الفصل الأول

الذرّة ومكوناتها

تمهيد

سبحان الخالق المبدع، سبحان الصانع المتقن، خلق فسوّى وقدّر فهدى وكلّ شيءٍ عنده بقدر، خلق الكون من مادةٍ، وجعل من المادة عناصر ومركبّاتٍ، وخلقَ من العناصر أشكالاً عدة وصور شتّى. جسيمات صغيرة تؤلّف الذرّة ، إذا أختلف نوعها أو عددها أختلف تركيبها وأختلفت تبعاً لذلك خواص المادة ووظيفتها.

لقد عرَف المسلمون الأوائل الذرة على أنها أصغر كيان مادي في تركيب الأشياء، مما ورد في آيات قرآنية، {**وَمَا يَعْزُبُ عَنْ رَبِّكَ مِنْ مِثْقَالِ ذَرَّةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي السَّمَاءِ وَلَا أَصْغَرَ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرَ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُبِينٍ**}(يونس – 61)

ويستوقفنا في هذه الآية لفظ (ولا أصغر)، حاملاً المعنى بأنه يوجد ما هو دون الذرة حجماً أو وزناً.

لقد سُمِّي النصف الأول من القرن العشرين بعصر الذرة حيث تم وضع الأسس السليمة لعلم جديد هو الفيزياء الذرية. وإكتشاف ما يسمى بالنظائر وتحديداً النظائر المشعة والتي مهدت الطريق أمام الوصول إلى التفاعلات الذرية. فعندما نتحدث عن أي عنصر كيميائي، مثلاً الحديد، لا يكفي ذكر إسم هذا العنصر، بل يجب أن نحدد الثقل الذري له. فالثقل الذري (أو الوزن الذري) يختلف من عنصر لآخر ويختلف داخل كل عنصر. فلدينا الحديد 55، والحديد 56، والحديد 57، وهذه كلها نظائر لعنصر الحديد، ولكنها مختلفة بوزنها الذري[2].

وعندما نتعامل مع التفاعلات الذرية لا يجوز أن نقول (ذرة حديد) فحسب، بل يجب أن نضع إلى جانبها وزنها الذري لنعرف ما نوع هذه الذرة، لأن كل ذرة لها ثقل محدَّد. وإذا ما حطَّمنا هذه الذرة وجدنا أنها تتركب من جسيمات أصغر منها مثل الإلكترون والبروتون والنيوترون، وهذه بدورها تتركب من أجسام أصغر منها تسمى بالكواركات.

ولكن الذرات لا توجد بشكل منفرد في الكون بل توجد على شكل مجموعات تسمى بالجزيئات، فمثلاً نجد أن ست ذرات حديد ترتبط مع بعضها لتشكل جزيئاً من الحديد. وهذه الجزيئات ترتبط مع بعضها أيضاً لتشكل مادة الحديد.

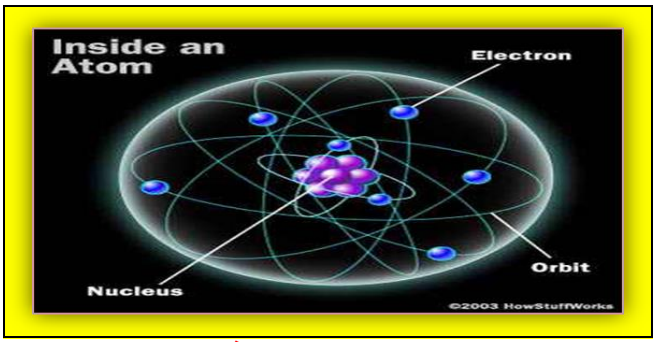
إذن نستطيع القول بأن علماء الذرة يتعاملوا مع مقياسين أثناء دراستهم: فعندما يتعاملون مع أجزاء الذرة ومكوناتها (ما هو أصغر من الذرة) فهذا يسمى بالفيزياء النووية، وعندما يتعاملون مع مجموعة من الذرات أو ما يسمى بالجزيئات فهذا يسمى بالفيزياء الذرية أو الجزئية.

ومن عجائب القرآن أنه تحدَث عن كل هذه الأشياء في آية واحدة ! فأنظر إلى قول الحق تبارك وتعالى عن علمه بكل شيء: **(مَا تَكُونُ فِي شَأْنٍ وَمَا تَتْلُو مِنْهُ مِن قُرْآنٍ وَلاَ تَعْمَلُونَ مِنْ عَمَلٍ إِلاَّ كُنَّا عَلَيْكُمْ شُهُوداً إِذْ تُفِيضُونَ فِيهِ وَمَا يَعْزُبُ**

[2] موقع عبد الدائم الكحيل، الإعجاز العلمي في القرآن والسنة ، الذرة في القران الكريم www.kaheel7.com

عَن رَّبِّكَ مِن مِّثْقَالِ ذَرَّةٍ فِي الأَرْضِ وَلاَ فِي السَّمَاء وَلاَ أَصْغَرَ مِن ذَلِكَ وَلا أَكْبَرَ إِلاَّ فِي كِتَابٍ مُّبِينٍ) [يونس: 61].

ونلاحظ في الآية أعلاه إشارة إلى ما هو أصغر من الذرة، أي أجزائها، وهذا ما يسمى بالفيزياء النووية، وكذلك في الآية إشارة إلى ما هو أكبر من الذرة، أي الجزيئات، وهذا ما يسمى بالفيزياء: (ولا أصغر من ذلك ولا أكبر).



الشكل(1) محتويات الذرة

إن كل شيء ممكن لمسه فالكتاب الذي بين يديك، والماء الذي نشربه، والطاولة التي نكتب عليها، هي أشكال للمادة، لكن المادة ليست كل ما يمكننا لمسه فقط، فالهواء مادة أيضاً، وكواكب الكون ونجومه وأجرامه، والكائنات الحية بأنواعها والجماد كالمعادن والصخور والتربة هي أيضاً مواد، والمواد تتكون من الذرات، وهي بدورها تتكون من جزيئات أصغر وأصغر، ولفهم تركيب الذرّة وأبعادها في الكون والآيات التي تحدثت عنها سأكتب بإيجاز عن التسلسل التاريخي للذرة وكل ما يتعلق بالذرة وأجزائها.

التسلسل التاريخي للذرّة

لقد بقي علماء العالم ولأكثر من سبعة عشر قرناً على نظرية ديمقريط الفيلسوف الإغريقي الذي رأى أن جميع الأجسام تتكون من جزيئات لا مرئية، وغير قابلة للتجزئة تسمى الذرات (atoms) توجد بينها مجالات فارغة، وهذه الذرات دائمة الحركة، فهي تتجمع وتفترق لتشكل في كل طور أو حالة من حالاتها جسماً معيناً[3]

وفي عام 1643م أعاد العالم الفرنسي جاسندي[4] gassndy النظر في هذه الجسيمات الصغيرة التي تتكون منها كل العناصر، فأكّد أن الذرات هي أولى مركبات الأشياء، ومنها تشكّل الكون بأجمعه، ورغم ذلك فإن عددها محدود رغم إمتداد الكون، وهي بحركة دائمة تصطدم ببعضها وتصطدم بجوانب

3الدكتور مروان شعبان، قانون الذرة بين العلم والقران، http://daralijaz.com

4جاسندي بيار gassndy pierre (1592- 1655م) فيلسوف وعالم فرنسي ولد في مدينة شامبرسية، بعد أن أنهى دروسه بدأ يدرّس في أكس – آن بروفنس) انتقد فلسفة أرسطو وأيد أبو قراط، ومن أهم أعماله: وضع نظرية قال فيها: إن الذرات تختلف بحجمها وشكلها ووزنها وهي غير قابلة للتجزئة.

الوعاء الذي يحملها، وعن ذلك تنشأ تركيبات الجزيئات كما تنشأ في الغازات معاني الضغط وغير ذلك، كما يقول جاسندي بأن الذرات ذات حجم دقيق جداً، ولا يمكن لحواسنا أن تدركه.

تبنّى إسحاق نيوتن (1642-1727م) نظرية ديمقريط حول إستحالة تجزيء وتحطيم الذرة، هكذا بقي وضع الذرة كما هو حتى عصر نيوتن، لكن جون دالتون (1766 - 1844م) قام بتطبيق منهج تجريبي فرأى أن كل عنصر يتركب من نوع خاص من الذرة، لكن هذه الذرات تتساوى فيما بينها في العنصر الواحد، كما تختلف الذرات المركبة فيما بينها. هكذا كانت الظواهر الكيميائية التي تعتبر من أولى المجالات التي تمَّ فيها إكتشاف بعض القوانين المتعلقة بالذرة.

بعد ذلك قام أميديو أفوجادرو [5] (1776 - 1856م) بدراسة الذرات المركبة التي تحدث عنها جون دالتون، وأطلق عليها إسم الجزيئات، فكان قانون أفوجادرو **($NA = 6.23 \times 10^{23}$)** أي أن كل عنصر غازي يحتوي المول الواحد أو (الجرام مول) منه على هذا العدد من الذرات أو الجزيئات الصغرى.

إنطلاقاً من نظرية أفوجادرو تمكّن كانيزارو [6] تحديد وزن جزيئات 33 جسماً بسيطاً ومركباً، فكان ذلك بداية تطور النظرية الذرية، رغم أنه لم يذكر أي شيء عن تفكك الذرة، لقد كانت هذه النظرية هي الفرضية التي فتحت أبواب قابلية الذرة للتفكك والتجزيء إلى عناصر أصغر منها، فقد كانت لأول مرة على يد العالم جوزيف طومسون [7] عندما أكتشف أن جزيئات الكهرباء (الإلكترونات) تنطلق من الذرة، فأستطاع أن يستنتج من كل ذلك أن الذرة

---

[5] **أميديو أفوجادرو: ولد في اغسطس 1776م وتوفي في يوليو 1856م وهو عالم فيزيائي إيطالي وولد في تورين، وكان لقبه هو الكونت دي كواريجنا. وقد عمل في جامعة تورينو. وقد عرف أميديو بتواضعه الشديد وفضوله العلمي، وأتجه نحو الكيمياء، ومن أهم أعماله كانت في مجال النظرية الجزيئية. طرح في عام 1811م فرضيته المشهورة التي تعرف باسم قانون أفوجادرو. حيث أكد أفوجادرو أن الأحجام المتساوية من جميع الغازات إذا ما وُضعت تحت نفس الضغط والحرارة، فإنها ستحتوي على نفس العدد من الجزيئات.**

وتكريماً له فقد أطلق على عدد المكوّنات (ذرات أو جزيئات أو أيونات ...الخ) الموجودة في مول واحد من المادة اسم عدد أفوجادرو أو ثابت أفوجادرو.

وهذا العدد هو($6.022\ 141\ 79 \times 10^{23}$) من المكوّنات في المول الواحد

من أهم أعماله:

- **أ. أكتشف عدد الذرات الموجودة في الجزئي الغرامي أي في 4 و 22 ليتر من أي غاز في الظروف الطبيعية يرمز لهذا العدد بحرف N ويساوي ($6.022\ 141\ 79 \times 10^{23}$)**
- **ب. وضع قانونا حول الغازات بأسمه والقائل ((إن حجمين متساويين من جسمين غازيين يحتويان تحت نفس الحرارة و الضغط على أعداد متساوية من الجزيئات)) .**
- **ج. له خدمات أخرى في مختلف الميادين العلمية .**

6 كانيزارو 1826 - 1910م عالم كيميائي، إيطالي الأصل، وُلد في باليرمو في صقلية، أصبحت نظرياته أساسًا للكيمياء الحديثة، وقد بين أميديو كانزارو الفرق بين الذرة والجزيء عام 1811، ولكن العلماء لم يلتفتوا في بادئ الأمر لهذه الآراء التي كان كانزارو قد طورها من أعمال أفوغادرو، وقد أدى قبول أفكار كانزارو إلى استخدام الأوزان الذرية والقوانين الكيميائية بطريقة صحيحة.

[7] **جوزيف جون طومسون:عالم إنجليزي ولد عام 1856م بالقرب من مدينة مانشستر الإنجليزية، وتفوق في دراسته منذ الصغر، ثم حصل على منحة من جامعة كامبريدج حيث تخصص في حقل الفيزياء النظرية، ثم اتجه طومسون للعمل في معمل كافنديش العريق، وفي عام 1884م تم تعيينه رئيساً لمعمل كافنديش وهو في الثامنة والعشرين من عمره، و قد ترأس المعمل لمدة 34 عاماً حتى خلفه تلميذه النيوزلندي آرنست رذرفورد، ويعتبر اكتشافه للإلكترون أفضل بحوثه على الإطلاق وأكثرها شهرةً وتأثيراً، كما تمكن من حساب كتلة تلك الجسيمات وسرعتها، لذا فقد اشتهر بلقب "أبو الإلكترون"، حصل طومسون على جائزة نوبل عام 1906م لاكتشافه الإلكترون، وتوفي في كامبريدج، 1940م.**

مكونة من عدد معروف أو محدود من الإلكترونات المتحركة داخل دائرة كهربائية موجبة، والإلكترونات تتنافر فيما بينها وتنجذب نحو مركز الدائرة بسبب وجود الكهرباء الموجبة في الداخل.

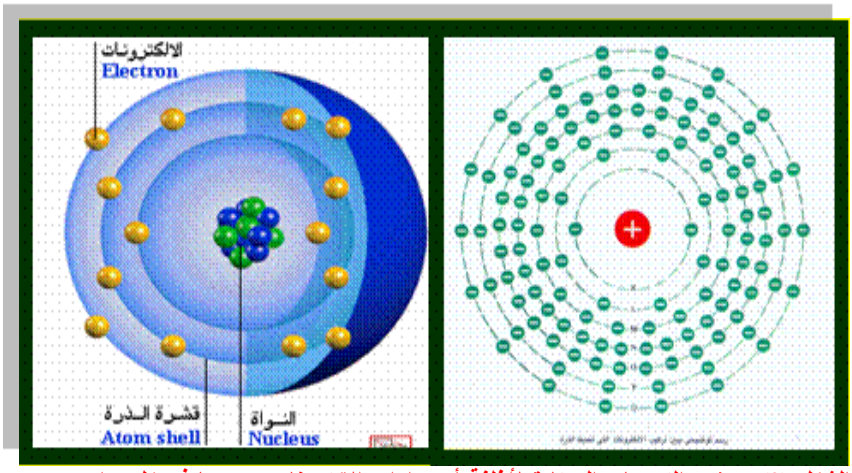
أما العالم روذرفورد Rutherford[8] فقد أكتشف عام 1910م أن كل شحنة كهربائية موجبة في الذرة تتمركز في نطاق ضيق جداً هو النواة، وتدور حوله الإلكترونات، هذا ما نجده في النموذج الذي وضعه روذرفورد وهو (نواة مركزية مشحونة بكمية كهربائية موجبة، تساوي مجموع كمية الطاقة السالبة التي تحملها الإلكترونات، التي تدور حول تلك النواة على مسافات متغيرة).

بدأ العالم الفيزيائي الإنكليزي روذرفورد بين عامي (1906-1912م) بدراسة الشكل البنائي لمختلف المواد بواسطة قذفها بالجسيَمات التي تصدرها العناصر المشعة مثل جسيَمات إلفا(ذرات الهليوم) أو جسيَمات بيتا (الإلكترونات) التي تصدر عن اليورانيوم وغيره من العناصر المشعة، وأستنتج بنتيجة تجاربه الدقيقة وضع نموذج للذرة كما يلي:

1. الذرة معظمها فراغ لأن النواة حجمها صغير مقارنة بحجم الذرة.
2. تتألف الذرة من نواة (بروتونات ونيوترونات) ذات شحنة موجبة وإلكترونات ذات شحنة سالبة تدور حولها على مسافات متباعدة.
3. فالإلكترونات تدور حول النواة كما تدور الكواكب حول الشمس كما أن الكواكب تدور حول نفسها تماماً مثل كوكب الأرض ، ومنه شبّه العلماء الذرة بالمجموعة الشمسية.
4. تتركز معظم كتلة الذرة في النواة الموجبة لأن البروتون أثقل من الإلكترون ب(1836) مرة .
5. الذرة في الحالة العادية (المستقرة) تكون متعادلة كهربائياً، لأن عدد الشحنات الموجبة يساوي عدد الشحنات السالبة.
6. تدور الإلكترونات حول النواة وفق مدارات خاصة.

---

[8] آرنست روذرفوردErnest Rutherford (871- 1937م): فيزيائي نيوزيلندي، اكتشف عام 1910م أن للذرات نوى صغيرة وكثيفة إذا ضربت بأوراق ذهبية رقيقة جداً تشع جزيئات ألفا، التي تتكون من بروتونين ونيترونين وتحمل شحنة إيجابية.



الشكل (2) يوضح التسميات المعتادة لأغلفة أو مدارات الإلكترونات وعددها في كل مدار - عن اطلس الكون الذري

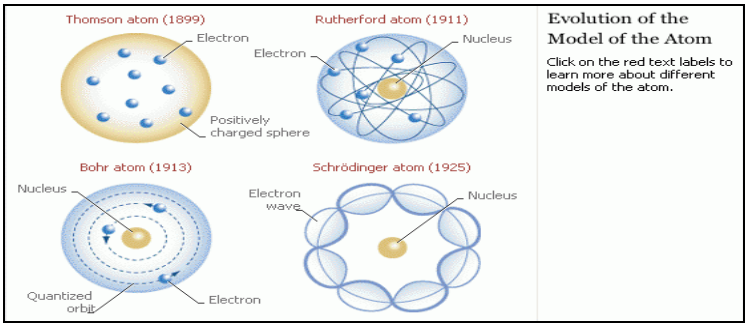
وأما العالم نيلز بور **bohr**[9] فقد قدم تعديلاً لهذا النموذج فأفترض أن الإلكترونات تدور حول النواة وفق مدارات محددة، لكن هذه الإلكترونات تستطيع الإنتقال من مدار إلى آخر، رغم أن تحركها لا يكون حراً كما يجب في المجال الأوسط[10]. وقام الفيزيائي نيلز بور بتعديل نموذج أستاذه روذرفورد السابق وأضاف عليه مايلي:

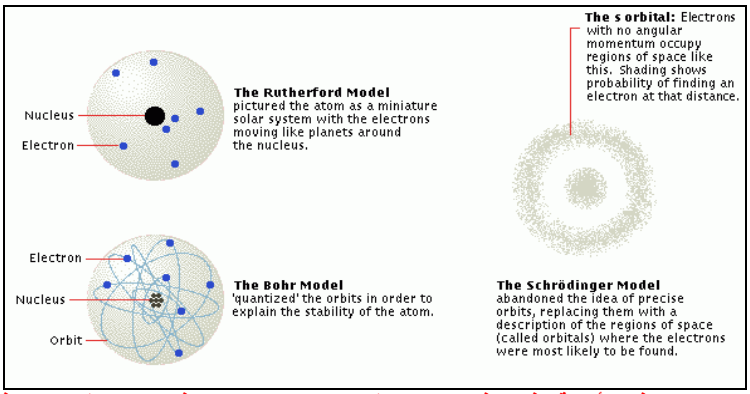
1. لكل إلكترون أثناء دورانه حول النواة طاقة معينة تتوقف على نصف قطر الذره(أى بعد الإلكترون عن النواة).
2. تدور الإلكترونات حول النواة في عدد محدد من مستويات الطاقة الثابتة والمحددة للذرة دون أن تفقد أو تكتسب طاقة في الحالة المستقرة.
3. أكبر عدد لمستويات الطاقة في الحالة العادية للذرة سبعة مستويات، يعبر عن طاقة كل مستوى بعدد صحيح يسمى عدد الكم الرئيسي .
4. في عام (1930م) إكتشف العالم الإنكليزي "ج.تشد فيك" النيترون وهو جسيم متعادل كهربائياً وكتلته مساوية لكتلة البروتون تقريباً.

---

[9] **Niels Bohr (1885- 1962م) من كبار روّاد الذرة الحديثة، ولد في كوبنهاغن أستاذ وعمل للفيزياء النظرية في جامعتها، نال جائزة نوبل للفيزياء عام 1922م، أشتهر بنظريته الرائدة حول تكوين وتنظيم بيان الذرة الواحدة حلل وشرح التفاعلات والإنشطارات المتنوعة التي تحصل في نواة الذرة. موسوعة الذرة.**

[10] **الدكتور مروان شعبان، قانون الذرة بين العلم والقران، http://daralijaz.com**





الشكل (3) النماذج الأربعة للذرة الذي يوضح تطور المفهوم البشري للذرة بعد التطورات المذهلة في علم الفيزياء الذرية : نموذج رذرفورد (يشبه النظام الشمسي)، نموذج نيلز بور (الحركة السريعة للألكترونات حول النواة)، وأخيراً نموذج شرويدنكر(القشور أو الأوربيتالات)

توضيح مفهوم الذرّه[11]:

هي إحدى الوحدات الأساسية لبناء المادة. فكل شيء حولنا مكون من ذرَّات. والذرَّة الواحدة بالغة الصِّغر، فهي لاتتعدى واحدًا على مليون من سُمْك شعرة . وتحتوي أصغر عيِّنة يمكن رؤيتها بمجهر عادي على ما يزيد على عشرة بلايين ذرة.

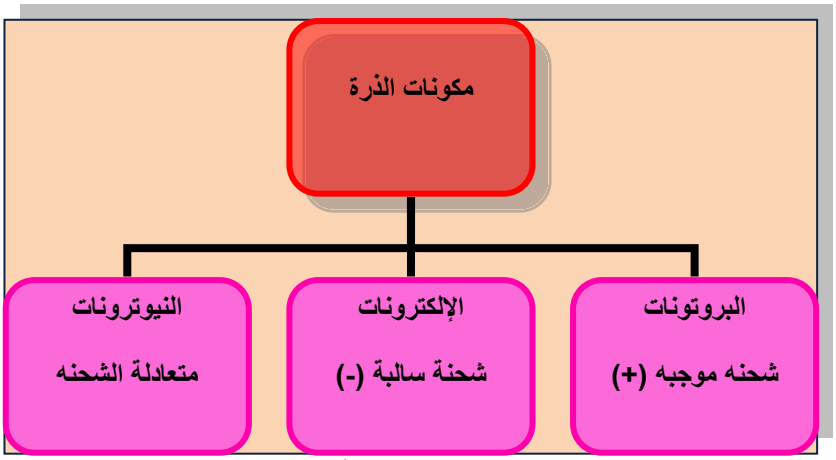
وتكوّن الذرات القوالب البنائية لأبسط المواد، وهي العناصر الكيميائية. وتشمل العناصر الشائعة (الهيدروجين والأكسجين والحديد والرصاص). ويتكون كل عنصر كيميائي من نوع أساسي واحد من الذرّات، أما المركَّبات الكيميائية، فهي مواد أكثر تعقيدًا من حيث تركيبها الكيميائي؛ إذ تتألف من نوعين أو أكثر من الذرّات مرتبطه ببعضها البعض في وحدات تُسمَّى الجزيئات. فالماء، على سبيل المثال، مركب يتكون كل جزيء منه من ذرتين من الهيدروجين مرتبطتين بذرة واحدة من الأكسجين.

[11] حسن يوسف شهاب الدين، موقع الدكتور خالد العبيدي، الذرة ومكنونها في القران الكريم، 2007

وتتفاوت الذرات كثيرًا في الوزن، ولكنها جميعًا تتساوى تقريبًا في الحجم. فذرّة اليورانيوم، على سبيل المثال، وهي أثقل الذرّات الموجودة في الطبيعة، يبلغ وزنها مائتي ضعف وزن ذرّة الهليوم الذي يُعدُّ أخف العناصر المعروفة حتى الآن. ومع ذلك فإن قطر ذرّة اليورانيوم لا يتعدى ثلاثة أمثال قطر ذرّة الهليوم تقريبًا

أجزاء الذرة

تتكون الذرة من ثلاثة أنواع أساسية من الجسيمات:



الشكل (4) مكونات الذرة

تتجمع البروتونات والنيترونات داخل النواة ، وهي منطقة صغيرة جداً بالقرب من مركز الذرة وتدور الإلكترونات بسرعات عالية خلال الفضاء الفارغ خارج نواة الذرة ، وبالرغم من ضآلة الذرّة إلا أنها تتكون من جسيمات أكثر صغراً منها. والجسيمات الثلاثة الأساسية هي كما أسلفنا (البروتونات والإلكترونات والنيترونات) ولكل ذرة عدد محدد من هذه الجسيمات الذريّة حيث تزدحم البروتونات والنيترونات داخل النواة، وهي منطقة بالغة الصغر في مركز الذرة. وعلى سبيل المثال لو كان قطر ذرة الهيدروجين يساوي ستة كيلومترات فإن النواة لا يتعدى حجمها كرة المضرب العادية. وما تبقى من حجم الذرة خارج النواة هو في أغلبه فضاء فارغ. وفي هذا الفضاء، تدور الإلكترونات حول النواة بسرعة بالغة تقطع بها بلايين الرحلات في كل جزء من المليون جزء من الثانية.

وبسبب سرعة الإلكترونات البالغة، تبدو الذرّة وكأنها جامدة، ولذلك كثيرًا ما تقارَن الذرّات بالنظام الشمسي، فتُعتبر النواة مناظرة للشمس، والإلكترونات مناظرة للكواكب التي تدور حولها. لكن هذه المقارنة ليست

صحيحة على إطلاقها. فعلى عكس الكواكب، لا تتبع الإلكترونات مسارات منتظمة مرتبة، بالإضافة إلى أن البروتونات دائمة التحرك عشوائيًا داخل **النواة.**

النواة:

تتألف النواة من البروتونات والنيترونات، وتشكل النواة تقريبا كل كتلة الذرة، والكتلة هي كميَة المادة المتركزة في الذرة، لأن كتلة البروتون تبلغ 1836م من كتلة الإلكترون، وكتلة النيترون تبلغ 1839م منه، والبروتون يحمل شحنة موجبة بينما النيترون غير مشحون والإلكترون يحمل الشحنة السالبة وبما أن عدد البروتونات يساوي عدد الإلكترونات في الذرة المستقرة فإنها تكون متعادلة كهربائياً. والبروتونات والنيوترونات أصغر بـ 100.000 مرة تقريبًا مقارنة بوزن الذرة، ولكنها تتألف من جُسيمات أكثر صغرًا يسمى كل منها **كوارك**[12]. ويتكون كل بروتون وكل نيوترون من ثلاثة من جسيمات الكوارك. ويستطيع العلماء في المختبر جعل جسيمات الكوارك تتجمع وتكوّن أنواعًا أخرى من الجسيمات الذرية بجانب البروتونات والنيوترونات. ولكن كل هذه الجسيمات الأخرى تتفكك وتتحول إلى جُسيمات عادية في غضون ثانية واحدة، ولهذا فلا يوجد أي منها في الذرات العادية.

الكواركات هي:

جسيمات أولية وأحد المكونين الأساسيين للمادة في نظرية النموذج القياسي لفيزياء الجسيمات (المكون الآخر حسب هذه النظرية هو الليبتونات) لها كتلة ولكن أبعادها صفرية، تتم مشاهدتها عند حدوث تصادم شديد بين البروتون والإلكترون. وقد أطلق موري جيلمان[13] هذا الإسم على الكوارك (منها ستة أنواع).

للكواركات جسيَمات مضادة مثل بقية الجسيَمات الأولية تدعى "كواركات مضادة"، حيث تتميز الكواركات والكواركات المضادة بأنها الجسيمات الوحيدة التي تتآثر مع بعضها بإستخدام القوى الأربع الرئيسة الموجودة في الطبيعة. تشكل الكواركات معظم الجزء الدخلي للمادة، وهي مترابطة مع بعضها بقوى شديدة. هذه القوى التي تربط الكوارك مع بعضها البعض تدرس في فرع من فروع الفيزياء يدعى الكروموديناميكا الكمية (Quantum-Chromodynamic QCD).

---

[12] **www. http://ar.wikipedia.org/wiki**

[13] **موري جيلمان (بالإنجليزية: Murray Gell-Mann) هو فيزيائي أمريكي مولود عام 1929م، حصل عام 1969م على جائزة نوبل للفيزياء عن إنجازاته الرائدة في تعريف نموذج الكواركات للجسيمات النووية واكتشافه تناظر النكهة flavor symmetry للكواركات الخفيفة، كما حصل على قلادة ألبرت أينشتاين عام 2005م.**
ولد موري جيلمان في 15 سبتمبر 1929م، ويهتم بنظرية الجسيمات الأولية ، ومن ضمنها الكواركات والنيوترينو ونظرية الأوتار

تجتمع الكواركات معاً لتشكل جسيمات مركبة تسمى هادرونات، الأكثر إستقراراً التي هي البروتونات والنيوترونات، وهي مكوَنات نواة الذرة. لا يمكن أن تظهر الكواركات بشكل مفرد حر فهي دائماً محتجزة ضمن هادرونات ثنائية (ميزونات) أو ثلاثية (باريونات) مثل البروتونات والنيوترونات، وتسمى هذه الظاهرة بالحبس اللوني (Color confinement)، لهذا السبب فمعظم المعلومات عن الكواركات تم إستخلاصها من ملاحظات الهادرونات نفسها.

أنواع الكواركات:

تنقسم إلى ثلاثة عائلات:

العائلة الأولى

1. العلوي
2. السفلي

العائلة الثانية

3. الساحر
4. الغريب

العائلة الثالثة

5. القممي
6. القعري

كل من الكوارك العلوي والسفلي له كتلة أقل من باقي الكواركات الأخرى. فالكواركات الأثقل تتحول إلى علوية وسفلية بسرعة خلال عملية تسمى اضمحلال الجسيم، حيث تتحول حالة الكتلة الأثقل إلى حالة كتلة أخف. لهذا فالكوارك العلوي والسفلي هما الأكثر استقرارا ووجودا في الكون.

في حين أن الكواركات المسماة بالساحر والغريب والقممي والقعري يتم إنتاجها فقط من خلال اصطدامات عالية الطاقة (مثل المستخدمة في الأشعة الكونية ومعجلات الجسيمات).

خصائص الكواركات:

1. الشحنة الكهربائية
2. الشحنة اللونية
3. الدوران المغزلي
4. الكتلة.

فالكواركات هي الجسيمات الأولية الوحيدة في النموذج القياسي لفيزياء الجسيمات[14] التي تُظهِر جميع القوى الأساسية الأربع المسماة بالقوى الأساسية وهي قوى الكهرومغناطيسية[15] والجاذبية والقوى النووية والتآثر القوية والضعيفة، بالإضافة إلى أنها الجسيمات الوحيدة التي لا تعد شحنتها الكهربائية مضاعفات صحيحة للشحنة الأولية. ولكل كوارك جسيم مضاد، وهو نظير مطابق له، لديه نفس قدر شحنة الكوارك ولكن بشحنة معاكسة.

كان ظهور نموذج الكوارك سنة 1964م بواسطة فرضية موري جيلمان وجورج سويج[16] لشرح نماذج الهادرونات، وقد كان هناك دليل ضعيف على وجودها المادي حتى سنة 1968م. تمت ملاحظة جميع عائلات الكواركات الست في تجارب المعجلات؛ وقد كان الكوارك القمّي هو آخر ما تم اكتشافه من الكواركات وذلك سنة 1995م عندما تمت ملاحظته لأول مرة في معهد فيرميلاب.

---

[14] فيزياء الجسيمات Particle physics أحد فروع الفيزياء الذي يدرس المكونات الأولية للمادة والإشعاع، إضافة إلى التأثرات المتبادلة فيما بينهم. يدعى أيضا فيزياء الطاقة العالية، لأن العديد من الجسيمات الأولية لا تظهر تحت الشروط الطبيعية بل نستطيع مشاهدتها عن طريق تصادم collision جسيمات معهودة لنا، مثل البروتونات أو الإلكترونات ذات الطاقية العالية (سرعات عالية) فيتم تخليقها نتيجة التصادم واكتشافها. هذا ما يتم فعله في مسرعات الجزيئات particle accelerator، مثل مصادم الهدرونات الكبير

[15] القوّة الكهرومغناطيسيّة (Electromagnetic Force): القوى الكهرومغناطيسيّة هي قوى جذب أو تنافر، وتعمل بين الأجسام المشحونة كهربائيًا أو الأجسام المغناطيسيّة. هذه القوّة متناسبة من حيث المقدار مع شحنة الأجسام المتجاذبة أو المتنافرة، ومتناسبة عكسيًا مع المسافة التي تفصل بينها (علاقة تظهر بوضوح في قانون كولوم للشّحنات الكهربائيّة). عندما تكون القوّة سالبة، هذا يعني أنّ الأجسام ستتجاذب.. وعندما تكون القوّة موجبة، فهذا سيعني أنّ الأجسام ستتنافر. هذه القوى هي قوى هامّة جدًا لفهم الخصائص الكيميائيّة للذرّات

[16] جورج زفايج (بالإنجليزية: George Zweig) (ولد يوم 30 مايو 1937م في موسكو - الاتحاد السوفييتي من عائلة يهودية)، تلقى تعليمه حول فيزياء الجسيمات على يد ريتشارد فاينمان ثم بعد ذلك نقل اهتمامه إلى العلوم العصبية. وقد أمضى سنوات كعالم أبحاث في مختبر لوس ألاموس الوطني ومعهد ماساتشوستس للتقنية، ولكنه اعتبارا من سنة 2004م بدأ بالعمل في صناعة الخدمات المالية.

تخرج في جامعة ميشيغان سنة 1959م، وقد اقترح زفايج وجود الكوارك عندما كان طالب دراسات عليا بالفيزياء في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا سنة 1964م بشكل منفصل عن موري جيلمان. وقد أدرك مثل جيلمان بأنه من الممكن شرح خصائص الجسيمات مثل البروتون والنيوترون وذلك بمعاملتها على أنها ثلاثة توائم من الجسيمات الأخرى (وقد أسماها بالآس -Ace- وأسماها جيلمان الكواركات). وكما أشار عالم الفيزياء الفلكية جون جريبن، فقد استحق جيلمان بجدارة جائزة نوبل سنة 1969، وذلك لإسهاماته الشاملة والاكتشافات المتعلقة بتصنيف الجسيمات الأولية وتفاعلاتها؛ ولم يتم القبول بنظرية الكواركات بالكامل في ذلك الوقت، ولم يتم ذكرها بشكل محدد. وفي السنوات التالية، بدأت تلك النظرية تترسخ كنموذج قياسي لفيزياء الجسيمات، على الرغم من مساهمات زفايج لنظريات الفيزياء الحديثة، إلا أنه لم يتم منحه جائزة نوبل.وقد انتقل زفايج لاحقا إلى أبحاث العلوم العصبية، ودراسة تحويل الصوت إلى نبضات عصبية في قوقعة الأذن في الأذن البشرية. وخلال تلك الدراسة في الأذن، اكتشف تحويل المويجات المستمر.

الشكل (5) ست من الجسيمات في النموذج القياسي هي كواركات (تظهر باللون البنفسجي) وكل عمود من الأعمدة الثلاثة المرقمة (I و II و III) يمثل جيل للمادة.

لم يظهر دليل مباشر على وجود الكواركات حتى تم إكتشافها سنة 1968م في المختبر المسرّع الوطني (National Accelerator Laboratary – Stanford University-SLAC). فتجربة النثر غير المرن العميق (Deep Inelastic Scattering) أشارت إلى أن بالبروتون بنية داخلية فرعية، وهذا البروتون مكون من نقاط صغيرة شبيهة بالأجسام، مما يعني بأنه ليس جسيم أولي (وهذا يشرح نموذج الكوارك). وأحجم الناس عن التعرف على تلك الأجسام ككواركات، مفضلين تسمية ريتشارد فاينمان[17] لها

[17] ريتشارد فيليس فاينمان (11 مايو 1918 - 15 فبراير 1988م)، فيزيائي أمريكي معروف بإسهاماته في نظرية الكم، وفيزياء الميوعة الفائقة وفيزياء الجسيمات، وبسبب إسهاماته في الكهروديناميكا الكمية حصل على جائزة نوبل عام

بالبروتون وكان ذلك في بداية الأمر. لاحقاً تم تعريف تلك الجسيمات التي لوحظت في المختبر بأنها كواركات علوية وسفلية عندما تم اكتشاف أنواع أخرى معها.

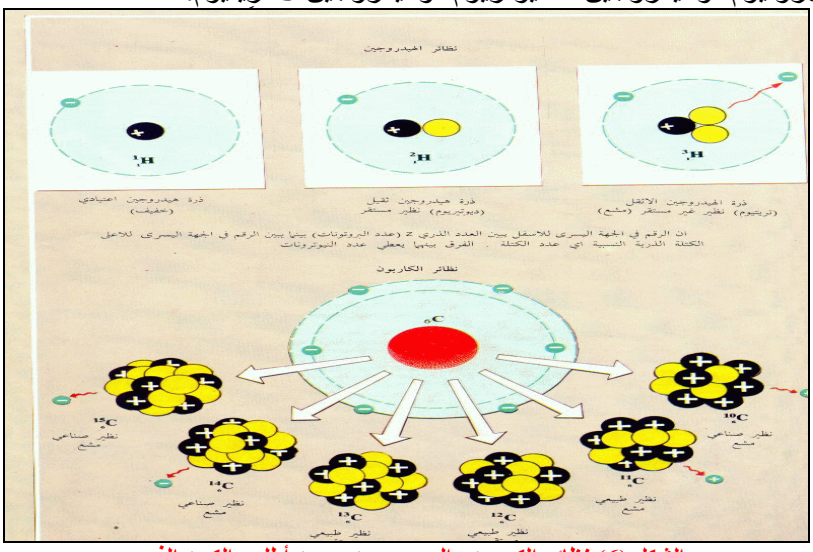
العدد الذري (z):

هو العدد الذي يمثل عدد البروتونات المحتواه في الذرة، ويساوي عدد الإلكترونات في الذرة المعتدلة كهربائيا، ويحدد هذا العدد ترتيب العنصر في الجدول الدوري.والذي ينظم العناصر المتعادلة المختلفة في مجموعات تتشابه في خواصها الكيميائية.

العدد الكتلي (A):

هو حاصل جمع عدد البروتونات وعدد النيوترونات في الذرة. وبالرغم من أن كل الذرات في عنصر ما لها نفس عدد البروتونات، إلا أنها قد تختلف في عدد النيوترونات. ويطلق على الذرات التي لها نفس عدد البروتونات وتختلف في عدد النيوترونات إسم **النظائر**.

وأغلب العناصر الموجودة في الطبيعة لها أكثر من نظير فالهيدروجين، على سبيل المثال، له ثلاثة نظائر. وتتكون النواة في أكثر نظائر الهيدروجين شيوعًا من بروتون واحد فقط. بينما تتكَون النواة في النظيرين الآخرين من نيوترون واحد أو نيوترونين بالإضافة إلى البروتون. ويستخدم العلماء العدد الكتلي للتمييز بين نظائر الهيدروجين الثلاثة لتصبح هيدروجين1،هيدروجين2، هيدروجين 3. كما يُسمون الهيدروجين 1 بروتيوم، وهيدروجين 2 ديوتريوم، وهيدروجين 3 تريثْيوم.



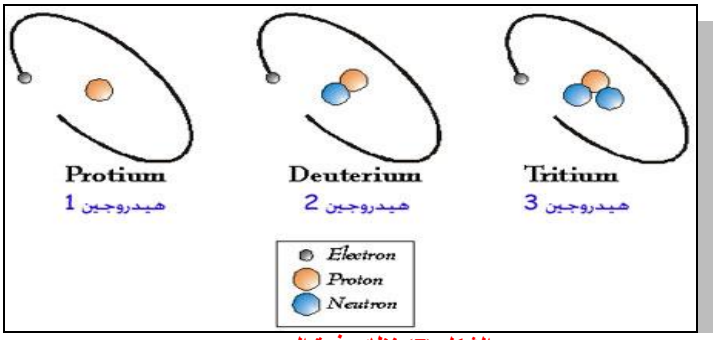
الشكل (6) نظائر الكربون والهيدروجين – عن أطلس الكون الذري

1965م بالمشاركة مع جوليان شفينجر وشينيتشيرو تومونـاغا، وساعد فاينمان في بناء القنبلة الذرية خلال مشروع مانهاتن.

وفي أغلب العناصر الأخف، تحتوي نواة كل ذرّة على عدد متساوٍ من البروتونات والنيوترونات. بينما تحتوي نوى العناصر الأثقل على عدد من النيوترونات أكبر من عدد البروتونات. أما أثقل العناصر فتحوي ثلاثة نيوترونات لكل اثنين من البروتونات. فاليورانيوم 238، مثلاً، به 146 نيوترونًا مقابل 92 بروتونًا في كل ذرة.

ما هي النظائر[18]:

النظائر هي ذرات تحتوي أنويتها على نفس العدد من البروتونات ولكنها تختلف في عدد النيوترونات التي تحتويها. ويعني ذلك أن العدد الذري للعنصر الواحد لا يتغير في حين يتغير عدده الكتلي . ويوصف العنصر في تلك الحالة بأن له عدة نظائر . وعموماً فإن لكل عنصر عدداً من النظائر قد يصل الى خمسين نظير بالنسبة للعناصر الثقيلة .



الشكل (7) نظائر ذرة الهيدروجين

والنظائر هي ترجمة لكلمة مشتقة من اللغة اليونانية (Isotopes) أي نفس الموضع، ويدل ذلك المعنى على أن النظائر تقع في نفس المكان من الجدول الدوري للعناصر. ولنظائر العنصر نفس الخواص الكيميائية ، وعادة ما توجد العناصر الكيميائية في الطبيعة على هيئة خليط من نظائرها المتنوعة . وبعض النظائر لا توجد في الطبيعة بصفة عامة ولكنها تنتج صناعياً باستخدام المفاعلات والمعجلات النووية.

أنواع النظائر

تنقسم النظائر إلى نوعين:

1. النوع الأول يسمى بالنظائر المستقرة
2. النوع الثاني يسمى بالنظائر غير المستقرة أو النظائر المشعة

---

[18] http://spidey.yoo7.com

النظائر المشعّة Radioisotopes عبارة عن ذرّات غير مستقرّة ينتج عنها ويتوّلد من أنويتها جسيمات وإشعاعات معينّة Radioactive Decay وأهمّ هذه الإشعاعات والجسيمات:

1. **جسيمات ألفا (أشّعة ألفا):**

جسيمات ألفا (Alpha particles) جسيمات مشحونة إيجابياً وهي (أنوية ذرّات عنصر الهيليوم (++HE) والمكوّنة من نيوترونين وبروتونين ، وهي أقلّ الأشكال الثلاثة إختراقاً للأجسام لا تنفذ من خلال ورقة ، وهي جسيمات ليست خطرة مالم تبتلع أو تتّصل بعدسة العين.

2. **جسيمات بيتا (أشعّة بيتا)**

جسيمات بيتا (Beta Particles) وهي عبارة عن إلكترون من كلا النوعين الإيجابي (+) أو السلبي (-)، والذي ينبعث من نواة أو نيوترون ذرّي في عملية الإشعاع ، جسيمات بيتا أكثر إختراقاً للأجسام من جسيمات ألفا لكن أقل من أشعة غاما أو الأشعة السينية.

3. **أشّعة غاما**

أشعة غاما (Gamma rays) نوع ثاقب جدا من الإشعاع النووي، مشابه لأشعّة x ، ويصدر من نواة الذرّة ، وله طول موجة أقصر.

ويبلغ عدد النظائر المستقرة حوالي 300 في حين أنه قد تم الإنتاج الصناعي لما يزيد عن 1500 نظير مشع حتى الآن ، وهناك 21 عنصراً متواجد طبيعياً في صورة نقية أي بدون أية نظائر . وتنقسم النظائر المشعة الى نظائر طبيعية موجودة في الطبيعة منذ خلقها الله سبحانه وتعالى وأخرى صناعية تمكن الإنسان من إنتاجها ليستخدمها في الأغراض المختلفة

الوزن الذري:

هو وزن الذرّة معبَّرًا عنه بوحدات الكتلة الذرية. ووحدة الكتل الذرية (u)، أو دالتون (Da) ، هي وحدة صغيرة تستخدم للتعبير عن الكتلة الذرية والكتلة الجزيئية، وهي تساوي (1/12) من كتلة ذرة الكربون(12). وهذا يعني أنها تساوي جزء من 12 جزء من ذرة الكربون 12، ومنه:

كل 1 وحدة ذرية تساوي (عدد واحد تقسيم عدد آفوجادرو من الغرام،1/NA من الغرام (حيث N_A هو عدد آفوغادرو) وتساوي (NA 1/1000) من الكيلو غرام،

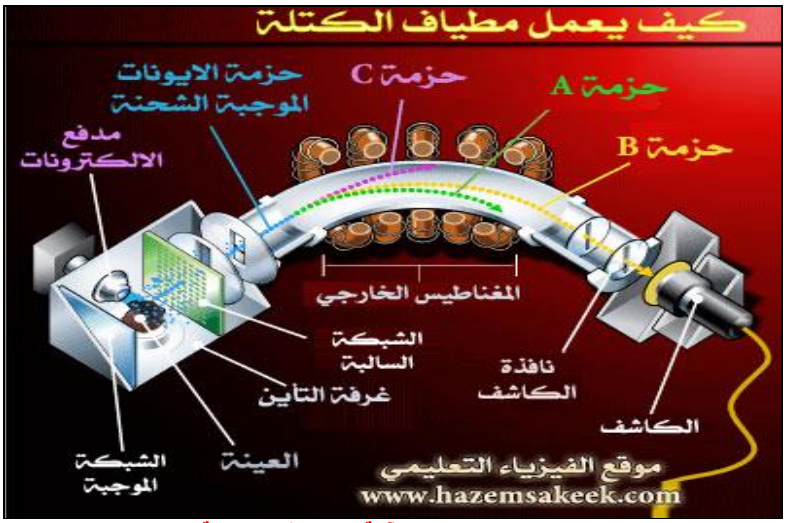
u وحدة كتل ذرية = (1.66053886X1027) كيلو جرام. وهذه الوحدة مناسبة نظرا لأن ذرة الهيدروجين تقريبا لها كتلة تساوى 1 وحدة كتل ذرية، وبصفة عامة فإن الذرة أو الجزيء الذي له " n" من البروتونات و النيترونات يكون له " n" من وحدات الكتل الذرية. (وسبب هذا أن ذرة الكربون بها 6 بروتونات، 6 نيوترونات، 6 إلكترونات، والبروتون

والنيوترون تقريبا لهما نفس الكتلة، والإلكترون كتلته مهملة). وإن كان هذا التصور تقديري نظرا لأنه لا يأخذ في الاعتبار طاقة الترابط لنويات الذرات، وكتلة طاقة الترابط هذه ليست جزء ثابت من المجموع الكلي لكتلة الذرة.

كما أن هناك سبب أخر لاستخدام وحدة الكتل الذرية وهو أنها سهلة الاستخدام في التجارب كما أنها دقيقة لمقارنة كتل الذرات والجزيئات (تحديد الكتل النسبية) أكثر منها في قياس الكتل المطلقة. ويتم مقارنة الكتل عن طريق **مطياف الكتلة** . كما أن عدد أفوجادرو (N_A) والمول يتم استخدامهم مع وحدة الكتل الذرية، ويكون المول الواحد من المادة الذي له كتلة ذرية أو جزيئية تساوى 1 وحدة كتل ذرية سيكون له كتلة تساوى 1 جرام.

ويُعيِّن العلماء الوزن الذري لعنصر متعدد النظائر بإيجاد متوسط الأوزان الذرية لهذه النظائر بنسب وجودها في الطبيعة. فيبلغ الوزن الذري لغاز الكلور، على سبيل المثال، 35، 453 دالتون. وهذه القيمة هي متوسط الوزن الذري للنظيرين كلور 35 (وزنه الذري 34، 96885) وكلور 37 (وزنه الذري 36، 96590) حسب نسبة كل منهما في الطبيعة.

مطياف الكتلة Mass Spectrometer[19]



الشكل (8) آلية عمل مطياف الكتلة

[19] كيف يعمل مطياف الكتلة، موقع الفيزياء التعليمي، 2009 www.hazemsakeek.info/magazine

هو أحد أهم التقنيات المستخدمة في الكيمياء التحليلية analytical chemistry ويصاحبه أكثر من مصطلح وهي على النحو التالي:

- **جهاز الطيف الكتلي mass spectrometry**
هو جهاز تحليل يستخدم لتعيين المركبات الكيميائية في عينة
- **مطياف الكتلة mass spectrometer**
هو جهاز دقيق يستخدم لتحليل الكتل ويمكن أن يكون بحجم صغير تضعه فوق المكتب ويمكن ان يصل حجمه إلى حجم غرفة كبيرة.
- **طيف الكتلة mass spectrum**
هي الخطوط التي تظهر على شكل منحنى بياني بارتفاعات مختلفة.
- **فني مطياف الكتلة mass spectrometrist**
هو الفني المتخصص في تشغيل جهاز الطيف الكتلي