كلية العلوم

القسم : **الفيزياء**

السنة : **الاولى**

المادة : كيمياء عامة ١

المحاضرة: الرابعة/نظري/د.ميرنا صالح

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

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

٨

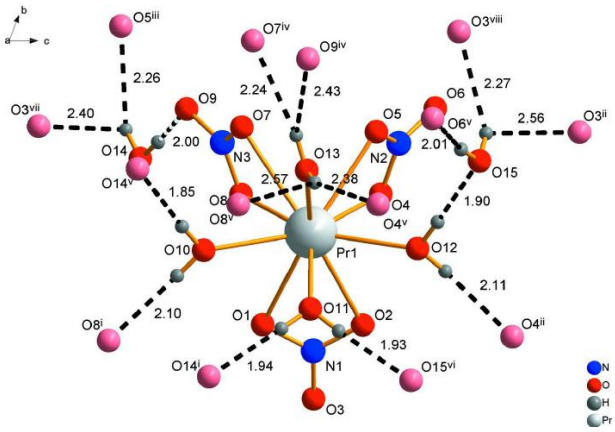
يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

المحاضرة الرابعة	الكيمياء العامة I	
قســم الفيزياء السنة الأولى – الفصل الأول	الفصل الثاني بنية الذرة The Structure of The Atom	د. ميرنا صالح

مخطط الفصل الثاني — Chapter 2 Outline

في نهاية هذا الفصل ستكون قادراً على:

- القوانين الأساسية في الكيمياء.
- نظرية دالتون الذرية، ما لها وما عليها.
- الأعمال التجريبية لغي لوساك وأفوكادو.
- البنية الذرية وترميزها.
- النظائر.
- الصيغ الكيميائية.
- بعض المفاهيم المتعلقة بدراسة الذرة.



هذا الفصل سيوضح أساس دراستنا المتمثلة بلغة الكيمياء، حيث يتضمن مفاهيم متعددة مثل القوانين الأساسية في الكيمياء وأسس النظرية الذرية، وتكوين الذرة وكتلتها، وتنوع تكوين النظائر Isotopes، كما سنتطرق لأهم النظريات في دراسة بنية الذرة والتجارب المبكرة في هذا المجال.

ولكي تكون القاعدة واضحة سنبدأ بشرح مفهوم القوانين الأساسية في الكيمياء كبداية لمحاضرتنا هذه

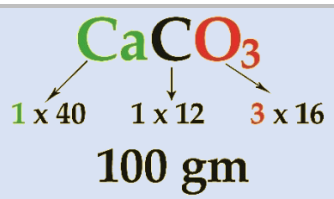
المحتوى

الصفحة	
47	القوانين الأساسية في الكيمياء
47	قانون انحفاظ الكتلة
48	قانون النسب المحددة
49	قانون النسب المضاعفة
50	نظرية دالتون الذرية
54	الأعمال التجريبية لجوزيف غي لوساك
54	فرضية العالم الكيمياني الإيطالي أماديو آفوكادرو
55	التجارب المبكرة في توصيف الذرة
55	تجارب ثومسون
59	تجربة قطرة الزيت لروبرت ميليكان

الهدف التعليمي من المحاضرة الرابعة Educational Goal

في نهاية هذا المحاضرة ستكون قادر على فهم:

- ✓ **فهم القوانين الأساسية في الكيمياء ونظرية دالتون الذرية.**
- ✓ **استيعاب فرضية غي لوساك حول إجراء التفاعلات.**
- ✓ **فهم فرضية العالم الكيميائي أماديو آفوكادرو.**
- ✓ **استيعاب التجارب المبكرة في توصيف الذرة من خلال تجارب ثومسون وميليكان**



قانون النسب المحددة
المركب المعطى يحتوي دائماً نفس النسبة بين كتل العناصر الداخلة فيه، وهذه النسبة لا تتعلق بطريقة الحصول على هذا المركب.

II – 1. القوانين الأساسية في الكيمياء Fundamental Chemical Laws

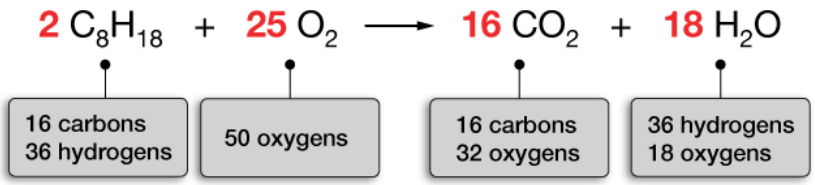
سنناقش في هذه الفقرة أهم القوانين الأساسية في الكيمياء والتي تشمل قانون انحفاظ الكتلة، وقانون النسب المحددة، وقانون النسب المضاعفة، لما لها من أهمية لتعطينا فكرة عن كيفية التعامل مع المادة في علم الكيمياء.

II – 1.1. قانون انحفاظ الكتلة Law of conservation of mass

يدعى أيضاً قانون لافوازييه Lavoisier's law، وينص على ما يلي:

"الكتلة لا تُخلق أو تفنى في التفاعلات الكيميائية"

أوجد هذا القانون العالم الفرنسي أنطوان لافوازييه في القرن الثامن عشر، وقد تحقق منه بعد إجراء سلسلة دقيقة على أوزان المواد الداخلة والناتجة عن التفاعل لسلسلة كبيرة من التفاعلات الكيميائية، والمخطط التالي يوضح هذا المفهوم.



هل يقتصر هذا القانون على الكتلة؟ الإجابة: لا

ينطبق على كل شيء حتى الطاقة، حيث يعبر عنه بالشكل التالي:

"الطاقة لا تفنى ولا تخلق من عدم، ولكن تتحول من شكل لآخر"

على سبيل المثال:

يعطى تفاعل أكسدة التوتياء وفق ما يلي:

$$Zn + \frac{1}{2}\, O_2 \rightarrow ZnO$$

$$65.4\ g + 16\ g \rightarrow 81.4 g$$

حيث يتفاعل (81.4 g) من المواد ليعطي (81.4 g) ناتج.

II-1 -2- قانون النسب المحددة Law of definite proportion

يدعى قانون بروست Proust Law نسبة للعالم الفرنسي الذي وضعه جوزيف بروست، والذي أكمل مسيرة العالم لافوازييه، وينص هذا القانون على:

المركب المعطى يحتوي دائماً نفس النسبة بين كتل العناصر الداخلة فيه، وهذه النسبة لا تتعلق بطريقة الحصول على هذا المركب.

على سبيل المثال:

مركب كربونات النحاس $CuCO_3$، نلاحظ أنه مكون من ثلاث عناصر أساسية:

- الكربون **C**: الوزن الذري **12** g
- الأكسجين **O**: الوزن الذري **16** g
- النحاس **Cu**: الوزن الذري **63.54** g

فلو أخذنا نسبة كتلة هذه العناصر إلى عنصر الكربون، نجد أن مركب كربونات النحاس يحتوي دئماً:

- (**1**) جزء من الكربون ($\frac{12}{12} = 1$).
- (**5.3**) أجزاء من النحاس ($\frac{63.54}{12} = 5.3$).
- (**4**) أجزاء من الأكسجين ($\frac{3 \times 16}{12} = 4$).

(طبعاً وفق كتلة هذه العناصر بالنسبة للكربون).

فماذا يعني هذا؟

أي لا يوجد في الطبيعة مركب يحوي هذه النسب من العناصر الثلاث سوى كربونات النحاس $CuCO_3$، مهما كانت طريقة الحصول عليه.

هل تذكر مثال تفكك الماء إلى عناصره الأساسية الهيدروجين والأكسجين حين نمرر تيار كهربائي ضمنه؟

$$H_2O \rightarrow \frac{1}{2}O_2 + H_2$$

تكون نسبة كتلة الأكسجين إلى نسبة كتلة الهيدروجين في الماء هي:

$$\frac{2\ g}{16\ g} = \frac{1}{8}$$

ماذا يعني هذا؟

يعني أنه مهما كان مصدر الماء فإن النسبة بين الكتلتين ثابتة، أي أنه:

إذا تفكك (**9** g) من الماء فإنه يعطي (**8** g) أكسجين و (**1** g) هيدروجين، فيما لو تفكك (**18** g) من الماء فإنه يعطي (**16** g) أكسجين و (**2** g) هيدروجين.

ماذا لو مزجنا (2 g) هيدروجين مع (8 g) أكسجين؟

لو تمت عملية المزج بوجود شرارة فإنه يتكون (**9** g) من الماء ويبقى (**1** g) هيدروجين دون تفاعل، أي أن نسبة الأكسجين والهيدروجين ثابتة في الماء وهي التي تميزه، وبالتالي:

هل تعلم

أنطوان لوران لافوازييه
Antoine LAVOISER
1743-1794

أحد النبلاء الفرنسيين ذو صيت في تاريخ الكيمياء والأحياء والاقتصاد، أول من صاغ قانون انحفاظ المادة، اكتشف الأكسجين وهو من سماه بعد دراسات موسعة أجراها على عملية الاحتراق.
ساعد في تشكيل نظام التسمية الكيميائي. وعادةً يشار إلى لافوازييه بأنه أحد آباء الكيمياء الحديثة.
بدأ محاميا ثم نال جائزة لابتكاره نظاما جديدا لإنارة الشوارع في باريس، وكان يقضي وقت الفراغ في الأبحاث الكيميائية، حيث يعرف بأبي الكيمياء الحديثة، تم إعدامه بعد قيام الثورة الفرنسية بتهمة ترطيب تبغ الجيش خلال عمله في لجنة المعايير المترية.
رغم أنه لم يثبت عليه شيء فقد أُعدم. وما زالت العبارة التي قيلت له في قاعة المحكمة:
"الجمهورية ليست بحاجة إلى علماء بل بحاجة إلى عدالة"
وصمة عار في تاريخ القضاء الفرنسي.

تذكر هذا

ينص قانون انحفاظ الكتلة على ما يلي:
"الكتلة لا تُخلق أو تفنى في التفاعلات الكيميائية"

هل تعلم

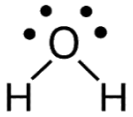
هذه النسبة محققة في الماء فقط ولا يمكن أن تتواجد في مركب آخر مهما تغيرت كمية الهيدروجين والأكسجين الداخلة في التفاعل.

II-1 -3- قانون النسب المضاعفة Law of multiple proportion

حفز اكتشاف بروست (قانون النسب المحددة) العالم الإنكليزي جون دالتون للتفكير حول الذرة كأجزاء دقيقة للغاية يمكن أن تتكون منها العناصر.
حيث برهن أنه إذا كانت العناصر تتألف من أجزاء دقيقة مفردة (الذرات)، فإن:

المركب المعطى يجب أن يملك دائماً نفس هذا المزيج من الذرات (أي الترابط ذاته).

على سبيل المثال:



يحتوي الماء دائماً مزيج محدد من ذرات الأكسجين وذرات الهيدروجين.

هذا المفهوم قدم شرحاً حول سبب كون الكتل النسبية للعناصر في المركب المعطى تمتلك نفس النسبة دائماً، وهو مفهوم:
(قانون الكتل المحددة لبروست).

لكن دالتون اكتشف مفهوم آخر أقنعه أكثر بوجود الذرة.
فما هو هذا المفهوم؟
على سبيل المثال:
لاحظ دالتون أن الكربون **C** والأكسجين **O** يشكلان مركبين مختلفين يحويان أوزان نسبية مختلفة للكربون والأكسجين، كما يظهر في البيانات الموضحة في الجدول التالي:

كتلة الأكسجين التي ترتبط بغرام واحد من الكربون	
المركب **1**	**1.33 g**
المركب **2**	**2.66 g**

لاحظ دالتون أن المركب **2** يحوي ضعف كمية الأكسجين بالنسبة لغرام من الكربون عما هو عليه في المركب **1**، هذه الحقيقة التي يمكن تفسيرها بسهولة بناءاً على مصطلح الذرات، فإذا كان المركب **1** هو **CO**، فالمركب **2** يمكن أن يكون **CO_2**.
هذا المفهوم الذي أوجده أصبح يعرف بـ قانون النسب المضاعفة (أو المتعددة) والذي ينص على:

جوزيف لويس بروست
Joseph PROUST
1754-1826

عالم كيمياء فرنسي، عرف بأبحاثهِ في قانون النسب المحددة.
عمل بروست في الأصل مساعداً لوالده، وعندما بلغ العشرين من عمره انتقل رغم معارضة والده إلى باريس . وهناك واصل دراسته للكيمياء والفيزياء وبعد معاناة وجد وظيفة معلم ثابتة في إسبانيا على الرغم مما كان يُذكر عنه أنه مدرس غير مكترث، تلقى عرضاً برئاسة معمل كيميائي مجهز ممتاز في مدريد فاستقر هناك .
وبعد تجارب عدة حسّن فيها تقنيات التحليل، أصبح بروست مقتنعاً بأن كل مركب كيميائي له تركيب وزني ثابت غير قابل للتغيير، أي أن لكل مركب صيغة. عرفت هذه الملاحظات تحت اسم قانون النسب الثابتة.

تذكر هذا

ينص قانون النسب الثابتة على:
"المركب المعطى يحتوي دائماً نفس النسبة بين كتل العناصر الداخلة فيه، وهذه النسبة لا تتعلق بطريقة الحصول على هذا المركب"

عندما يشكل عنصران سلسلة من المركبات، فإن نسب كتل العنصر الثاني الذي يرتبط مع 1 g من العنصر الأول يمكن أن ترجع دوماً لعدد صحيح صغير

في المثال السابق نجد أن النسبة بين كتلة الأكسجين في المركب الثاني إلى كتلته في المركب الأول هي $\frac{2.66\ g}{1.33\ g}$ والتي تساوي عدد صحيح صغير مقداره (**2**).
ستتطرق في (الصفحة **52**) لمثال محلول يوضح هذه الفكرة وأفكار ثانية، ولكن قبل ذلك لنتعرف على نظرية دالتون الذرية:

هل تعلم

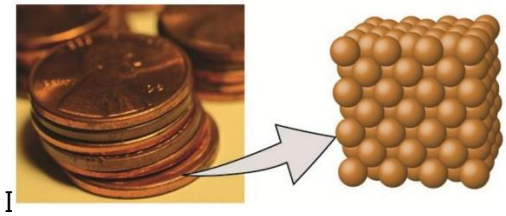
جون دالتون
John DALTON

نظرية دالتون الذرية Dalton's Atomic Theory

نشر دالتون عام 1808 النظام الجديد للفلسفة الكيميائية

A New system of chemical philosophy، حيث قدم فيه نظريته حول الذرة التي تنص على ما يلي:

1. كل عنصر يتكون من جزيئات دقيقة جداً exceedingly small particles تدعى الذرات، حيث أن الذرة هي أصغر وحدة في العنصر يمكن أن تشارك في تفاعل كيميائي.
2. يتكون العنصر من نوع واحد فقط من الذرات Atoms، والتي لها كتلة مميزة للعنصر وهي نفسها لجميع ذرات هذا العنصر.
وبالتالي تحتوي العينة المجهرية Macroscopic sample لعنصر ما على عدد كبير جداً من الذرات، وكلها لها خصائص كيميائية متطابقة Identical Chemical Properties.



3. تختلف ذرات عنصر واحد في خصائصها عن ذرات باقي العناصر.
4. تتكون المركبات المختلفة عندما ترتبط ذرات العناصر المختلفة ببعضها البعض، فالمركب المعطى يملك دوماً نفس الأعداد النسبية والنماذج من الذرات.

لا يتم إنشاء الذرات أو تدميرها Destroyed أثناء التفاعلات الكيميائية، ولكن يتم إعادة ترتيبها Rearrangement بدلاً من ذلك لإنتاج مواد مختلفة عن تلك الموجودة قبل حدوث التفاعل.

1766-1844

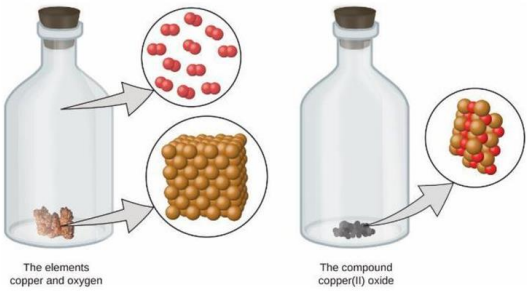
ولد عالم الكيمياء جون دالتون في قرية إنجليزية صغيرة تدعى (ايكزفيلد كمبر لاند).

تعلم دالتون على يد العلامة الضرير جون هوف اللغة اليونانية واللاتينية والفرنسية والرياضيات ونال إعجابه وتقدير زملائه وسكان المدينة. قام بكتابة مقالات في مجلة لتبسيط العلوم ودرس المذهب الطبيعي في الفلسفة في الكلية الجديدة في مانشستر وكندال في آن واحد معا. ثم انتقل كليا إلى مانشستر العام 1793.

زار دالتون لندن سنة 1809 والتقى بكبار العلماء فيها، عينته أكاديمية العلوم الفرنسية عضوا مراسلا وأصبح رئيسا للجمعية الأدبية والفلسفية في مانشستر العام 1817، سافر بعدها إلى باريس والتقى جميع العلماء لاسيما بالعالم غي لوساك. ثم عاد إلى مانشستر ووضع جدولا للأوزان الذرية لمعظم العناصر، سنة 1826 منحته الحكومة الإنكليزية وساما ذهبيا تقديرا لاكتشافاته في الكيمياء والفيزياء، اعتبر دالتون أبا للكيمياء الحديثة وذلك بعد أن اقترح النظرية الذرية للمادة حوالي العام **1803**.

على سبيل المثال:

وفق الشكل المرفق جانباً، عندما يتفاعل عنصر النحاس (مادة صلبة لامعة ذات لون أحمر-بني Red-Brown، الموضحة على شكل كرات بنية Brown Spheres) والأكسجين (غاز شفاف Clear وعديم اللون Colorless، الموضح على شكل كرات حمراء)، فإن الذرات تعيد ترتيبها لتشكيل مركب يحتوي على النحاس والأكسجين (مسحوق أسود صلب A powdery, Black Solid).



هل تعتبر نظرية دالتون الذرية صحيحة بكل تفاصيلها؟ ألا يوجد بها عيوب؟

الجواب المنطقي هو نعم.

لا تخلو النظرية من بعض العيوب، لنعالج هذه القضية ونرى ما هي العيوب في هذه النظرية:

في زمن دالتون كان الماء معروفاً بأنه عبارة عن ناتج ارتباط عنصري الأكسجين والهيدروجين ببعضهما البعض، ولم تكن للماء صيغة محددة، حيث بينت التجارب لديه أن الماء يتشكل من تفاعل (8 g) من الأكسجين مع (1 g) من الهيدروجين.

لحل معضلة عدم وجود صيغة للماء حينها، صاغ دالتون فرضية أساسية تنص على ما يلي:

"يجب أن تكون الطبيعة بسيطة قدر الإمكان"

هذه الفرضية قادته للاعتقاد أن صيغة الماء يجب أن تكون **OH**، وبالتالي عيّن كتلة الهيدروجين كـ **1** وكتلة الأكسجين كـ **8**، أي أن كتلة الأكسجين تعادل **8** أضعاف كتلة الهيدروجين وهذا يخالف الحقيقة في الوقت الراهن، حيث أن صيغة الماء هي **H_2O**، وبالتالي فإن كتلة الأكسجين تعادل (**16**) ضعف كتلة الهيدروجين.

(نسبة كتلة ذرة الأكسجين إلى كتلة ذرة الهيدروجين هي نسبة 16 إلى 1)

إذاً مما سبق نجد أن عدم معرفة صيغة الماء آنذاك هي السبب في عدم تمكن العالم دالتون من تحديد الكتل النسبية للأكسجين والهيدروجين بشكل لا لبس فيه، هل وصلت الفكرة؟؟

طبعاً هناك العديد من العيوب التي أثبت العلم الحديث وجودها في نظرية دالتون الذرية، منها مقولة أن الذرة هي أصغر مكونات المادة هي مقولة غير صحيحة بعد اكتشاف أن الذرة تتألف من جسيمات أصغر كثيراً تتمثل بالإلكترونات والبروتونات والنترونات.

بالرغم من أن معضلة دالتون بتحديد الصيغة بقيت سنوات، إلا أن مفاتيح تحديد الصيغ المطلقة للمركبات قُدمت من خلال الأعمال التجريبية للعالم الكيميائي الفرنسي جوزيف غي لوساك Joseph Gay-Lussac مع بداية القرن التاسع عشر، ونظريات الكيميائي الإيطالي أماديو آفوكادرو Amadeo Avogadro في ذات الفترة من القرن التاسع عشر.
قبل مناقشة هذه الأعمال بشيء من التوضيح لندعم قانون النسب المحددة بهذا المثال المحلول:

مثال محلول (14)

جمعت البيانات التالية لعدة مركبات مكونة من الأكسجين والنتروجين:

المركب	كتلة الآزوت التي ترتبط بغرام واحد من الأكسجين
المركب ***A***	1.750 g
المركب ***B***	0.8750 g
المركب ***C***	0.4375 g

1. بين كيف توضح هذه البيانات مفهوم قانون النسب المضاعفة للعالم دالتون.
2. ماهي مدلولات البيانات التي حصلت عليها؟

الحل:

1. لإثبات قانون النسب المضاعفة في هذا المثال، يجب أن تكون نسب كتل النتروجين (الآزوت) المرتبطة بغرام واحد من الأكسجين بين كل زوج من المركبات هي عبارة رقم صغير صحيح، لذلك سنقوم بحساب هذه النسب وفق ما يلي:

$$\frac{A}{B}=\frac{1.750}{0.8750}=\frac{2}{1}=\mathbf{2} \qquad \frac{A}{C}=\frac{1.750}{0.4375}=\frac{4}{1}=\mathbf{4} \qquad \frac{B}{C}=\frac{0.8750}{0.4375}=\frac{2}{1}=\mathbf{2}$$

نلاحظ أن هذه النتائج تدعم قانون النسب المضاعفة.

2. تدل البيانات أن المركب **A** يحتوي ضعفي كمية النتروجين المرتبطة بغرام من الأكسجين عما هو عليه في المركب **B**، وأن المركب **B** يحتوي ضعفي كمية النتروجين المرتبطة بغرام من الأكسجين عما هو عليه في المركب **C**.
هذه البيانات يمكن أن توضح بسهولة إذا اعتبرنا أن المواد عبارة عن مركبات تتألف من ذرات الأكسجين والنتروجين.
على سبيل المثال:
احدى الاحتمالات الممكنة للمركبات الثلاث السابقة هي:
أن يكون المركب **A** عبارة عن N_2O والمركب **B** عبارة عن **NO** والمركب **C** عبارة عن NO_2.
يبين الجدول التالي الصيغة المحتملة للمركبات الثلاث السابقة حسب معطيات ما سبق.

المركب **A**	النسب الوزنية	الصيغة المحتملة
المركب ***B***	$\frac{N}{O}=\frac{2}{1}$	N_2O
المركب ***B***	$\frac{N}{O}=\frac{1}{1}$	**NO**
المركب ***C***	$\frac{N}{O}=\frac{1}{2}$	NO_2

من خلال المثال المحلول السابق، ربما يراود أحدكم هذا السؤال:

هل هناك صيغ محتملة أكثر؟ وهل كل الصيغ صحيحة؟

نعم، هناك عدد لا حصر له لاحتمالات المركبات **A**، **B**، **C**، لكن دالتون لم يتمكن من استنتاج الصيغ المطلقة للمركبات من خلال البيانات المتاحة له المبنية على أساس الكتل النسبية للعناصر، ولكن رغم ذلك فإن بياناتهِ هذه دعمت نظريتهِ التي ناقشناها في (الصفحة **50**).

لنأخذ هذه الأمثلة لاختبار نظرية دالتون الذرية Dalton Atomic Theory والقوانين التي درسناها.

مثال محلول (15)

تم تحليل العينة **A** (غاز شفاف Clear عديم اللون) ووجد أنها تحتوي على g **4.27** من الكربون و g **5.69** من الأكسجين، كما تم تحليل عينة **B** (أيضاً غاز شفاف عديم اللون) ووجد أنها تحتوي على g **5.19** من الكربون و g **13.84** من الأكسجين.
هل هذه البيانات مثال عن قانون النسب المحددة أم قانون النسب المضاعفة أم لا؟
ماذا تخبرك هذه البيانات عن المادتين **A** و**B**؟

الحل:

في المركب A نسبة كتلة Mass Ratio الأكسجين للكربون هي:

$$\frac{5.69\ g\ O}{4.27\ g\ C} = \frac{\mathbf{1.33\ g\ O}}{\mathbf{1\ g\ C}}$$

في المركب B نسبة كتلة الأكسجين للكربون هي:

$$\frac{13.84\ \ g\ O}{5.19\ g\ C} = \frac{\mathbf{2.67\ g\ O}}{\mathbf{1\ g\ C}}$$

الآن بنسبة هذه النسب لبعضها البعض نجد:

$$\frac{\frac{1.33\ g\ O}{1\ g\ C}}{\frac{2.67\ g\ O}{1\ g\ C}} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}$$

هذه النتيجة تدعم قانون النسب المضاعفة (المتعددة)، وهذا يعني أن **A** و**B** مركبان مختلفان، حيث يحتوي **A** على نصف كمية الأكسجين لكل كمية من الكربون، بينما يحتوي **B** ضعف كمية الأكسجين لكل كمية من الكربون، إن المركبات المحتملة التي تناسب هذه العلاقة ستكون:

B = **CO** و **A** = **CO_2**

مثال محلول (16)

في المخطط التوضيحي التالي، تمثل الكرات الخضراء (الكبيرة) ذرات عنصر معين Certain Element، أما الكرات الأرجوانية (الصغيرة) تمثل ذرات عنصر آخر.

إذا لامست الكرات بعضها فهي جزء من وحدة مستقلة من المركب الناتج، هل التغيير الكيميائي التالي الذي تمثله هذه الرموز ينتهك Violate أياً من أفكار نظرية دالتون الذرية؟ إذا كان كذلك، أيهما؟

الحل:

نلاحظ أن المواد المتفاعلة تتكون من كرتين خضراء اللون، واثنتين من الكرات الأرجوانية، بينما ناتج التفاعل يتكون فقط من كرة خضراء واحدة وكرة أرجوانية واحدة، وهذا ينتهك افتراض دالتون بأن الذرات لا تنشأ ولا تدمر أثناء التفاعل الكيميائي Chemical Change، لكن يتم إعادة توزيعها فقط.
(في هذه الحالة نلاحظ أنه تم تدمير الذرات)

II. 2 – الأعمال التجريبية لجوزيف غي لوساك Joseph Gay-Lussac

قام غي لوساك عام 1809 بإجراء تجارب تم من خلالها قياس حجوم الغازات التي تتفاعل مع بعضها البعض (عند نفس الشروط من الضغط ودرجة الحرارة).

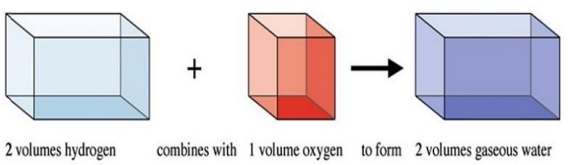
على سبيل المثال:

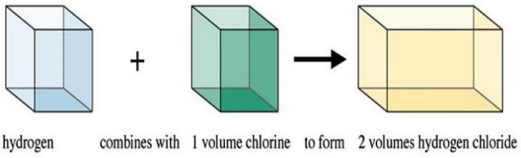
وجد غي لوساك أن حجمين من غاز الهيدروجين **H_2** يتفاعلان مع حجم من غاز الأكسجين **O_2** لإعطاء حجمين من بخار الماء **H_2O**، وأن حجم من غاز الهيدروجين **H_2** يتفاعل مع حجم من غاز الكلور **Cl_2** ليعطي حجمين من غاز كلوريد الهيدروجين **HCl**، وذلك كما هو موضح في الشكل **(1-II)** التالي:

حيث نلاحظ أن غي لوساك توصل لحل معضلة الصيغة نوعاً ما من خلال إدراك أن:

التفاعلات تتم وفق الحجوم

لكن هذه الأعمال التجريبية كان ينقصها تفاصيل صغيرة لتفسيرها، وهي ما توصل لها العالم الإيطالي آفوكادرو.





الشكل (II-1):
مخطط يبين الأعمال التجريبية التي قام بها غي لوساك، حيث يتبين أن التفاعلات عند نفس الشروط من الضغط ودرجة الحرارة تتم وفق الحجوم.

II. 3 – فرضية العالم الكيميائي الإيطالي أماديو آفوكادرو Amadeo Avogadro

في العام 1811، أي بعد الأعمال التجريبية لـ غي لوساك، فسر آفوكادرو هذه النتائج وفق ما يلي:

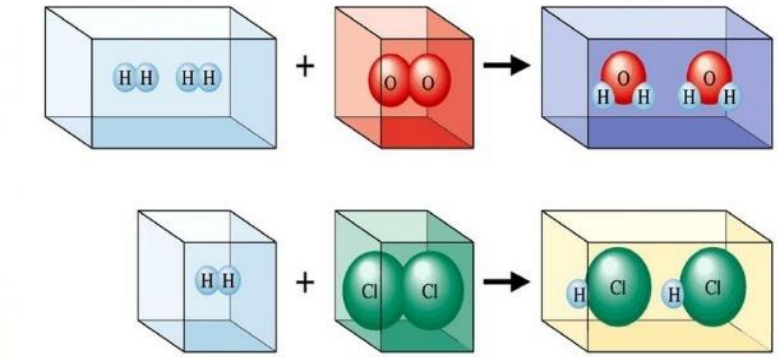
عند نفس درجة الحرارة والضغط، فإن الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة تحوي ذات العدد من الجزيئات، تلك الفرضية (التي سميت بفرضية آفوكادرو Avogadro's Hypothesis) اعتبرت:

> إذا كانت المسافات بين الجزيئات كبيرة جداً بالمقارنة مع حجوم تلك الجزيئات، فإنه تحت هذه الشروط يتحدد حجم الغاز بعدد جزيئاته الموجودة لا بحجمها.

إذا كانت نظرية آفوكادرو صحيحة، فإن نتيجة غي لوساك بأن حجمين من الهيدروجين يتفاعلان مع حجم من الأكسجين لإعطاء حجمين من بخار الماء، يمكن التعبير عنها وفق ما يلي:

تتفاعل جزيئتين من الهيدروجين مع جزيئة واحدة من الأكسجين لإعطاء جزيئة واحدة من بخار الماء كما هو موضح في الشكل **(2-II)** في الصفحة التالية.

لاحظ أن هذا الاستنتاج يعتبر أن صيغة الماء هي **H_2O** وليس **OH** كما كان يعتقد دالتون.



الشكل (II-2):

مخطط يبين التفسير الذي قدمه العالم أفوكادرو من خلال فرضيتهِ، والتي فسرت الأعمال التجريبية للعام غي لوساك.

هذه الملاحظات كانت أفضل تفسير باعتبار أن غازات الهيدروجين، الأكسجين، والكلور جميعها تتألف من جزيئات ثنائية الذرة Diatomic.

رغم ذلك بقيت تفسيرات آفوكادرو غير مقبولة من قبل معظم الكيميائيين، وهذا الرفض استمر قرابة نصف قرن، حيث ظهرت فرضيات عديدة حول صيغ المركبات والكتل الذرية.

الآن بعد أن تناولنا أهم القوانين الكيميائية والنظريات التي عالجت بنية المادة، وجدنا أن هذه النظريات أثبتت صحة مفهوم أن المادة تتكون من جزيئات متناهية الصغر تدعى بالذرات.

فما هو تركيب الذرة؟

II. 4 – التجارب المبكرة في توصيف الذرة
Early Experiments to characterize the Atom

اعتماداً على تجارب دالتون، غي لوساك، آفوكادرو وآخرون، أصبح للكيمياء معنى منطقي، عندها توجه الاهتمام نحو مفهوم الذرة كفكرة دراسة جيدة، حيث بدأ العلماء الاهتمام بطبيعة الذرة للإجابة عن التساؤلات التالية:

مما تتكون الذرة؟

كيف تختلف ذرات العناصر المختلفة؟

II. 4 -1 – تجارب ثومسون Thomson Experiments
(الإلكترون The Electron)

أولى التجارب المهمة التي قادت لفهم تركيب الذرة هي تلك التي أجراها العالم الإنكليزي ثومسون Thomson، حيث درس التدفق الكهربائي ضمن أنابيب مفرغة جزئياً تدعى أنابيب الأشعة المهبطية Cathode-ray tubes كما هو موضح في الشكل **(II-3)** في الصفحة التالية، وذلك خلال الفترة (1898-1903).

تذكر هذا

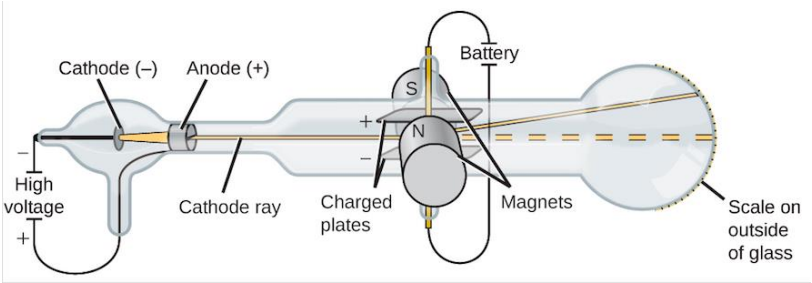
نظرية دالتون الذرية
Dalton's Atomic Theory

تنص على ما يلي:

1. كل عنصر يتكون من جزيئات دقيقة جداً تدعى الذرات، حيث أن الذرة هي أصغر وحدة في العنصر يمكن أن تشارك في تفاعل كيميائي.
2. يتكون العنصر من نوع واحد فقط من الذرات، والتي لها كتلة مميزة للعنصر وهي نفسها لجميع ذرات هذا العنصر.
3. تختلف ذرات عنصر واحد في خصائصها عن ذرات باقي العناصر.
4. تتكون المركبات المختلفة عندما ترتبط ذرات العناصر المختلفة ببعضها البعض، فالمركب المعطى يملك دوماً نفس الأعداد النسبية والنماذج من الذرات.
5. لا يتم إنشاء الذرات أو تدميرها أثناء التفاعلات الكيميائية، ولكن يتم إعادة ترتيبها بدلاً من ذلك لإنتاج مواد مختلفة عن تلك الموجودة قبل حدوث التفاعل.

عيوب نظرية دالتون

الذرة هي أصغر مكونات المادة هي مقولة غير صحيحة بعد اكتشاف أن الذرة تتألف من جسيمات أصغر كثيراً تتمثل بالإلكترونات والبروتونات والنترونات، إضافة لعدم مقدرتها على تحديد بنية مركب.



الشكل (3-II):

في الأشعة المهبطية Cathode Ray، تأتي الحزمة (الموضحة باللون الأصفر) من المهبط (-) Cathode، ويتم تسريعها Accelerated بعد المصعد (+) Anode نحو مقياس فلورة في نهاية الأنبوب، سمحت الانحرافات المتزامنة بواسطة المجالات الكهربائية والمغناطيسية المطبقة لثومسون بحساب نسبة الكتلة إلى الشحنة للجسيمات المكونة للأشعة المهبطية التي تكون على شكل عاصفة من الجسيمات المشحونة سلبياً والتي دعيت لاحقت باسم الإلكترونات.

وجد ثومسون أنه أثناء تطبيق جهد كهربائي عالي Voltage على الأنبوب، تنتج أشعة تدعى **الأشعة المهبطية Cathode Ray** (لأنها تنبعث من المسرى السالب والذي يدعى المهبط Cathode)، ولأن هذه الأشعة تصدر عن المسرى السالب وبذات الوقت تنفر من القطب السالب لحقل كهربائي مطبق كما في الشكل (3-II) أعلاه، فقد افترض ثومسون أن هذه الأشعة عبارة عن:

عاصفة من الدقائق المشحونة سلبياً والتي تدعى الآن بالإلكترونات

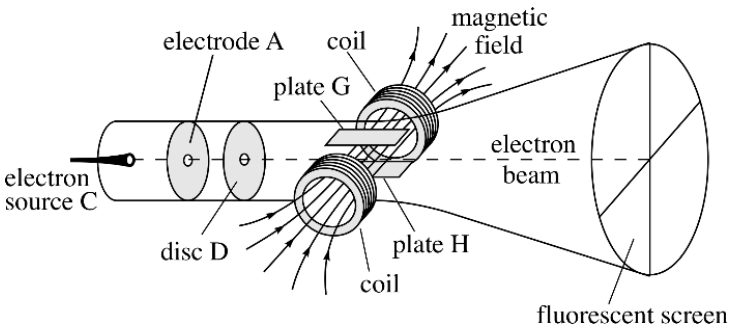
قام ثومسون بدراسة انحراف هذه الحزمة من الإلكترونات ضمن حقل مغناطيسي مطبق، حيث حدد من خلال هذه التجربة نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته والتي وجد أنها تساوي:

$$\frac{e}{m} = -1.759 \times 10^{8} C/g \qquad (II-1)$$

حيث تشير **e** لشحنة الإلكترون مقدرة بـ coulombs (C)، وتشير **m** لكتلة الإلكترون مقدرة بـ gram.

فكيف حسب ثومسون هذه النسبة؟

قام بذلك مستخدماً الجهاز الموضح في الشكل (3-II) أعلاه، والموضح بشكل مفصل من خلال الشكل (4 -II) التالي:



الشكل (4-II):

مخطط تفصيلي لأنبوب الأشعة المهبطية الذي استخدمهُ ثومسون لتحديد نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته، حيث يظهر من خلال الرسم كيف تم تطبيق كل من الحقلين الكهربائي والمغناطيسي على الأشعة المهبطية لإجراء هذه الدراسة.

حيث استخدم منبع للإلكترونات **C**، لتمر عبر مصعد مثقوب **A**.
يتم تركيز الأشعة المهبطية بعدها عبر صفيحة **D**، ثم تمر بعد ذلك الأشعة المهبطية

تذكر هذا

التفاعلات تتم وفق الحجوم
هذا هو الإدراك الذي توصل له غي لوساك من خلال أعمالهُ التجريبية

إذا كانت المسافات بين الجزيئات كبيرة جداً بالمقارنة مع حجوم تلك الجزيئات، فإنه تحت هذه الشروط يتحدد حجم الغاز بعدد جزيئاته الموجودة لا بحجمها.
تمثل هذه المقولة نص وروح الفرضية التي وضعها العالم الإيطالي أفوكادرو.

من المحاضرة السابقة
الدقة
Accuracy
يعتبر القياس دقيقاً Accurate إذا أسفر عن نتيجة قريبة جداً من القيمة الحقيقية True Value أو المقبولة Accepted.

الدقة المؤكدة (فائقة الدقة)
Precision
يقال إن القياسات فائقة الدقة Precise إذا كانت النتائج متشابهة جداً عند تكرارها بنفس الطريقة.

تتفق القيم فائقة الدقة مع بعضها البعض، بينما تتفق القيم الدقيقة مع القيمة الحقيقة.

يتكون مول واحد من شيء ما من **6.022×10^{23}** وحدة من المادة.

تتشابه النظائر في عدد البروتونات ولكنها تختلف في عدد النيوترونات.

المول: هو عينة من العنصر الطبيعي كتلتها تعادل الكتلة الذرية للعنصر معبراً عنها بالغرام والتي تحوي عدد أفوكادرو (**6.022×10^{23}**) من الذرات (مول واحد).

اقرأ أكثر، يصبح الفشل أبعد

لتتألق على شاشة من كبريتات الزنك، وخلال مسار الشحنة تمر عبر مكثف كهربائي (الصفيحة **G** والصفيحة **H**) حيث يمكن التحكم بشدة الحقل الكهربائي الذي ينتج عنه.

كما أحاط ثومسون الجملة المدروسة بحقل مغناطيسي Magnetic field يتولد عبر ملفات يتدفق من خلالها حقل مغناطيسي بحيث تمر الأشعة المهبطية من ضمنه.

عين ثومسون مكان البقعة على الشاشة المضيئة، ثم طبق حقل مغناطيسي على حزمة الإلكترونات (الأشعة المهبطية)، فوجد أنها تنحرف بشكل قوس دائري **(إذا خضع جسم متحرك لمجال مغناطيسي فإنه ينحرف عن مساره بشكل قوس دائري)**.

ثم طبق ثومسون حقل كهربائي عن طريق المكثف (الصفيحتين **G،H**) ليعيد البقعة لمكانها، ووفق الحقلين المغناطيسي والكهربائي المطبقين حسب ثومسون النسبة كالتالي:

إن القوة المغناطيسية التي تؤثر على الإلكترون تعطى وفق ما يلي:

$$F_1 = H \times e \times v \qquad (II-2)$$

H: شدة المجال المغناطيسي، **e**: شحنة الإلكترون، **v**: سرعة الإلكترون.

كما يعبر عن القوة أيضاً بأنها جداء الكتلة في التسارع، حيث يخضع الإلكترون لقوة نابذة نتيجة حركته الدائرية وفق العلاقة:

$$F_2 = m\frac{v^2}{r} \qquad (II-3)$$

r: نصف قطر القوس الذي يتحرك عليه الإلكترون.
عند تعادل القوى المؤثرة في الإلكترون يكون لدينا:

$$H \times e \times v = m\frac{v^2}{r} \rightarrow H \times e = m\frac{v}{r} \rightarrow$$

$$\frac{e}{m} = \frac{v}{r \times H} \qquad (II-4)$$

عندما طُبِقَ حقل كهربائي لإعادة البقعة لمكانها، فهذا يعني تساوي شدة الحقل الكهربائي مع شدة الحقل المغناطيسي، فإذا اعتبرنا شدة الحقل الكهربائي **E** يكون لدينا:

$$H \times e \times v = E \times e \rightarrow$$

$$v = \frac{E}{H} \qquad (II-5)$$

ماذا يعني هذا؟

هذا يعني أنهُ يمكن حساب سرعة الإلكترون من النسبة بين شدة الحقلين الكهربائي والمغناطيسي، وقد وجد أن سرعة الإلكترون تبلغ:

$$v_e = 3 \times 10^9\ cm/sec$$

من مقارنة العلاقتين (II-4) و (II-5) نجد:

$$\frac{e}{m} = \frac{E}{r \times H^2} \qquad (II-6)$$

أي أن نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته يمكن معرفتها بمعرفة قيمة **r** التي يمكن تحديد قيمتها بمعرفة أبعاد الجهاز المستخدم، حيث وجد أن هذه النسبة كما رأينا في

Don't forget :

تذكر هذا

طبيعة الأشعة المهبطية وفق ثومسون

افترض ثومسون أن هذه الأشعة عبارة عن عاصفة من الدقائق المشحونة سلبياً والتي تدعى الآن بالإلكترونات Electrons.

$-1.759 \times 10^8 C/g$

تمثل هذه القيمة نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلتهِ التي حددها ثومسون من خلال تجربة أنبوب الأشعة المهبطية.

الذرة أساس الكون وهي أصغره

Don't forget :

تذكر هذا

(الصفحة 56) تساوي:

$$\frac{e}{m} = -1.759 \times \frac{10^8 C}{g} = -1.759 \times 10^{11} C/kg \qquad (II-1)$$

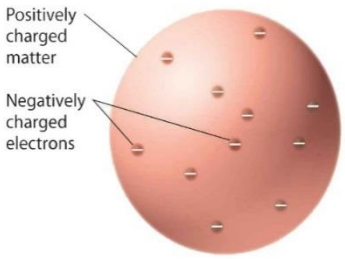
فهل وضحت لديك الفكرة كيف حسب ثومسون هذه النسبة؟

ما الهدف من تجربة أنبوب الأشعة المهبطية؟

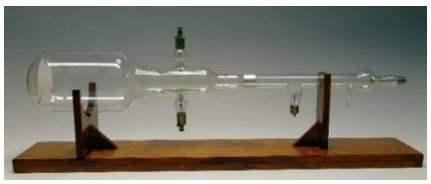
احدى الأهداف الأساسية للعالم ثومسون في تجاربه على أنبوب الأشعة المهبطية كان لفهم بنية الذرة، حيث وجد أن الإلكترونات تنتج عن المساري المصنعة من أنواع مختلفة من المعادن، وبالتالي استنتج أن جميع الذرات تحوي على الإلكترونات، وبما أنه كان معلوماً حينها أن الذرة معتدلة كهربائياً، افترض ثومسون:

إن الذرة يجب أن تحوي أيضاً شحنة موجبة، وبالتالي هي تتألف من سحابة منتشرة من الشحنة الموجبة تتضمن الكترونات سالبة الشحنة متوزعة بشكل عشوائي ضمن هذه السحابة (الشكل 5-II).

يدعى هذا النموذج بـ نموذج بلوم بودينغ Plum pudding، وهي حلوى إنكليزية مشهورة، حيث تنتشر حبيبات الشوكولا ضمنها كما تنتشر الإلكترونات في السحابة الموجبة.



الشكل (5-II):
نموذج ثومسون للذرة، حيث اعتبر ثومسون أن الذرة عبارة عن مادة موجبة الشحنة Positively charged matter تحوي ضمنها الكترونات مشحونة سلبياً Negatively charged electrons، والذي دعاها بنموذج بلوم بودينغ لتشابه هذا النموذج مع حلوى إنكليزية مشهورة.



الشكل (6-II):
أنبوب الأشعة المهبطية الذي استخدمه ثومسون في تجاربه على الأشعة المهبطية.

عزيزي الطالب:
خذ الفكرة ولا تحفظ النص، الفكرة تقودك لكتابة ألف نص، بهذه الطريقة نحاول أن نجعل منك اسماً بدل أن تكون رقماً.

بنية الذرة وفق ثومسون
اقترض ثومسون أن الذرة يجب أن تحوي أيضاً شحنة موجبة، وبالتالي هي تتألف سحابة منتشرة من الشحنة الموجبة تتضمن الكترونات سالبة الشحنة متوزعة بشكل عشوائي، وقد أطلق على هذا النموذج اسم نموذج بلوم بودينغ Plum pudding، وهي حلوى إنكليزية مشهورة، حيث تنتشر حبيبات الشوكولا ضمنها كما تنتشر الإلكترونات في السحابة الموجبة.

قانون انحفاظ الكتلة
أو ما يدعى قانون لافوازييه، ينص هذا القانون على ما يلي:
"الكتلة لا تُخلق أو تفنى في التفاعلات الكيميائية"

قانون النسب المحددة
أو ما يدعى قانون بروست، ينص هذا القانون على ما يلي:
"المركب المعطى يحتوي دائماً نفس النسبة بين كتل العناصر الداخلة فيه، وهذه النسبة لا تتعلق بطريقة الحصول على هذا المركب"

قانون النسب المضاعفة
أو ما يدعى قانون دالتون، ينص هذا القانون على ما يلي:
"عندما يشكل عنصران سلسلة من المركبات، فإن نسب كتل العنصر الثاني الذي يرتبط مع **1 g** من العنصر الأول يمكن أن ترجع دوماً لعدد صحيح صغير"

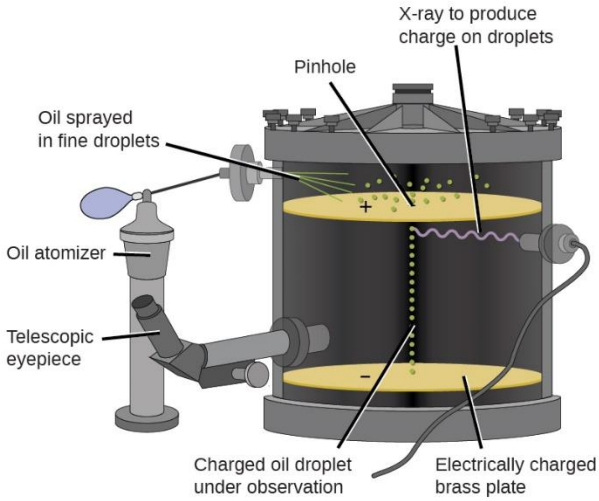
الكيمياء العامة I
2023-2024

II. 4- 2 – تجربة قطرة الزيت لروبرت ميليكان Oil Drop Experiment

في عام **1909**، اكتشف الفيزيائي الأمريكي روبرت أ. ميليكان Robert A. Millikan المزيد من المعلومات حول الإلكترون من خلال تجاربه "قطرة الزيت Oil Drop".
ابتكر ميليكان قطيرات زيت مجهرية Microscopic Oil Droplets، يمكن شحنها كهربائياً عن طريق الاحتكاك Friction أثناء تشكلها أو باستخدام الأشعة السينية، حيث تسقط هذه القطرات في البداية بسبب الجاذبية Gravity، ولكن يمكن إبطاء تقدمها نحو الأسفل أو حتى عكسه Reversed بواسطة مجال كهربائي منخفض في الجهاز.

من خلال ضبط شدة المجال الكهربائي وإجراء قياسات دقيقة وحسابات مناسبة، كان Millikan قادراً على تحديد Able to Determine شحنة القطرات الفردية Individual Drops.

الشكل **(7-II)** يبين الجهاز الذي استخدمه ميليكان في تجربة قطرات الزيت والبيانات التي حصل عليها نتيجة هذه التجربة:



Oil drop	Charge in coulombs (C)
A	4.8×10^{-19} C
B	3.2×10^{-19} C
C	6.4×10^{-19} C
D	1.6×10^{-19} C
E	4.8×10^{-19} C

الشكل (7-II):

قامت تجربة ميليكان بقياس شحنة قطرات الزيت الفردية، البيانات المجدولة هي أمثلة على بعض القيم الممكنة، حيث تمكن من خلال هذه التجربة من حساب شحنة الإلكترون وكتلتهِ اعتماداً على تجربة ثومسون

بالنظر إلى سجل البيانات للشحنات التي جمعها ميليكان Millikan، ندرك أن شحنة قطيرة الزيت تمثل دائماً مضاعف شحنة معينة Multiple of Specific Charge وهي ($\mathbf{1.6 \times 10^{-19}}$ C).

استنتج ميليكان أن هذه القيمة يجب أن تكون الشحنة الأساسية (شحنة الكترون واحد)، لأن الشحنات المقاسة تتم بزيادة الكترون واحد، وفي حال الكترونين تكون ($\mathbf{2 \times 1.6 \times 10^{-19}}$C)، وثلاثة الكترونات تكون ($\mathbf{3 \times 1.6 \times 10^{-19}}$C)، وهكذا من أجل قطيرة زيت معطاة.

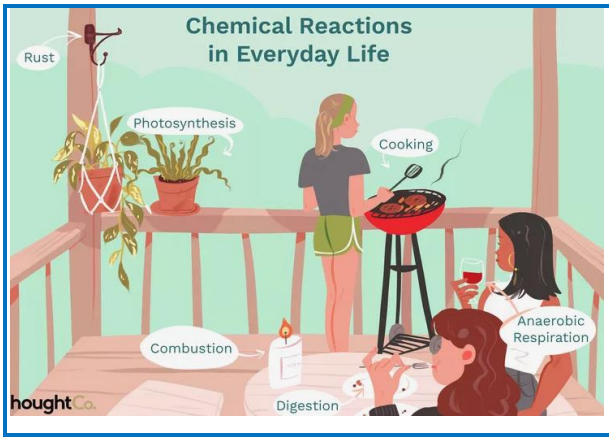
نظراً لأن شحنة الإلكترون أصبحت معروفة الآن بسبب أبحاث Millikan، فقد كانت نسبة الشحنة إلى الكتلة Charge to Mass Ratio معروفة أيضاً وفق أبحاث ثومسون كما رأينا، مما يتطلب عملية حسابية بسيطة لحساب كتلة الإلكترون وفق ما يلي:

$$\mathbf{m}_{Eelectron} = 1.602 \times 10^{-19} C \times \frac{1\ kg}{1.759 \times 10^{11} C} = \mathbf{9.107 \times 10^{-31} kg}$$

تساؤلات:

قد يخطر ببال أحدكم هذا السؤال:

هل تقتصر الكيمياء على الأعمال والتجارب المخبرية؟



الإجابة هي:

تحدث الكيمياء في العالم من حولك، وليس فقط في المختبر. تتفاعل المادة لتشكل منتجات جديدة من خلال عملية تسمى تفاعل كيميائي أو تغيير كيميائي Chemical Reaction or Chemical Changes. في كل مرة تقوم فيها بالطهي Cook أو التنظيف Clean، فإن الكيمياء هي المحرك لذلك.

يعيش جسمك وينمو بفضل التفاعلات الكيميائية. هناك تفاعلات كيميائية عند تناول الأدوية وإشعال عود ثقاب Light a Match، وصدأ الحديد Rust.

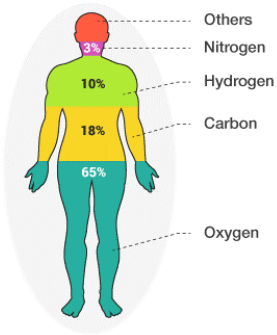
هذه الأمثلة للتفاعلات الكيميائية من الحياة اليومية هي عينة صغيرة من مئات الآلاف من التفاعلات التي تمر بها خلال يومك.

هل وضحت الفكرة؟

الكيمياء في حياتنا اليومية (مطالعة)

العناصر في جسم الإنسان
Elements in the Human Body

Element	Symbol	Percentage in Body
Oxygen	O	65.0
Carbon	C	18.5
Hydrogen	H	9.5
Nitrogen	N	3.2
Calcium	Ca	1.5
Phosphorus	P	1.0
Pottassium	K	0.4
Sulfur	S	0.3
Sodium	Na	0.2
Chlorine	Cl	0.2
Magnessium	Mg	0.1
Trace elements include boron, chromium, cobalt, copper, fluorine, iodine, iron, manganese, molybdenum, selenium, silicon, tin, vanadium, and zinc.		>1.0



تبلغ نسبة الماء في أجسامنا (**70%-60%**)، ولكن ما الذي تتكون منه أجسامنا بعد ذلك؟

الكربون والهيدروجين والنيتروجين والأكسجين، تشكل هذه العناصر **96%** من جسم الإنسان.

في حين أن النسبة المتبقية **4%** تتكون من حوالي **60** عنصراً، بعض هذه العناصر تشمل الكالسيوم والفوسفور والبوتاسيوم والكبريت.

لا شيء يولد من عدم، وكذلك المعرفة

القسم العملي يعزز مهاراتك النظرية فلا تهمله، موعدنا بعد المحاضرة

-- نهاية المحاضرة --