري يشاره له كرمز سفلي يسار رمز العنصر (يكون أحياناً محذوف)، بينما الشحنة كحرف مرتفع يمين رمز العنصر

لكن نظراً لأن العدد الذري Atomic Number يحدد هوية العنصر كما يفعل رمزه، فإنه غالباً ما يتم حذفه Omitted.

على سبيل المثال:

يوجد المغنيسيوم **Mg** كمزيج من ثلاثة نظائر، كل منها برقم ذري **12** وأعداد كتلية (**26-25-24**) على التوالي.

يمكن التعرف على هذه النظائر على أنها Mg^{24} وMg^{25} وMg^{26}، هذه الرموز التي تمثل النظائر تقرأ كـ "**عنصر، رقم كتلة**" ويمكن ترميزها بما يتفق مع هذه القراءة.

على سبيل المثال:

تتم قراءة Mg^{24} كـ **24**-Magnesium، ويكتب كـ **24**-Magnesium أو **Mg-24**.

جميع ذرات المغنيسيوم تحتوي على **12** بروتون في نواتها، ولكنها تختلف فقط في عدد النيوترونات، لأن:

ذرة Mg^{24} تحتوي على **12** نيوترون في نواتها، وذرة Mg^{25} تحتوي على **13** نيوترون، وMg^{26} بها **14** نيوترون.

ملاحظـــــــة:

بالإضافة إلى الأسماء والرموز القياسية، غالباً ما يشار إلى نظائر الهيدروجين باستخدام أسماء شائعة ورموز مصاحبة لها، فمثلاً:

- الهيدروجين النظير الذي يرمز له بـ ^{2}H ويُقرأ Hydrogen-2، يدعى أيضاً ديتريوم Deuterium ويرمز لهُ أحياناً بـ **D**.
- الهيدروجين النظير الذي يرمز له بـ ^{3}H ويُقرأ Hydrogen-3، يدعى أيضاً تريتيوم Tritium ويرمز لهُ أحياناً بـ **T**.

يمكن تحديد وجود النظائر والوفرة الطبيعية لها بشكل تجريبي باستخدام جهاز يسمى مطياف الكتلة، فما هو هذا الجهاز؟

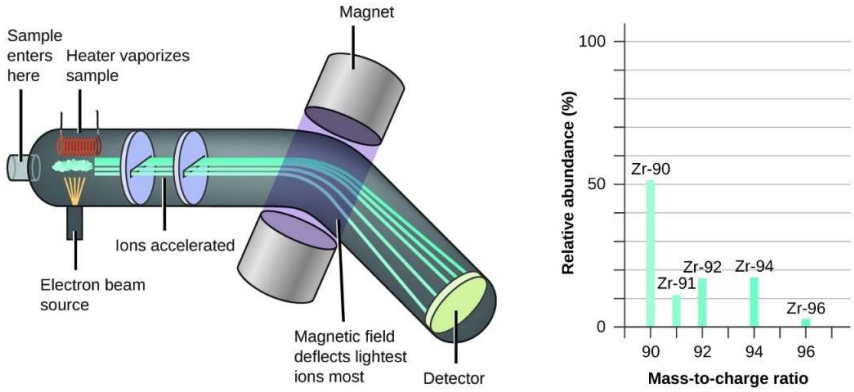
❖ مطياف الكتلة Mass Spectrometer

يستخدم مطياف الكتلة (**MS**) على نطاق واسع في الكيمياء والطب Medicine وعلوم البيئة Environment Science، والعديد من المجالات الأخرى لتحليل والمساعدة في تحديد Identify المواد في عينة من المادة، ففي مطياف كتلة نموذجي **الشكل (16-II)**، يمكن شرح آلية العمل وفق ما يلي:

يتم تبخير Vaporized العينة وتعريضها لشعاع إلكتروني عالي الطاقة، فتصبح ذرات العينة (أو الجزيئات) مشحونة كهربائياً Electrically Charged عن طريق فقدان الكترون أو أكثر.

1. تمر الشوارد الموجبة المتشكلة (الكاتيونات Cations) عبر مجال كهربائي أو مغناطيسي (متغير Variable).
2. ينحرف Deflects مسار كل كاتيون إلى حد يعتمد على كل من كتلته وشحنته.
3. يتم الكشف عن الشوارد Ions.
4. يتم عمل مخطط للعدد النسبي Plot of Relative Number للشوارد المتولدة (المحور الشاقولي) مقابل نسب الكتلة إلى الشحنة Mass-Charge (المحور الأفقي) وهو ما يدعى (طيف الكتلة Mass Spectrum).
5. يتناسب Proportional ارتفاع كل ذروة رأسية Vertical Peak في طيف الكتلة الناتج عن جزء الشوارد الموجبة Cations مع نسبة (كتلة-شحنة) المحددة.

تطور **MS** ليصبح أداة قوية للتحليل الكيميائي في مجموعة واسعة من التطبيقات.



الشكل (16-II):

تحليل الزركونيوم **Zr** (Zirconium) في جهاز طيف الكتلة، حيث ينتج طيف كتلة يظهر القمم التي تظهر النظائر المختلفة لهذا العنصر.

لنعد الآن لمفهوم الكتلة الذرية:

هـــــــــــــــام:

كتلة العنصر الموضح في الجدول الدوري Periodic Table أو المدرج في جدول الكتل الذرية Table of Atomic Masses هي:

كتلة متوسطة من جميع النظائر الموجودة في عينة طبيعية من هذا العنصر

هذه الكتلة تساوي مجموع كتلة كل نظير منفصل مضروب بكسر النسبة لهذا النظير.

على سبيل المثال:

يتكون عنصر البور **B** من نظيرين:

- ما يقرب من **19.9%** من جميع ذرات البور Boron هي ^{10}**B** بكتلة تبلغ (**10.0129** amu).
- **80.1%** المتبقية هي ^{11}**B** بكتلة تبلغ (**11.0093** amu) .

فيكون متوسط الكتلة الذرية للبور هو:

(**0.199** x 10.0129 amu) + (**0.801** x 11.0093 amu) = 1.99 amu + 8.82 amu = **10.81** amu

من المهم أن نفهم أنه لا توجد **ذرة بور** واحدة تزن بالضبط **10.81** amu، لأن هذا الوزن هو متوسط الكتلة لجميع ذرات البور، وذرات البور الفردية تزن إما ما يقرب من (**10** amu) أو (**11** amu).

يبقى لدينا مفهوم شحنة الذرة، فما هي هذه الشحنة؟

II. 6. -4- **شحنة الذرة** Atomic Charge

يتم تعريف شحنة الذرة وفق ما يلي:

الشحنة الذرية = عدد البروتونات – عدد الإلكترونات

تكتسب الذرات (والجزيئات) عادةً شحنة عن طريق اكتسابها أو فقدانها الإلكترونات:

- تُظهر الذرة التي تكتسب إلكتروناً واحداً أو أكثر **شحنة سالبة** وتسمى الأنيون Anion.
- تُظهر الذرة التي تخسر إلكتروناً واحداً أو أكثر **شحنة موجبة** وتسمى الكاتيون Cations.

على سبيل المثال:

تحتوي ذرة الصوديوم المعتدلة (**Z=11**) على **11** إلكترون، إذا فقدت هذه الذرة إلكتروناً واحداً فستصبح شاردة موجبة (كاتيون) بشحنة:

11-10 = +1

تحتوي ذرة الأكسجين المعتدلة (**Z=8**) على **8** إلكترونات، إذا كسبت هذه الذرة الكترونين فستصبح شاردة سالبة (أنيون) بشحنة:

8-10 = -2

مثال محلول (20)

هذا المثال يدعم مفهوم حساب متوسط الكتلة الذرية.

زمن الحل: 5 دقائق كحد أقصى **الزمن الإمتحاني:** 10 دقائق كحد أقصى

تم العثور على نيزك A meteorite يحتوي على آثار لغاز النيون Neon Gas النبيل الملتقط من الرياح الشمسية Solar Wind أثناء رحلة النيزك عبر النظام الشمسي، وقد أظهر تحليل عينة من الغاز أنها تتكون من **91.84%** من النظير ^{20}**Ne** (19.9924 amu) ومن **0.47%** من النظير (20.9940 amu) ^{21}**Ne**، ومن **7.69%** من النظير (21.9914 amu) ^{22}**Ne**.

ما هو متوسط كتلة النيون في الرياح الشمسية؟

الحل:

نحسب متوسط الكتلة لغاز النيون وفق ما يلي:

$$(0.9184 \times 19.9924\ amu) + (0.0047 \times 20.9940\ amu) + (0.0769 \times 21.9914\ amu) =$$
$$(18.36 + 0.099 + 1.69)\ amu = \mathbf{20.15\ amu}$$

عزيزي الطالب:

لاحظ أن متوسط كتلة ذرة النيون في الرياح الشمسية هو **20.15** amu، بينما متوسط كتلة ذرة النيون الأرضي هي **20.1796** amu، توضح هذه النتيجة أننا قد نجد (اختلافات طفيفة في الوفرة الطبيعية للنظائر اعتماداً على أصلها)

مثال محلول (21)

هذا المثال يدعم مفهوم حساب نسبة الوفرة (نسبة التواجد).

زمن الحل: 10 دقائق كحد أقصى **الزمن الإمتحاني:** 15 دقيقة كحد أقصى

يتكون الكلور الطبيعي من (34.96885 amu) ^{35}**Cl** ومن (36.96590 amu) ^{37}**Cl** مع متوسط كتلة (**35.453 amu**).

ما هي النسبة المئوية لتركيب الكلور بدلالة هذين النظيرين؟

الحل:

نفرض أن **X** يمثل الكسر الذي يمثل ^{35}**Cl**، فسيتم تمثيل الكسر الذي يمثل ^{37}**Cl** بـ (**1.00 – X**):
(يجب أن يكون مجموع الكسرين مساوياً **1**)

بتعويض هذا في معادلة الكتلة المتوسطة نجد:

$$(\mathbf{X} \times 34.96885\ amu) + [(1-X) \times 36.96590\ amu] = 35.453\ amu \rightarrow$$
$$34.96885\ \mathbf{X} + 36.96590 - 36.96590\ \mathbf{X} = \mathbf{35.453\ amu} \rightarrow$$
$$1.99705\ \mathbf{X} = 1.513 \rightarrow \mathbf{X} = 1.513/1.99705 = \mathbf{0.7576}$$

لذا فإن الحل ينتج **X= 0.7576**، مما يعني:

$$1.00 - 0.7576 = \mathbf{0.2424}$$

أي أن الكلور Chlorine يتألف من **75.76%** من ^{35}**Cl**، و**24.24%** من ^{37}**Cl**.

II. 7 – الرموز الكيميائية Chemical Symbols

نستخدم الرموز الكيميائية للدلالة على عنصر ما أو ذرة عنصر.

على سبيل المثال:

يرمز للزئبق بـ **Hg**، حيث نستخدم نفس الرمز للدلالة على ذرة الزئبق أو على شكل ملصق للدلالة على عبوة تحتوي الزئبق.

وهنا يجب ملاحظة ما يلي:

1. بعض الرموز تشتق من الأسماء الشائعة للعنصر مثل رمز الألومنيوم **Al** المشتق من اسمه الشائع Aluminum، وبعضها يكون مشتق من أسماء من لغات أخرى كاللغة اللاتينية، مثل الحديد Iron الذي يرمز له بـ **Fe** كرمز مشتق من اللغة اللاتينية Ferrum.
2. معظم الرموز تمتلك حرف واحد أو حرفين، أما الرموز المؤلفة من ثلاثة أحرف فتستخدم للدلالة على العناصر التي تمتلك أعداد ذرية أكبر من **112**، مثل الأونونتريم Ununtrium الذي يرمز له بـ **Uut** ويمتلك العدد الذري **113**.
3. فقط الحرف الأول من الرمز يكتب على شكل أحرف كبيرة، مثل الكوبالت على سبيل المثال الذي يرمز له بـ **Co**.
4. الرموز التي تحتوي على تركيب كيميائي مثل غاز أكسيد الكربون **CO** تكتب على شكل أحرف كبيرة لأنه مكون من عنصري الكربون **C** والأكسجين **O**.

تساؤلات:

يتساءل العديد منكم ربما وربما الأكثر لا:
ما هي طبيعة المادة؟

الإجابة هي:

في نهاية القرن التاسع عشر كان التصور السائد أن **المادة والطاقة مختلفتان**، حيث أن المادة تتألف من أجزاء صغيرة تدعى الذرات، فيما الطاقة التي كانت على شكل ضوء (الأشعة الكهرومغناطيسية) وصفت كموجة، لذلك كان تصورهم بأن **المادة لها كتلة وتشغل حيز من الفراغ يمكن تحديده**، فيما **الموجة عديمة الكتلة وتائهة، أي أنه لا يمكن تعيين موقعها في الفضاء**، كما افترض العلماء حينها أنهُ لا تشابه بين المادة والطاقة، وأن الطاقة تنتج بشكل مستمر.

مع بداية القرين العشرين، أظهرت تجارب عملية محددة أن هذه النظرة كانت غير صحيحة، وظهرت نظريات عدة لعلماء أثبتت أن الموجة (الإشعاع) تمتلك بعض خصائص المادة كالكتلة مثل **نظرية ماكس بلانك**.

حيث قام بلانك بدراسة ملامح الإشعاع المنبعث من الأجسام الصلبة لدى تسخينها لدرجة الاتقاد، وقد وجد بلانك أن نتائجه لا يمكن أن تفسر وفق مفاهيم الفيزياء التي كانت سائدة حينها والتي تنص على أن **المادة يمكنها أن تمتص أو تصدر أي كمية من الطاقة، وأن الطاقة مستمرة**.

وجد بلانك أنه يمكن حساب هذه الكمية فقط من خلال اعتبار أن هذه الطاقة يمكن أن تكتسب أو تفقد بمقدار محدد يساوي مضاعفات عدد صحيح من الكمية ϑ h.

حيث: **h** ثابت بلانك الذي تم تحديده من خلال تجارب محددة ليأخذ القيمة **6.626×10^{-34} j.s**، وبالتالي يمكن حساب التغير في الطاقة من خلال العلاقة:

$$\Delta E = nh\vartheta$$

حيث: **n** عدد صحيح يأخذ القيم (.... ,1, 2, 3)، **h** ثابت بلانك، ϑ تواتر الإشعاع الكهرومغناطيسي الممتص أو المنبعث.

كانت نتيجة بلانك هذه مفاجأة كبيرة للكل، حيث اعتبرت حينها أن طاقة أي مادة هي طاقة مستمرة، مما يعني أن نقل أي كمية من الطاقة هو أمر ممكن، الآن يبدو جلياً وفق ماكس بلانك أن الطاقة محددة ويمكن أن تحصل على شكل نبضات مقدارها ϑ h، يدعى هذا المقدار من الطاقة بالكوانتوم، لذلك يبدو أن الطاقة (الأشعة) تمتلك خصائص الجسيمات.

هل وضحت الفكرة؟

في المحاضرة السابقة وجدنا أنهُ عند حل معادلة شرودينغر من أجل ذرة الهيدروجين، نجد عدة وظائف موجية (مداريات) تلبي ذلك، كل واحدة من هذه المداريات تتحدد بسلسلة من الأعداد تدعى **الأعداد الكوانتية** Quantum Numbers التي تصف خصائص متنوعة لهذه المداريات، وتعد الأعداد الكوانتية هامة جداً في تفسير العديد من الخواص التي تتعلق بالعنصر ومكونهُ الرئيسي الذرة Atom.

II-8- الأعداد الكوانتية Quantum Numbers

II-8-1- العدد الكوانتي الرئيسي (n) Principle Quantum Number

يأخذ (**n**) القيم المتكاملة الصحيحة **(1, 2, 3, 4, ...)**، حيث يشير العدد الكوانتي الرئيسي إلى:

- حجم المدارية.
- طاقة المدارية.

فكلما تزايد هذا العدد كلما كانت المدارية أكبر وكلما أنفق الإلكترون وقتاً أكبر بعيداً عن النواة، أيضاً التزايد في قيمة هذا العدد تعني طاقة أكبر لأن الإلكترون يصبح أقل تقييداً بالنواة وتصبح **الطاقة أقل سلبية**.

II-8-2- العدد الكوانتي للزخم (اللف) الزاوي (ℓ)

Angular Momentum Quantum Number (ℓ)

يأخذ (ℓ) القيم الصحيحة من **(0)** حتى **(n-1)** لكل قيمة من **(n)**، ويشير هذا العدد الكوانتي إلى **شكل المداريات الذرية**.

ترتبط قيمة(ℓ) بحرف يدل على شكل المدارية، حيث تدعى:

- المدارية الموافقة للقيمة (**ℓ=0**) بالمدارية (**s**).
- المدارية الموافقة للقيمة (**ℓ=1**) بالمدارية (**P**).
- المدارية الموافقة للقيمة (**ℓ=2**) بالمدارية (**d**).
- المدارية الموافقة للقيمة (**ℓ=3**) بالمدارية (**f**).

هذا النظام اعتمد منذ الدراسات الطيفية المبكرة ويلخص في **الجدول (II-2)** التالي:

الجدول (II-2): الأعداد الكوانتية للزخم الزاوي والأحرف المقابلة لها المستخدمة في توصيف المدارات الذرية.

قيمة ℓ	0	1	2	3	4
الحرف المستخدم	s	p	d	f	g

لكل من هذه القيم شكل مدارية محدد، فمثلاً:

القيمة (**0**) والتي توافق (**s**) تشير إلى مدارية **كروية**، وهذا ما سنناقشهُ بشيء من التفصيل لاحقاً.

II-3-8- العدد الكوانتي المغناطيسي (m_ℓ)

Magnetic Quantum Number (m_ℓ)

يمتلك هذا العدد قيماً صحيحة بين ℓ و $-\ell$ متضمنة الصفر، ويشير العدد الكوانتي المغناطيسي لـ **اتجاه المدارية** في الفضاء بالنسبة للمداريات الأخرى في الذرة.

الجدول (II-3) يوضح المستويات الأربعة للمداريات في ذرة الهيدروجين مع الأعداد الكوانتية المميزة لها، حيث نلاحظ أن:
كل توضع للمداريات الموافق لقيمة معينة لـ ℓ (التي تدعى أحياناً **المستويات الفرعية**) يحدد بقيمة العدد **n** وحرف العدد ℓ، حيث:

المدارية الموافقة للعدد الكوانتي الرئيسي (**n=2**) والعدد الكوانتي للزخم الزاوي (ℓ=**1**) يرمز له بالرمز **2P**.

الجدول (II-3): المستويات الأربعة للمداريات في ذرة الهيدروجين مع الأعداد الكوانتية المميزة لها.

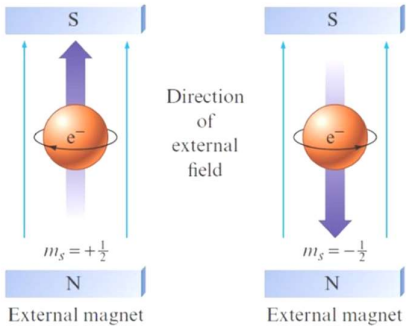
n	ℓ	المستوى الفرعي	m_ℓ	عدد المداريات
1	0	1s	0	1
2	0	2s	0	1
	1	2p	-1,0,+1	3
3	0	3s	0	1
	1	3p	-1,0,+1	3
	2	3d	-2,-1,0,1,2	5
4	0	4s	0	1
	1	4p	-1,0,+1	3
	2	4d	-2,-1,0,1,2	5
	3	4f	-3,-2,-1,0,1,2,3	7

II-4-8- العدد الكوانتي السبيني (اللف الذاتي للإلكترون) (m_s)

Spin Quantum Number (m_s)

بينت النتائج الطيفية أن:

الإلكترون يمتلك لحظة جاذبية باتجاهين ممكنين عندما توضع الذرة ضمن حقل مغناطيسي خارجي.



ومن خلال الفيزياء الكلاسيكية تبين أن الشحنة الناتجة عن دورانه هذا تنتج لحظة مغناطيسية، فكان من البديهي افتراض أن الإلكترون يمكنه أن يمتلك حالتين للف الذاتي، وبالتالي إنتاج لحظتين مغناطيسيتين متعاكستين بالاتجاه كما هو موضح في الشكل المرفق جانباً.
العدد الكوانتي الجديد المفترض لوصف هذه الظاهرة سمي بـ:
العدد الكوانتي السبيني (اللف الذاتي للإلكترون) (m_s).

هل تعلم

فيرنر هيزنبرغ
Werner Heisenberg
1976-1901

فيزيائي ألماني حائز على **جائزة نوبل لعام 1932**.
اكتشف أحد أهم مبادئ الفيزياء الحديثة وهو مبدأ عدم اليقين.
من أهم نتائج نظرية هيزنبرغ في تفسير حركة الذرات مبدأ اسمه **مبدأ عدم اليقين**. هذا المبدأ الذي وضع صيغته عام **1927**.
ويعتبر هذا المبدأ من أعظم المبادئ أثراً في تاريخ العلم الحديث حيث أنه يضع حدوداً لقدرة الإنسان على قياس الأشياء.
فهذا المبدأ معناه أنه لا يمكن قياس خاصتين فيزيائيتين **(كالمكان والسرعة)** لجسيم كمي **(كالإلكترون)** بلحظة معينة دون وجود قدر من عدم التأكد من أحد الخاصيتين أو كليهما.

تذكر هذا

العدد الكوانتي للزخم (اللف) الزاوي (ℓ)

يأخذ (ℓ) القيم الصحيحة من (**0**) حتى (**n-1**) لكل قيمة من (**n**)، ويشير هذا العدد الكوانتي إلى شكل المداريات الذرية، وترتبط قيمة(ℓ) بحرف يدل على شكل المدارية.

يمكن للعدد الكوانتي السبيني أن يأخذ فقط قيمة واحدة من قيمتين (+1/2 و -1/2).

يمكننا تفسير ذلك بأن:
الإلكترون يمكنه أن يدور حول نفسه في واحد من الاتجاهين المتعاكسين على الرغم من أن هناك تفسيرات أخرى قد أُقترحت.
الأهمية الرئيسية للف الذاتي للإلكترون ترتبط بالاستنتاج الذي توصل له الفيزيائي النمساوي باولي (1900-1958) Pauli والذي عرف باسم مبدأ الاستبعاد لباولي.

فما هو هذا المبدأ؟

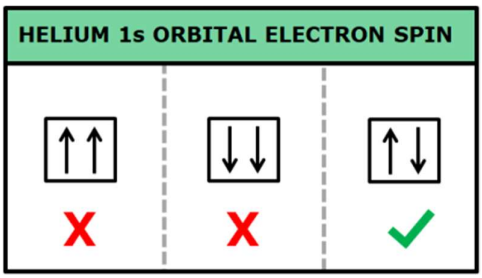
➢ مبدأ الاستبعاد لباولي Pauli Exclusion Principle

ينص هذا المبدأ على ما يلي:

في الذرة المعطاة، لا يوجد الكترونان يملكان ذات المجموعة من الأعداد الكوانتية الأربعة (n, ℓ, m_ℓ, m_s).

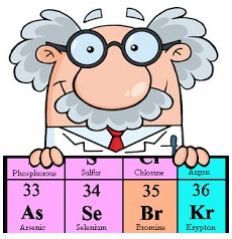
حيث أن الإلكترونات في نفس المدارية تمتلك ذات القيم من الأعداد الكوانتية (n, ℓ, m_ℓ).
وفقاً لهذه النتيجة فإن:

الإلكترونات يجب أن تمتلك قيمتين مختلفتين من m_s، وبما أنه هناك فقط قيمتين متاحتين لهذا العدد الكوانتي m_s، في المدارية الواحدة يمكن أن تحتوي فقط الكترونان بشرط أن يملكان لفين ذاتيين متعاكسين كما هو موضح بالنسبة لذرة الهيليوم في الشكل المرفق جانباً، حيث نلاحظ أن المدارية الواحدة يجب أن تحتوي على الكترونين مختلفين في اللف الذاتي.



هذا المبدأ سيكون مهماً لنا عندما سنقوم بترتيب الإلكترونات في الذرة وفق النموذج الذري كما سنرى لدى دراستنا الجدول الدوري.

فما هو الجدول الدوري؟



يحتوي الجدول الدوري الحديث كميات هائلة من المعلومات المهمة، في المحاضرة القادمة سنناقش نشأة هذه المصطلحات القيمة التي يتضمنها، ثم لاحقاً سنرى كيف شرح نموذج الميكانيك الكوانتي ترتيب الخصائص الكيميائية ضمنه.

تذكر هذا

مبدأ الاستبعاد لباولي
في الذرة المعطاة، لا يوجد الكترونان يملكان ذات المجموعة من الأعداد الكوانتية الأربعة:
($n, \ell, m\ell, ms$)

العدد الكوانتي المغناطيسي ($m\ell$)

يمتلك هذا العدد قيماً صحيحة بين ℓ و $-\ell$ متضمنة الصفر، ويشير العدد الكوانتي المغناطيسي لـ اتجاه المدارية في الفضاء بالنسبة للمداريات الأخرى في الذرة.

من محاضرات سابقة
عيوب نموذج رذرفورد:
لم يتمكن من تفسير بقاء الإلكترونات في مدارات دائرية حول النواة دون أن تقترب من النواة وتلتحم بها (بسبب الفرق في الشحنة والتجاذب الكهرومغناطيسي) والذي يؤدي في النهاية لفناء المادة.

قادت تجربة رذرفورد إلى اقتراح نموذج تتكون فيه الذرة من:
نواة Nucleus صغيرة جداً موجبة الشحنة حيث تتركز Concentrated معظم كتلة الذرة، وتحيط بها الإلكترونات سالبة الشحنة، بحيث تكون الذرة متعادلة كهربائياً.

$$E = -2.178 \times 10^{-18} \text{j} \left(\frac{Z^2}{n^2}\right)$$

تمثل لمعادلة الأكثر أهمية التي جاءت من **نموذج بور** والتي تعبر عن سويات الطاقة المتاحة للإلكترون في ذرة الهيدروجين

العلم لا حدود له
2022

المفاهيم الأساسية للمحاضرة والموجز

Key **C**oncepts and **S**ummary

في هذه المحاضرة ناقشنا مفهوم التركيب الذري من خلال الدراسات السابقة ووجدنا أن الإلكترونات على سبيل المثال تشغل تقريباً كل حجم الذرة، وأن قطر النواة التي تمثل الشحنة الموجبة أصغر بحدود 100000 مرة من قطر الذرة، كما تعرفنا من خلال ذلك إلى العدد الذري الذي يمثل عدد البروتونات في نواة الذرة ويرمز له بـ **Z**، وأن العدد الإجمالي للبروتونات والنيوترونات (العديمة الشحنة) يمثل عدد الكتلة، والتي تختلف عن مفهوم الكتلة الذرية، حيث أن الكتلة الذرية لذرة واحدة تساوي تقريباً عدد كتلتها.

كما تطرقنا لمفهوم النظائر، ووجدنا أن النظائر لعنصر محدد تختلف فيما بينها بعدد النيوترونات، بينما عدد البروتونات والإلكترونات هو نفسه بين هذه النظائر.

ناقشنا أيضاً الأعداد الكوانتية الأربع، العدد الكوانتي الرئيسي والعدد الكوانتي للف الذاتي، والعدد الكوانتي المغناطيسي، والعدد الكوانتي السبيني، ووجدنا أن المدارية الواحدة لا يمكن أي تحتوي الكترونان يشتركان بالأعداد الكوانتية الأربعة، وإنما تختلف كل مدارية عن الثانية بالعدد الكوانتي السبيني (اللف الذاتي) وهو ما يعرف بمبدأ الاستبعاد لباولي.

هذا موجز مدرس المقرر، الأهم منهُ هو موجزك عزيزي الطالب بعد قراءة المحاضرة ومعرفة أهم الأفكار التي وردت فيها وتطبيقاتها.

-- نهاية المحاضرة --

في المحاضرة القادمة بتاريخ / / ستتعرف إلى عناوين متعددة منها:

- ✓ الجدول الدوري
- ✓ مبدأ أوف باو والجدول الدوري.
- ✓ قاعدة هوند

أعدت هذه المحاضرة وفق قواعد الجودة العالمية لمناهج التدريس، كما تم الاستعانة في إعداد هذه المحاضرة بجامعات)جورج واشطن – الأرز - الينوي(في الولا يات المتحدة .

مكتبة A to Z