

الفصل السابع

في الكيمياء



## أولاً: الماء Water

### [١-١] الماء في الطبيعة، أهميته في حياة الإنسان والحيوان والنبات

يوجد الماء في الطبيعة في صوره الفيزيائية الثلاثة فهو يوجد في الصورة الصلبة - الثلج - وفي الصورة السائلة - الماء - وفي الصورة الغازية - بخار الماء *Steam*.

والماء هو أكثر المواد انتشاراً على سطح الأرض وفي أعماق الأرض وقد يوجد حرراً (منفصلاً) أو مرتبطاً مع مواد أخرى.

وتغطي البحار حوالي ٧٠% من مساحة سطح الكرة الأرضية، وقد يصل عمق المياه إلى عدة كيلو مترات.

ولا يتوفر الماء علمياً بصورة نقية تماماً في الطبيعة. وتقدر كتلة المياه بالبحار والمحيطات والأنهار وفي المياه الجوفية بحوالي  $11,5 \times 10^21$  مليون طن، حيث يوجد حوالي ٢,١٥% من هذه الكمية على شكل ثلوج في المناطق القطبية من الكرة الأرضية. ويغطي الجليد جزءاً كبيراً من سطح الكرة الأرضية فهو يشغل حوالي ١١% من سطح اليابسة؟ حوالي ٧% من سطح البحار والمحيطات، وتبلغ نسبة بخار الماء في الجو، حوالي ٠,٠٠١%، وهذه النسبة (الضئيلة) تبلغ حوالي مليون مليار طن مياه.

وتحتوي مياه المحيطات على مواد في حالة أيونية أو جزئية أو عنوية. كما وتوجد فيها دقائق معلقة أيضاً ويعود الجزء الأكبر من المواد المذابة في مياه المحيطات إلى الأملاح، والغازات التي يتصدرها الأوكسجين والنيتروجين من حيث الكمية.

ويصل الأوكسجين إلى مياه المحيطات من الجو وهو يستهلك في أعماقها أثناء تنفس الكائنات الحية والنباتات وعند تحلل المواد العضوية بالمياه بواسطة البكتريا والجراثيم.

وتكون كمية الأوكسجين أكبر ما يمكن في الطبقة السطحية من مياه المحيط، ويأتى النيتروجين الموجود فى مياه المحيطات من الجو كذلك.

ويتوفر ثانى أكسيد الكربون فى مياه المحيطات أيضاً وهو يتفاعل مع الماء مكونا سلسلة من الأحماض الكربونية وتختل هذه السلسلة بسهولة لأنها تتوقف على نسبة  $CO_2$  فى الجو وعلى درجة الحرارة وعلى شدة العمليات البيولوجية الجارية فى الماء.

ولهذا؛ نعتبر عن نسبة ثانى أكسيد الكربون فى مياه البحار بالمجموع العام لتركيز الأحماض الكربونية.

ومياه البحار لها طعم مميز، مالح ومر، ويتبقى بعد تبخرد مزيج ملحي يكون كلوريد الصوديوم منه حوالى 78% وهو الذى يعطى مياه البحر الطعم المالح؛ كما توجد فيه بكميات كبيرة أيضاً أملاح المغنسيوم وهى التى تعطيه الطعم المر.

وتحتوى مياه الأمطار عادة على كمية قليلة من الأملاح والغازات والشوائب الأخرى، إلا أن نسبة الأملاح فى الأمطار المتساقطة فى المناطق القريبة من البحار والمحيطات تكون أعلى منها فى المناطق الأخرى.

وتصل إلى التربة مع الأمطار الساقطة عليها كمية كبيرة من المعاد، حيث تسقط مع الأمطار على كل كيلو متر مربع واحد من سطح الكرة الأرضية كمية من المركبات المحتوية على نيتروجين بمتوسط حوالى 70 كجم من النيتروجين كل عام.

ويعتبر الماء واحداً من أهم المركبات فى الطبيعة فاقية وهو يلعب دوراً هاماً فى حياة النباتات والحيوانات والإنسان.

وتؤكد النظريات العلمية الحديثة، بأن نشأة الحياة على الأرض مرتبطة بمياه المحيطات. ويقوم الماء فى كل جسم حى بدور الوسيط الذى تجرى فيه العمليات الكيميائية التى تؤمن النشاط الحيوى للجسم، كما ويساهم الماء إضافة

لذلك في كثير من التفاعلات الكيميائية، البيولوجية، حيث يحتوى جسم الإنسان على حوالى ٦٥% من الماء.

ولا يستطيع الإنسان أن يعيش بلا ماء لأكثر من أربعة أيام، وهناك بعض الاطعمة الأساسية يكون الماء فيها أهم عنصر مثل الألبان.

وهناك بعض المواد مثل الورق والصايون، تكون عديمة القيمة، إذا لم يتم نزع الماء منها وتجفيفها *De hydrated*، كما وأن الأغذية التى يتم إزالة الماء منها، يجب غمرها فى الماء قبل أكلها.

ويستخدم الماء فى الصناعة فى عمليات كثيرة وفى التسخين وفى التبريد وككاشف *Reagent* وكمذيب *Solvent*.

ويتم إعادة تشغيل جزء من المياه الداخلة فى عمليات التصنيع بنسبة حوالى ٢٥% إلا أن معظم الكمية يتم طردها إلى الجو إلى مياه البحار والأنهار بنسبة ٧٥%. وتمثل البحار المصب الأعظم لكل المياه، سواء كان هذا الماء ملوثاً أم غير ملوث، ومن البحار تبدأ دورة المياه، حيث تسقط الأمطار على الأرض فتذهب الحياة لكل من عليها.

### (١-٢) مصادر المياه *Sources of Water*

تعتبر دورة الماء فى الطبيعة، أهم دورات المواد فى الطبيعة، وتتم هذه الدورة بانتظام وبإحكام متقن منذ ملايين السنين. فسبحان الله خالق كل شئ بإحكام، حيث يتبخر الماء من البحار والأنهار والبحيرات ويرتفع فى الهواء الجوى وعند انخفاض درجة حرارة الهواء بدرجة كافية، فإن الماء المتبخر يكون سبجاً. ويحمل الهواء. السحب إلى أن تسقط المياه من هذه السحب.

وتنساب بعض الأمطار الساقطة على الأرض فى صورة جداول وأنهار وبحيرات طبيعية أو إلى خزانات صناعية.

ويؤخذ الماء للأغراض المختلفة من الأنهار (التنظيفة) البحيرات والخزانات الصناعية. والبعض الآخر من الأمطار ينساب عبر الأرض حيث تمر بعد سقوطها على صخور ذات تركيبات كيميائية مختلفة إلى أن تصل إلى طبقات من الصخور

غير منفذة لها *Impermeable or water sealing layers* مثل الصخور الطفيلية أو الصلصالية *Clay*، حيث لا يمكن للمياه أن تتنفذ عبرها، حيث يضطر الماء إلى الانسياب أفقياً عبر طبقات الأرض.

ويعرف مستوى المياه بباطن الأرض بـ: *Water table* أو سطح المياه الجوفى، وهو يختلف من مكان لآخر، وقد يكون قريباً من سطح الأرض أو بعيداً عنها. وقد تخرج المياه الجوفية، أحياناً من باطن الأرض محملة ببعض الرمال أو الأتربة، وقد تنساب المياه الجوفية على شكل عيون *Springs*، أو ينابيع.

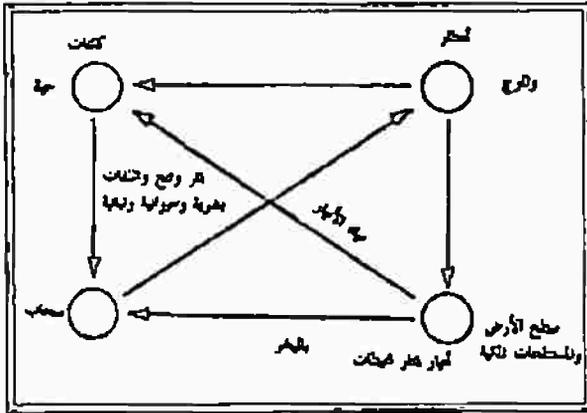
ويتم عمل حفر فى سطح الأرض للحصول على المياه؛ وعندما تكون هذه الحفرة ذات قطر كبير وليست بعمق كبير *Shallow* فإنه يطلق عليها بئر *Well*، أما إذا كانت هذه الحفر عميقة وتتم بالماكينات وضيقة *Narrower* فإنه يطلق عليها *Boreholes* "تقوب الحفر".

وعند سقوط الأمطار، تتحلل بعض الغازات مثل ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين وتصبح أحماضاً حيث تمتزج مياه الأمطار من المياه المالحة قرب البحار كما يختلط بالماء الأتربة والمواد المشعة، كذلك.

وتعتبر مياه الأمطار، جيدة لأغراض الغسيل إلا أنه ينقصها أملاح الكالسيوم والتي تعتبر مادة حيوية لصحة الإنسان ولذلك فهي ليست صالحة تماماً لأغراض الشرب.

وقد تسقط مياه الأمطار أو تمر بعد سقوطها على صخور أو تربة محتوية على كبريتات الكالسيوم حيث تصبح مياهها حمضية يمكنها أن تحلل الصخور المحتوية على كربونات الكالسيوم (طباشيرية وحجر الجير والرخام...)، وبذلك يتكون محلول الكالسيوم الكاربوهيدروجين وكل من هذد المواد تتحلل وتجعل الماء عسراً *Hard Water*.

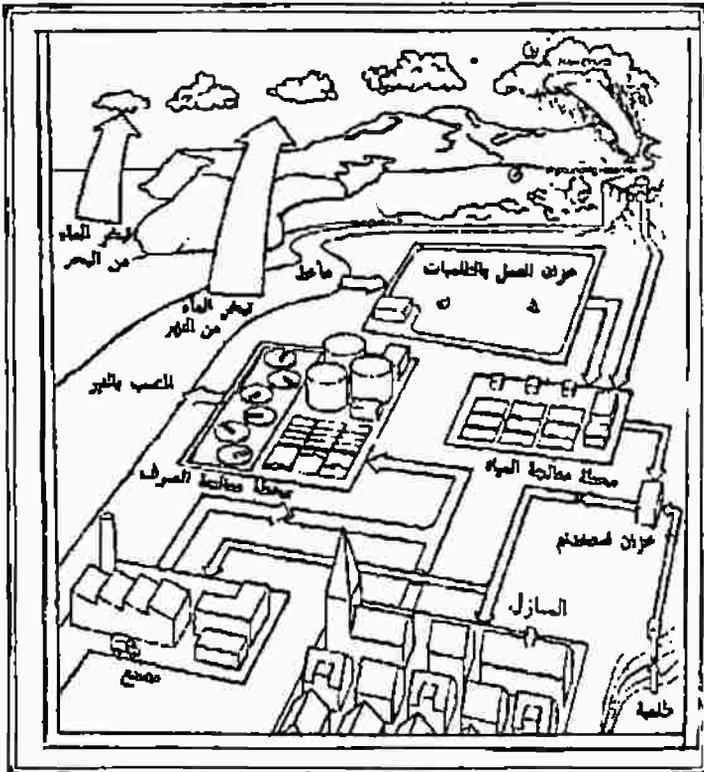
انظر الرسم شكل (١-١) وهو يوضح دورة مختصرة للماء فى الطبيعة



شكل (١-١)

دورة الماء في الكون *The Water Cycle*

كما يوضح شكل (٢-١) دورة للماء توضح مصادر وطرق معالجته وتنقيته بعد الاستخدام، وباختصار.



شكل (٢-١)

وعند اسءءءءام المياء بواءسطة الإءسان بقرض الشرب فإنه ببب ءءللهاء لمعرفة إن كان بها ببءرءاء أو مءكروباء لمعالءءها أولاً وكءلك ببب ضمان نقائها من مءلءاء مياء الصرء للزراءة ومياء المءارى.

وببب أن بكون ماء الشرب صافياً وعءيم الرائءة واللون وعاءة بكون عءيم الطعم كءلك. وأفضل مياء للشرب هى الءى ءكون نسبة مركبائ الكالسوم بها. لا ءءعى (٥٠-١٢٠) ببب فى المءون من كربوناء الكالسوم.

وفى ءزاناء المياء، ببب إءءافة نسبة صءفيرة من كبرءءاء النءاس *Copper Sulphate* وءلك للإقلل من الطءالب *Algae*. وفى مءطءاء المياء، فإنه بءم ءرك الماء فى الءزاناء، لءقرة، لءن ءرسب الشوائب الكبيرة، وءضائف بعض المواء مءل كبرءءاء الألومناءوم *Aluminium Sulphate*. اءباءا، للمساءة فى عملفاء ءءرسبب.

وءم ءنقىة المياء بءمرارها على طبقاء من الرمل والءصى لإزالة الببءرءاء والءزءباء الصءفيرة، وءلافه، بببما بءم ءعقبم المياء بءمرار الكلور بببب ءزبء عن ١٠ فى المءون لمءة ساءة وءلك لءلاءى انءشار بعض الأمراض مءل ءءفوء.

وفبما بلى موبز مءءصر لءورة المياء فى الطببعة.

- ءسقط الأمطار والءلوء فوق للبابسة من سطح الأرض وفوق المسطءاء المائبة من الأنهار والبءراء والبحار والمءببءاء.

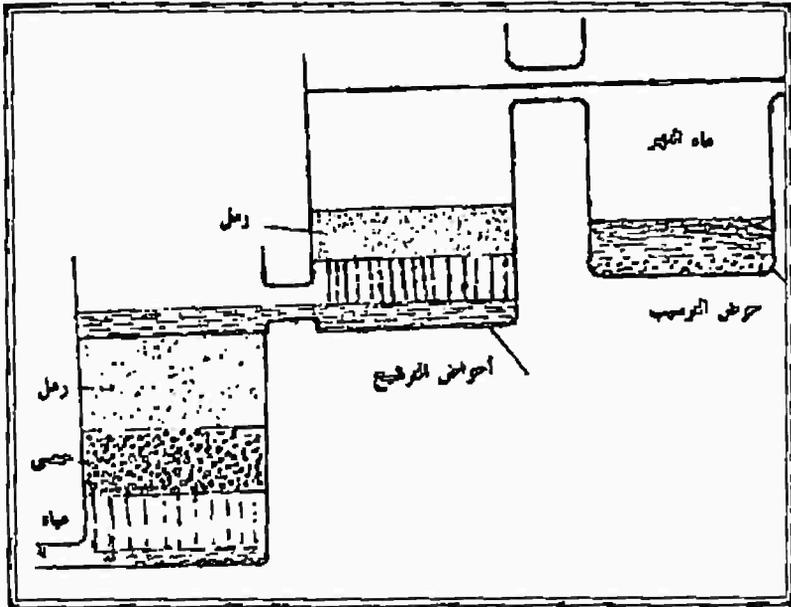
- بقوم كل من الإءسان والءبوان على ءء سواء بشرب واسءءءءام للمياء من المواء المائبة المءوفرة، لأءاء الوظائف الءببببة لكل منهما ولمءءءل مظاهر الءبببب الأءرى للإءسان.

- بءرج الماء الزاءء سواء من الإءسان واسءءءاماءه أو من الءبوان فى صوءة صرف صءى ومءلءاء صناعبب وزراءببب وعرق وبول وءبره ءءبءر.

- بقوم النببب كءلك بعملببب امءصاص للمياء الموءوءة بالءربة وبءرج الماء الزاءء عن ءاببب النببب فى أثناء عملبببب النءء.

- تتبخر المياه من المسطحات المائية المختلفة تحت تأثير أشعة الشمس والرياح حيث ترتفع كبخار ماء يتكاثف بفعل برودة الجو مكونا الضباب والسحب.
- تسقط السحب على هيئة أمطار في البلاد الدافئة وعلى هيئة جليد في البلاد الباردة حيث تتكرر الدورة بانتظام وأي خلل بها يؤدي إلى اختلال في توازن البيئة، مما يؤدي إلى موت الكائنات الحية. ويكون الخلل عادة من صنع الإنسان بعلم أو بجهل منه ونادرا ما يكون بفعل الطبيعة كالكوارث وغيرها.

ويوضح الرسم (شكل ٣-١)، رسماً تخطيطياً لعملية معالجة مياه أحد الأنهار بغرض الشرب.



شكل (٣-١)

تنقية مياه النهر للشرب

### (٣-١) معالجة المياه بغرض الشرب *Treatment of Tap Water*

يعتبر الماء الذي يؤخذ من الأنهار والبحيرات والخزانات أو من تحت الأرض غير نقي، ويجب معالجته قبل استخدامه كماء في مياه الصنابير بالمنازل والأماكن العامة.

وعموماً فإنه يجب معالجة النقاط التالية:

- ١- اللون: وذلك ناتج من تحلل المواد العضوية مثل الطحالب.
- ٢- المواد المعلقة *Suspended Matter*: سواء معدنية أو نباتية.
- ٣- التعتيم - الاكفهرار *Cloudiness*: من المواد المعدنية الدقيقة مثل الطفل.
- ٤- الجراثيم والبكتريا *Harmful Germs and Bacteria*.
- ٥- عسر الماء *Hardness*.
- ٦- الطعم والرائحة *Taste and Odour*: والناشئة من التلوث بمياه المجارى والنباتات والحيوانات المتحللة ونقص الأوكسجين فى الماء.

وتستخدم عدة طرق فى تنقية الماء تتوقف على نوعية الشوائب بها وتشمل هذه الطرق:

أ - تخزين المياه فى بحيرات أو خزانات حيث ترسب المواد المعلقة إلى القاع كما وتموت البكتريا الضارة. بواسطة أشعة الشمس ويتم تقليل التلوث بالتعرض لأوكسجين الهواء.

ب- تؤدي عملية تغفل الهواء فى الماء إلى إزالة الروائح وإلى أكسدة الأملاح المعدنية مما يسهل من عملية إزالتها.

ج- الترسيب، بإضافة مواد كيميائية مثل الشبه *Alum Hydroxide* أو ثاتى كبريتات الحديدوز *Iron (II) Sulphate* والتي تؤدي إلى ترسيب الأملاح المعدنية.

د - الترشيح، باستخدامه يمكن إزالة الرواسب ومثلما يتم استخدام ورق الترشيح فى المعمل، فإنه يتم استخدام الرمال كمرشح جيد.

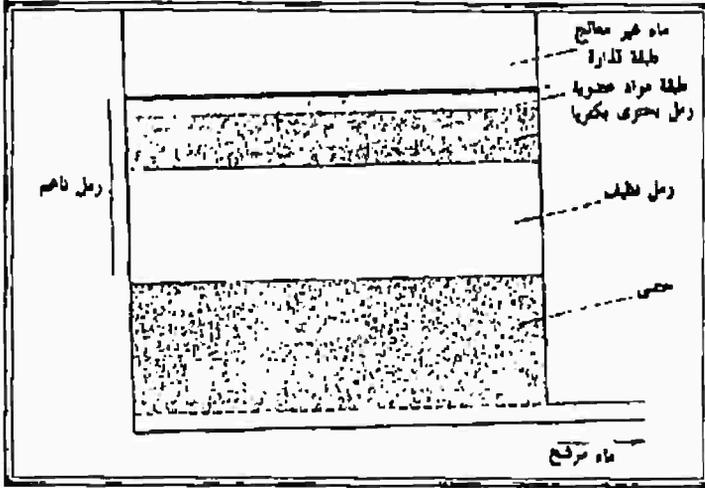
هـ- التطهير وإبادة الجراثيم *Disinfection* وهى آخر مرحلة، لقتل كل البكتريا الضارة وذلك بإمرار غاز الكلور خلال المياه وتسمى هذه العملية بعملية المعالجة بالكلور *Chlorination*

وفى نهاية العملية الأخيرة فإن الماء يصبح فى صورة آمنة ومناسب للاستخدام فى الأغراض المنزلية، حيث يجب أن يكون رائقاً ونقياً وعتديم اللون والطعم والرائحة ولا يجب أن يحتوى على أى بكتريا ضارة. أو أملاح معدنية.

ومهما كان الحال فإن هذا الماء يظل غير نقي *Not Pure* حيث يبقى محتفظاً ببعض المواد الصلبة المذابة والغازات المذابة.

انظر الرسم شكل (٤-١) وهو يوضح عملية تنقية للمياه باستخدام الرمل

والحصى *Sand-gravel*.



شكل (٤-١)

### [٤-١] معالجة مياه المجارى *Treatment of Sewage*

يلزم تنقية مياه الصرف المنزلى ومياه الأمطار بالشوارع قبل العمل على إعادتها إلى مجارى الأنهار مرة ثانية. وتكون تنقية مياه الصرف، عادة على ثلاث مراحل:

#### ١- إزالة الرواسب الصلبة *Removal of Solids*

حيث تمر هذه المياه عبر شبكات معدنية لإزالة الأجسام الخشنة وقطع الأخشاب... وخلافه والتي تعمل على سد المواسير ثم يتم إمرار المخلفات الغليظة عبر مجار ضخمة حيث تزال الرمال والأقذار (الخشنة)، ويطلق عليها *Sludge* أى الوحل أو الأوساخ.

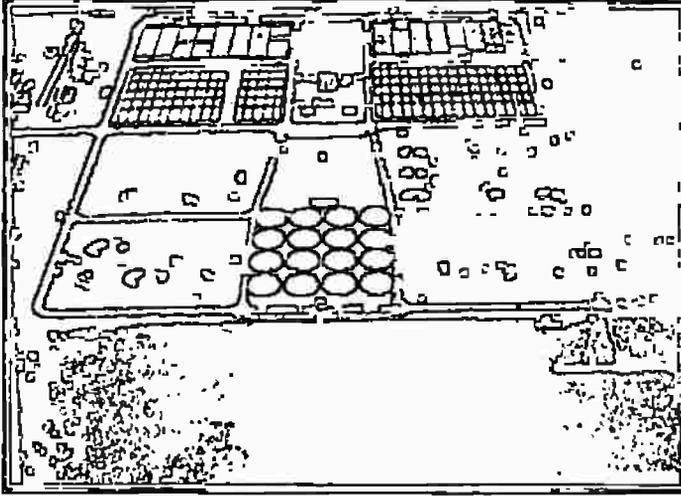
#### ٢- إزالة الفضلات العضوية *Removing Organic Waste*

ويتم إزالتها باستخدام البكتريا *Bacteria* وذلك بإمرارها عبر طبقة من الحصى ببطء، حيث تعمل البكتريا المتوفرة فى هذا الوسط وفى طبقة الحصى

وبمساعدة الهواء الجوى المحتوى على الأوكسجين على التكاثر بسرعة وعلى التغذى على المواد العضوية.

### ٣- إزالة النترات والفوسفات *Removing Nitrates and Phosphates*

يؤدى وجودها إلى الإضرار بمياه الأنهار ولذلك يجب إزالتها قبل ضخ المياه المعالجة إلى مجارى الأنهار.  
انظر الرسم شكل (٥-١).



شكل (٥-١)

### (٥-١) الماء العسر والماء اليسر *Hard and Soft Water*

تختلف المياه التى نحصل عليها من صنوبر المياه، من منطقة لأخرى، ويتوقف هذا الاختلاف على نوعية التراب والأرض التى نحصل منها على منبع المياه.

وتوضح التجارب أن عسر الماء ينشأ من ذوبان مركبات الكالسيوم او المغنسيوم، ويمكن عمل التجربة التالية لبيان ذلك:

- نقوم بإحضار حجوم متساوية من مواد كيميائية مختلفة (مبينة بالجدول). وذلك باستخدام أنابيب اختبار لكل منها لقياس الحجم.

- ثم نضيف حجماً متساوياً من محلول الصايون لكل أنبوبة ونقوم برفع كل أنبوبة اختبار. ثم يتم قياس ارتفاع الرغوة فى كل أنبوبة.

ويوضح الجدول التالي نتائج هذه التجربة جدول (١-١).

جدول (١-١)

نتائج احدى التجارب لمعرفة العوامل المؤدية لعسر الماء

هل تتكون رواسب أو ترسب	ارتفاع الرغوة مم	محلول من
لا	٢٥	كبريتات الصوديوم
نعم	٢	كبريتات المغنسيوم
نعم	١	كلوريد الكالسيوم
لا	٣٠	كلوريد اليوتاسيوم
لا	٢٨	نترات الصوديوم
نعم	٢	نترات المغنسيوم
لا	٢	نترات الكالسيوم

والماء العسر هو الذي لا يرغى سريعاً مع الصابون، والمياه كلها يمكنها أن ترغى مع الصابون إذا استخدمنا كميات وفيرة من الصابون وتزيد كمية الصابون المستخدمة مع الماء العسر.

وهناك فرق كبير بين المياه النقية (المقطرة) والتي تحتاج إلى بضعة قطرات فقط من محلول الصابون لإعطاء رغوة دائمة (فقاعات صابونية بوفرة على راحة اليد)، وبين الماء العسر الذي يحتاج إلى مزيد من الصابون لإظهار رغوة وفيرة.

ويطلق على الماء النقي بالماء اليسر (*Pur Water = Soft Water*) والصابون هو ملح الصوديوم لحمض عضوي (حامض الاستياريك *Stearic acid C<sub>17</sub>H<sub>35</sub> COO.Na*، فعند إضافة الصابون إلى الماء العسر فإنه تتكون املاح الكالسيوم لهذا الحامض والتي لا تذوب في الماء، حيث يتكون ريم *Scum* والذي يعتبر بمثابة فقد في مادة الصابون، ويترك علامات على الملابس عند غسلها.

وهناك نوعان من أنواع عسر الماء، وهما:

- العسر المؤقت - العسر الدائم

١- العسر المؤقت *Temporary Hardness*: وهو ينشأ من وجود الكالسيوم الكاربوهيدروجيني وعند إلى هذا الماء للمحتوى على هذه المادة فإن الكالسيوم الكاربوهيدروجيني يتحلل إلى كربونات كالسيوم والتي ترسب مكونة ما يشبه الصدا على جدران الأوعية والمواسير.

٢- العسر الدائم: وهو ينشأ من وجود كبريتات الكالسيوم وكبريتات المغنسيوم، وهو عسر دائم لأنه لايزول بعملية الغليان لهذا الماء.

[١-٦] كيفية تكون الماء العسر:

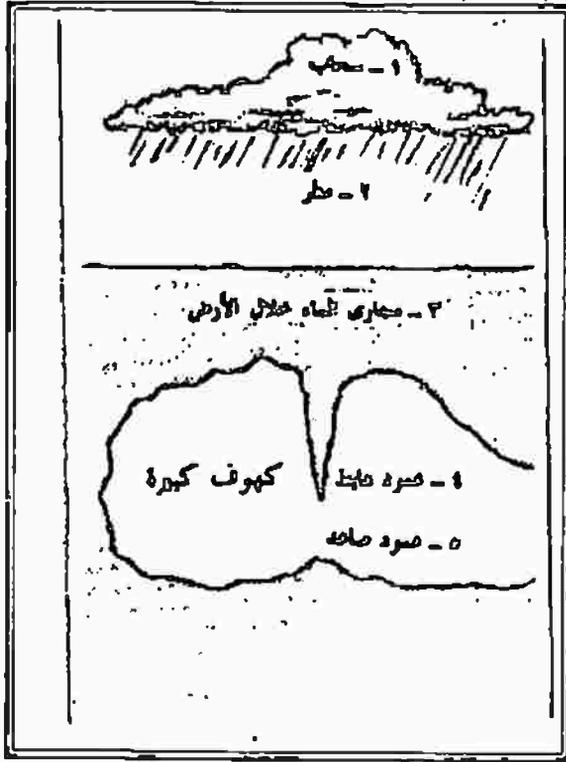
تحتوى مياه الأمطار على بعض من ثانى أكسيد الكربون المذاب والذي يكون حامض الكربونيك والذي بدوره يؤدي إلى تحويل المياه إلى شبه حمضية (غير متعادلة).

ولا يوجد بمياه الأمطار أى من مركبات الكالسيوم أو المغنسيوم وبذلك فإن يمكن اعتبار مياه الأمطار نقية (ماء يسراً)، وعندما تسرى المياه فى تربة الأرض فإنها تعمل على إذابة أى صخور تقبل الذوبان فى طريقها.

وأهم هذه الصخور التى تذوب فى المياه هى كبريتات الكالسيوم المائنية *Gypsum* (أو الجبس - الجص) وكذلك الحجر الجيري *Limestone* أو الطباشير *Chalk* أى كربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم قليلة الذوبان بدرجة كبيرة. بينما كربونات الكالسيوم لا تذوب فى الماء النقى (اليسر) إلا أنها تذوب فى مياه الأمطار النقية وذلك لوجود حمض الكربونيك وبذلك يتكون الكالسيوم الكاربوهيدروجيني غير المستقر.

وفى بعض المناطق ذات التربة الجيرية، فإن تحلل التربة، قد يؤدي إلى تكون مغارات وكهوف كبيرة تحت الأرض *Caverns* وفى هذه المغارات فإن الماء العسر للمحتوى على الكالسيوم الكاربوهيدروجيني والذي يتقطر من سقفها، يمكنه أن يكون أعمدة هابطة من ترسبات كربونات الكالسيوم *Stalactites*، أو أعمدة صاعدة من ترسبات كربونات الكالسيوم *Stalugmites*.

انظر الرسم شكل (٦-١)، (٧-١).



شكل (٦-١)



شكل (٧-١)

## (٧-١) مميزات وعيوب الماء العسر:

يؤدى الماء العسر إلى زيادة استهلاك كميات الصابون والمواد المنظفة الأخرى، ويؤدى تسخين هذا الماء إلى ترسب كربونات الكالسيوم حيث تتكون طبقة كلسية على جدران أوعية غلى الماء وكذلك تكون قشور على الجدران الداخلية للمواسير وبالرادياتيرات فى السيارات ذات التبريد المائى مما يؤدى إلى الإقلال من كفاءة هذه الأجهزة سواء فى التسخين أو فى التبريد.

ف عند استخدام أوعية غلى الماء ذات الترسبات الكلسية فإن عملية غلى الماء تطول نسبياً وذلك لطول مسار الحرارة عبر معدن الوعاء وعبر الطبقة الكلسية حتى تصل إلى الماء المراد غليه؛ كما أن زيادة الرواسب الكلسية والقشور على المواسير يؤدى إلى إعاقه سريان المياد واحتمال انسدادها.

وللماء العسر طعم أفضل من طعم الماء اليسر كما أن هذا الماء يوفر مركبات الكالسيوم التى يحتاجها الإنسان لبناء الأسنان والعظام، وبالإضافة لذلك فإنه تبين أن أولئك الذين يعيشون فى مناطق بها ماء عسر يعانون أقل من غيرهم من نوبات القلب.

كما يستخدم الماء العسر فى عمليات تخمير البيرة (وهى من الخمور).

وتحتوى شبكات المياه إلى المنازل فى بعض مراحلها على أنابيب رصاصية حيث يؤدى الماء العسر إلى تحلل الأنابيب الرصاصية من الداخل ويؤدى هذا إلى أضرار صحية بالمناطق المتوفرة بها مياد يسر.

## (٨-١) طرق معالجة الماء العسر إلى ماء يسر:

تنحصر عملية معالجة الماء العسر لتحويله إلى ماء يسر. فى إزالة مركبات كل من الكالسيوم والمغنسيوم منه. والماء الناتج من هذه العملية يؤدى إلى رغوة وفيرة مع قليل من الصابون.

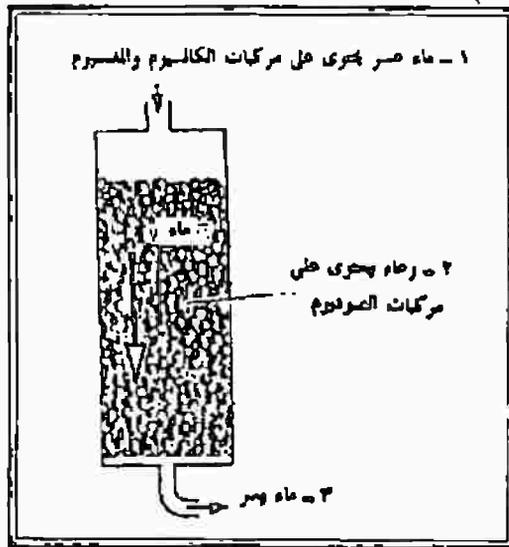
ويمكن معالجة العسر باستخدام التقطير *Distillation* للمياد وهى عملية مكلفة وتعتمد على توفير مصادر للطاقة، خاصة عند تقطير الكميات الكبيرة منها.

وفى بعض الأماكن فإنه لاغنى عن عملية التقطير، وكذلك يتم ذلك للعسر المؤقت بقلى الماء ثم ترشيحه للتخلص من كربونات الكالسيوم العالقة.

وهناك طريقة تستخدم أحياناً فى حالة الكميات الكبيرة وذلك بإضافة هيدروكسيد الكالسيوم (طريقة كلارك *Clark's Method*) إلا أنه يلزم أن تتم عمليات الإضافة بحرص وبدقة حيث أن الزيادة فى كمية الماء المضافة تؤدي إلى رجوع الماء إلى عسره.

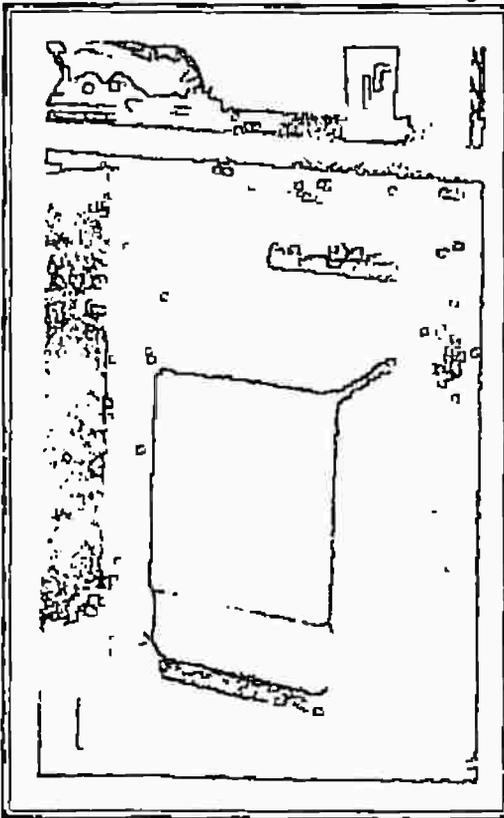
كما أنه يمكن بإضافة مواد كيميائية خاصة أن نزيل عسر الماء ويطلق على هذه المواد بمواد إزالة العسر *Softening agents*، مثل بللورات من كربونات الصوديوم (صودا الغسيل "١٠" *Washing Soda*) وميتافوسفات الصوديوم *Sodium Metaphosphate*، حيث تتفاعل هذه المواد مع كل من الكالسيوم والمغنسيوم بالماء العسر مكونة رواسب تقبل الذوبان.

ومن أكثر الطرق أهمية فى إزالة عسر الماء باستخدام ما يعرف بالمبادل الأيونى *Ion Exchange Column* فى جهاز معالجة الماء العسر. انظر الرسم شكل (٨-١)، (٩-١).



شكل (٨-١)

ويحتوى المبادل الأيونى على راتينج خاص *Resin* يحتوى على مزيد من مركبات الصوديوم، فعند سريان الماء فى عمود المبادل الأيونى فإن الصوديوم يحل محل كل من مركبات الكالسيوم والمغنسيوم فى الماء العسر، والماء الخارج يصبح يسرا لعدم احتوائه على أى من مركبات الكالسيوم أو المغنسيوم، ويتم إضافة ملح الطعام من فترة لآخرى وذلك لسد النقص أو إشباع مركبات الصوديوم. ومحليات المياه هذه ذات أهمية كبيرة فى المصانع والمعامل والمنازل والمناطق التى تتميز بعسر مياهها، ويجب ألا تحتوى شبكات الأنابيب المنزلية وبالغنادق على محليات مياه، وماء البحر بالطبع يعتبر ماء عسراً لاحتوائه على كثير من الأملاح ومن أهمها كلوريد الصوديوم مما يؤدي لعدم تكوين رغوة عند استخدام ماء البحر مع الصابون أو المنظفات الأخرى.



شكل (١-٩)

## [١-٩] الخواص الفيزيائية والكيميائية للماء:

حيث أن الماء هو المادة الوحيدة تقريباً والشائعة الاستخدام والمتوفرة في كل مكان، لذلك تؤخذ الخواص الفيزيائية للماء كمقياس *Standard*.

وفيما يلي بعض الخواص الفيزيائية الهامة للماء والتي يمكن الاسترشاد بها عند التفريق بين الماء النقي والمحاليل والسوائل النقية الأخرى.

فالماء النقي سائل شفاف، عديم اللون وتزداد كثافة الماء عند انتقاله من حالة صلبة إلى سائلة وذلك بخلاف جميع المواد الأخرى تقريباً، والتي تقل كثافتها في هذه الحالة، كما تزداد كثافة الماء عند تسخينه من درجة صفر إلى درجة  $4^{\circ}\text{C}$  حيث تبلغ الكثافة عند هذه الدرجة قيمة عظمى، ثم تقل الكثافة إذا استمر التسخين بعد ذلك.

أما إذا تغيرت كثافة الماء، كما تتغير عند معظم المواد الأخرى أثناء انخفاض درجة حرارتها والانتقال من حالة سائلة إلى صلبة. لأدى ذلك إلى انخفاض درجة حرارة الطبقات السطحية في المياه مع حلول فصل الشتاء في البلاد الباردة إلى درجة صفر مئوية.

ولهبطت إلى القاع لتحل محلها الطبقات الأكثر دفئاً من أسفلها ولاستمرت هذه العملية حتى تصبح درجة حرارة طبقات الماء كلها مساوية للصفر ولبدأ الماء بعد ذلك في التجميد وهبطت قطع الجليد إلى القاع. وبذلك يتجمد الماء كله وتصبح الحياة غير ممكنة، ولكن حيث أن أعلى كثافة للماء تكون عند درجة  $4^{\circ}\text{C}$  لذلك فإن انتقال الطبقات الناشئ عن التبريد، يتوقف عند بلوغ هذه الدرجة.

وفي حالة استمرار درجة الحرارة بالانخفاض بعد ذلك، تبقى الطبقة المبردة التي تتمتع بكثافة أقل على سطح الماء حيث تتجمد. وبالتالي فإنها تحمي الطبقات التي تحتها من التجمد فيما بعد والماء الخالص يتجمد عند صفر  $^{\circ}\text{C}$  وكذلك ينصهر الثلج عند صفر  $^{\circ}\text{C}$  فإذا كانت هناك شوائب بالماء مثل كلوريد الصوديوم وذائبة فيه، فإن درجة تجمد الماء تنخفض إلى ما تحت الصفر.

ولهذا يوضع ملح الطعام على الطرق المغطاة بالثلوج للمساعدة على إذابته وعدم تجمده مرة ثانية. وعادة يكون سطح الثلج مغطى بطبقة رقيقة من المياه، وتؤدي الحرارة المتولدة من الأقدام أثناء السير وفي إطارات السيارات على سطح الثلج إلى إذابة المزيد منه. وتؤدي هذه المياه المنصهرة إلى إذابة الأملاح، وينشأ محلول من ملح الطعام والماء، لا يتجمد إلا عند درجات حرارة منخفضة جداً، وكلما زادت كمية ملح الطعام المذابة، كلما انخفضت درجة تجمد المحلول.

وهناك خاصية أخرى للماء ذات أهمية كبرى في الحياة وهي أنه يتمتع بسعة حرارية كبيرة (٤.١٨ جول/جرام. درجة مطلقاً). ويؤدي هذا إلى أن يبرد الماء ببطء أثناء الليل وأثناء الانتقال من الصيف إلى الشتاء. وكذلك يسخن الماء ببطء أثناء النهار وأثناء الانتقال من الشتاء إلى الصيف.

وبذلك فإن الماء يعمل كمعادل حراري لسطح الكرة الأرضية (بل وباطنهما كذلك). وتستخدم سوائل منع التجمد *Anti- Freezing Solutions* فهي تمنع تجميد مياه دورة تبريد محركات الاحتراق الداخلي بالريدياتور، وتستخدم كذلك في أغراض كثيرة وفي محركات الطائرات، والمادة الأساسية به هي جليكول الإثيلين *Ethylene Glycol*.

ومن الخواص الفيزيائية للماء، غليانه عند درجة ١٠٠°م، عندما يكون موضوعاً تحت تأثير الضغط الجوي العادي، ويحدث بخار الماء من سطح بركة مياه مثلاً عند كل درجات الحرارة. إلا أنه كلما زادت درجة الحرارة كلما زاد احتمال حدوث البخر.

ويغلي الماء عندما يكون ضغط بخاره مساوياً للضغط الخارجي ويزيادة الضغط على سطح الماء، فإن الماء يغلي عند درجات حرارة أعلى من ١٠٠°م. وبذلك فإن الماء الموضوع في ثدور الطهي الكاتمة (البريستو)، يغلي عند درجة ١٢٠°م عند تعرض ما به لضغط ناشئ من كتّم البخار يعادل ٢ جوى (٢.٠٦٦ كجم/سم<sup>٢</sup>).

ويغلي الماء في ردياتير السيارة (لوجود عيب فني ما) عند درجة حوالي ١٠٠°م تقريباً وذلك لوجود صمام الضغط بغطاء الردياتير في حين أن الماء يغلي

عند درجة حرارة أقل من  $100^{\circ}\text{C}$  عند الضغوط المنخفضة عن  $1$  جوى كما فى المناطق الجبلية العالية، فمثلاً يغلى الماء عند قمة جبل إفرست ( $8800$  متر فوق سطح البحر) عند درجة حرارة  $72^{\circ}\text{C}$ .

ويؤدى وجود الشوائب فى الماء إلى رفع درجة الغليان، فوجود ملح الطعام بالماء، يؤدى لرفع درجة الغليان فوق  $100^{\circ}\text{C}$ ، وكلما زادت كمية الملح، كلما ارتفعت درجة الغليان ويتوقف هذا على مدى ذوبان الملح بالماء وتثبع الماء به.

وعسوماً فإن معظم المواد تكون ذات كثافة أكبر عندما تكون فى صورتها الفيزيائية الصلبة عن سوائها، إلا أن الثلج وهو الصورة الصلبة للماء يكون أقل كثافة من الماء، ولذلك يطفو الثلج فوق سطح الماء، وكذلك تقل كثافة السوائل كلما ارتفعت درجة حرارتها عادة، إلا أن كثافة الماء تزيد بارتفاع درجة حرارة (فوق درجة الانصهار بقليل) ثم تقل بعد ذلك.

تبلغ كثافة الثلج  $0.9$  جم/سم<sup>3</sup> عند درجة الصفر المئوى، وتبلغ كثافة الماء النقى  $1$  جم/سم<sup>3</sup> عند درجة حرارة  $4^{\circ}\text{C}$ . وتتفاعل المواد المختلفة مع الماء فى صورده المختلفة (ماء - بخار - رطوبة - ندى) بدرجات متفاوتة، وبعضها بطى التفاعل مثل الحديد والنحاس والرصاص ولذلك تستخدم هذه الخاصية فى صنع بعض مواسير المياه من الرصاص.

ويتفاعل الحديد مع الماء المحتوى على هواء مكوناً صدأ الحديد ويذوب الرصاص فى الماء غير النقى ويصبح ساماً.

ولأجل هذه العيوب بدأ منذ فترة ليست بالقريبة فى استخدام البوليثلين *Polythene* وهو من صور البلاستيك ويتفاعل الماء مع أكاسيد بعض المعادن حيث تحصل على هيدروكسيد هذه المعادن فمثلاً يتفاعل أكسيد الكالسيوم بشدة مع الماء حيث يعطى هيدروكسيد الكالسيوم، ويذيب الماء ثاتى أكسيد الكربون ويعرف المحلول الناتج بحامض الكربونيك *Carbonic Acid* وهو أحد الأحماض الموجودة فى المياه المعدنية.

[١٠-١] اختبار وجود الماء :

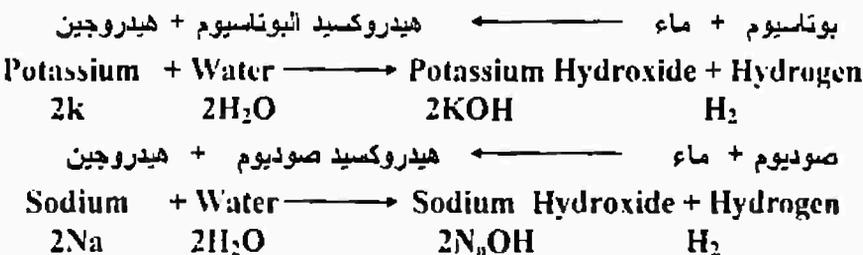
الماء سائل عديم اللون والرائحة وهو سائل متعادل *Neutral Liquid*، أى أن  $PH = 7$  تماماً. وبالطبع فهناك سوائل أخرى عديمة اللون والرائحة متعادلة أيضاً أى أن  $PH = 7$  تماماً، وتتكون ثانى كبريتات النحاس اللامانية *Anhydrous Copper (II) Sulphate* فى صورة مسحوق أبيض، عند تسخين بللورات من ثانى كبريتات النحاس الزرقاء *Blue Copper (II) Sulphate*، وعند إضافة سائل يحتوى على الماء إلى ثانى كبريتات النحاس اللامانية فإن المسحوق يتحول إلى لون أزرق ويصبح ساخناً.

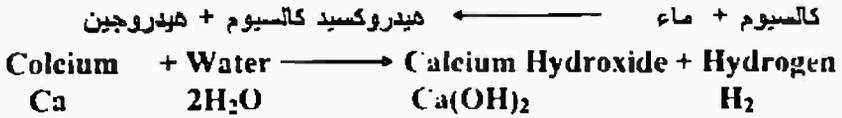
وأيضاً، فإن ورقة من ثانى كلوريد الكوبالت *Cobalt (II) Chloride* وهى عبارة عن ورقة ترشيح مغموسة فى محلول من ثانى كلوريد الكوبالت ثم يتم تجفيفها وتكون ذات لون أزرق فاتح (باهت) *Pale Blue Colour*، فعند غمس ورقة ثانى كلوريد الكوبالت فى الماء أو فى سائل يحتوى على الماء فإن الورقة تتحول إلى لون قرنفلى (أحمر وردى).

إلا أن أنسب طريقة للكشف عن وجود الماء النقى هو تحديد نقطة الانصهار ونقطة الغليان باختبارات مناسبة، فالماء النقى يغلى عند درجة  $100^{\circ}C$  (عند الضغط الجوى العادى) ويتجمد الماء النقى عند صفر  $0^{\circ}C$  مئوية.

[١١-١] تفاعل المعادن (الفلزات) مع الماء:

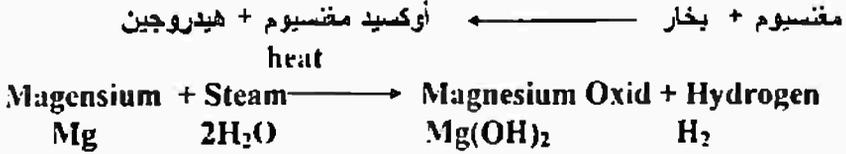
تعرضنا فى الجزء الثانى من هذا الفصل إلى تفاعل الفلزات مع الماء، فكل من البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم يتفاعل بسهولة وسرعة مع الماء البارد حيث ينتج محلول قلوى *Alkali Solution* وكذلك غاز الهيدروجين:





ويتفاعل المغنسيوم بصعوبة مع الماء البارد إلا أنه يتفاعل سريعاً مع

البخار *Steam*



### (١٢-١) التحليل الكهربى للماء *Electrolysis of Water*

يعتبر الماء النقى غير موصل للكهرباء أو يعتبر محلولاً لا إلكتروليتيًا ويمكن تحليل الماء إلى مكوناته باستخدام الكهرباء فيما يسمى بعملية التحليل *Electrolysis*، حيث يتحلل الماء إلى مكوناته الأصلية ويقال حينئذ أنه تحلل كهربياً. حيث ينشأ حجمان من الهيدروجين لكل حجم واحد من الأوكسجين.

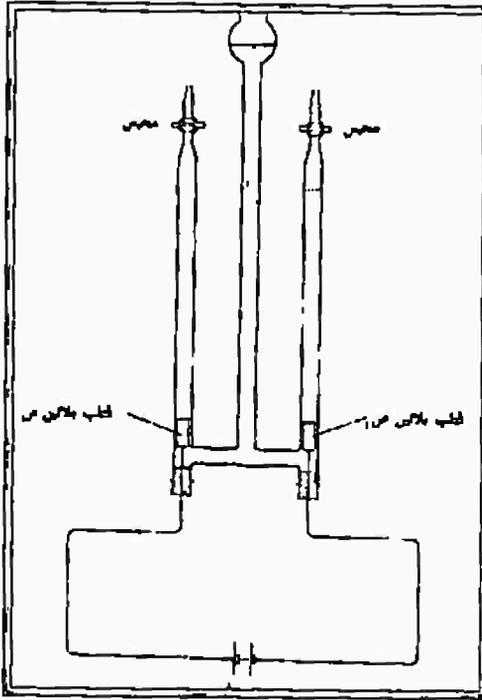
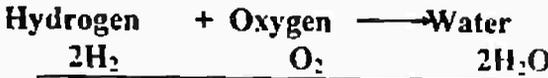
والماء النقى تماماً، لا يوصل الكهرباء، كما ذكرنا، بطريقة جيدة إلا أنه يتم عادة إضافة كمية صغيرة من حمض الكبريتيك المخفف إلى الماء قبل التحليل وهذا بالإضافة لا تؤثر على النواتج إلا أنها تساعد على الإسراع بعملية التحليل الكهربى. وإذا ما أضفنا هيدروكسيد الصوديوم أو هيدروكسيد الكالمسيوم للماء وفما بالتحليل فإنه ينشأ لنا هيدروجين وأوكسجين (مرّة ثانية)، كما وأن إضافة أى من كبريتات الصوديوم أو كبريتات المغنسيوم فى صورة بللورية وبكمية صغيرة. للماء، تؤدى إلى تكون الهيدروجين وكذلك الأوكسجين.

وفى شكل (١-١٠) يوضح جهاز يعرف بـ (فولتمتر هوفمان) *Hofmann's Voltmeter* يستخدم فى التحليل الكهربى للماء (الحمضى) *Acidified Water*، حيث يتكون غاز عديم اللون عند الإلكترود الموجب (الأنود). كما يتكون غاز آخر (مختلف) عديم اللون كذلك عند الإلكترود السالب (الكاثود). ويتم تجميع هذين للغازين فى الأنبوب الرأسية.

[١٣-١] تركيب الماء:

يتكون الماء كمنتج في كثير من التفاعلات الكيميائية وعند اشتعال الهيدروجين في الأوكسجين (أو الهواء) فإنه ينتج الماء.

هيدروجين + أوكسجين ← ماء



شكل (١-١٠)

ويلاحظ أن هذا التفاعل قد يكون خطراً جداً وذلك لأن خليط الهيدروجين والهواء يمكن أن ينفجر.

[١٤-١] الذوبانية ومخففات الذوبانية

*Solubility and Solubility Curves*

الذوبانية هي قدرة المادة على الذوبان في هذا المذيب أو ذاك، ويعتبر الماء مذيباً جيداً لكثير من المواد المذابة وهي مقدار كمي حيث تقاس ذوبانية المادة في الشروط المعطاه بتركيز المحلول المشبع لهذه المادة، ولهذا يمكن التعبير عددياً عن الذوبانية بنفس طرق التعبير عن التركيز، كالنسبة المئوية لكتلة المادة المذابة إلى كتلة المحلول المشبع. أو بعدد "مولات" - جزئيات المادة المذابة في لتر من المحلول المشبع.

وعادة يعبر عنها بمقدار كتلة المذاب التي تتحلل في كمية محددة من كتلة المذيب وهو عادة الماء. وتختلف ذوبانية المواد في الماء اختلافاً كبيراً. حيث تعتبر المادة جيدة الذوبان عندما يذوب منها أكثر من ١٠ جرامات في ١٠٠ جرام من الماء. وتعتبر ضعيفة الذوبان عندما يذوب منها أقل من جرام واحد، وتعتبر المادة غير ذوبانية عملياً إذا كان ما يذوب منها أقل من (٠.٠٠١) جم وتتنغير الذوبانية مع درجة الحرارة.

وتعرف ذوبانية المذاب (س) في الماء، بأقصى كتلة من المذاب (س) بالجرامات، التي تذوب في ١٠٠ جم من الماء عند درجة حرارة معينة.

[١٥-١] ذوبانية كلوريد الصوديوم في درجة حرارة الغرفة:

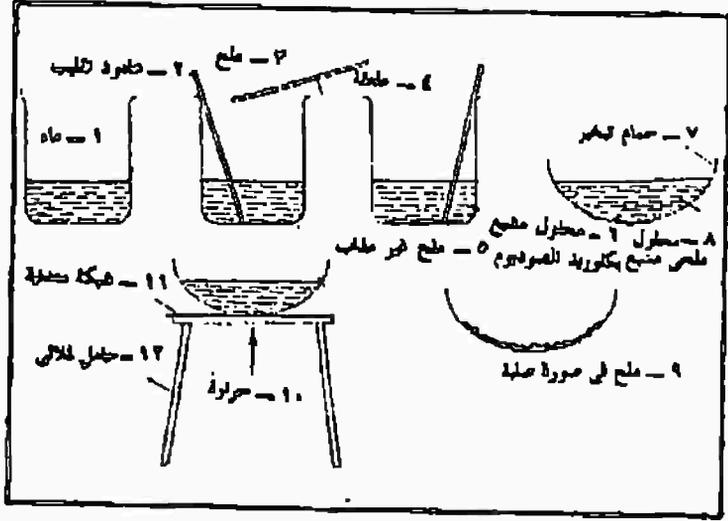
نحضر كأساً ونملأه إلى المنتصف بالماء في درجة حرارة الغرفة، ثم يضاف الملح كلوريد الصوديوم إلى الماء بكميات صغيرة المرة تلو المرة، وبعد كل إضافة للملح، يتم تقليب المحلول.

ويتم إضافة الملح إلى حد تشبع المحلول، أي استحالة ذوبان المزيد منه في الماء تحت هذه الظروف، ويتبقى جزء قليل بقاع الكأس غير مذاب ويطلق على المحلول في هذه الحالة بأنه محلول مشبع *Saturated Solution*.

ثم نحضر بودقة جافة ونزنها فارغة ثم نصب بها بعضاً من المحلول الملحي المشبع (بدون بللورات ملحية)، ويعاد وزن البوتقة ثانية، ثم يتم تبخير

المحلول بتسخين البوتقة إلى أن يتبخّر تماماً المحلول الملحي ثم ننتظر إلى أن تبرد ويعاد وزنها ثانية.

انظر شكل (١١-١)



شكل (١١-١)

وفيما يلي نسب ومقادير وأوزان أحد هذه التجارب:

- ١ - كتلة البوتقة = ٦٠,٧٠ جرام.
- ٢ - كتلة البوتقة + محلول كلوريد الصوديوم = ١٤٠,٧٠ جرام.
- ٣ - كتلة البوتقة، كلوريد الصوديوم = ٨٤,٧٠ جرام.

من هذه النتائج نصل إلى:

كتلة محلول الصوديوم =

$$(٢) - (١) = ١٤٠,٧٠ - ٦٠,٧٠ = ٨٠ \text{ جرام}$$

كتلة كلوريد الصوديوم =

$$(٣) - (١) = ٨٤,٧٠ - ٦٠,٧٠ = ٢٤ \text{ جرام}$$

كتلة الماء في المحلول =

$$(٢) - (٣) = ١٤٠,٧٠ - ٨٤,٧٠ = ٥٦ \text{ جرام}$$

أى أن ٢٤ جرام من كلوريد الصوديوم تذوب في ٥٦ جرام من الماء عند درجة حرارة الغرفة.

١٠٠ × ١٠٠ جرام من كلوريد الصوديوم تذوب في ١٠٠ جرام في الماء في درجة حرارة الغرفة.

أى أن ذوبانية كلوريد الصوديوم في درجة حرارة الغرفة = ٤٢.٨٥ جرام لكل ١٠٠ جرام من الماء.

ويمكن تكرار التجربة بتحضير محاليل مشبعة من كلوريد الصوديوم عند درجات حرارة مختلفة ثم تجرى عملية التبخير كما سبق. وبذلك يمكننا أن نحصل على ذوبانية كلوريد الصوديوم عند درجات الحرارة المختلفة.

### [١٦-١] ذوبانية كلورات البوتاسيوم عند مختلف درجات الحرارة:

يتم وزن كمية من كلورات البوتاسيوم وتوضع في أنبوبة اختبار جافة، ثم تضاف كمية من الماء معلوم حجمها لأنبوبة الاختبار، ثم تسخن أنبوبة الاختبار إلى أن تذوب كل كلورات البوتاسيوم، ثم تترك الأنبوبة إلى أن تبرد مع تقليب مستمر للمحلول باستخدام ترمومتر. ثم نسجل درجة الحرارة في الترمومتر، عند أول بادرة لظهور بللورات بالمحلول.

ثم نضيف كمية أخرى من الماء معلوم حجمها لأنبوبة الاختبار ويعاد تسخين الأنبوبة ثم تترك لتبرد كما سبق ثم نسجل درجة الحرارة مرة ثانية عند بداية ظهور بللورات، وإذا تكرر الأمر، نكرر التجربة بإضافة كميات من الماء معلوم حجمها ونسجل درجات الحرارة في كل مرة.

ويوضح جدول (١-٢) نتائج أحد التجارب باستخدام كمية من كلورات البوتاسيوم مقدارها ٢,٠ جرام.

جدول (٢-١)

الذوبانية عند مختلف درجات الحرارة

(لـ ٢ جم كلورات بوتاسيوم في الماء)

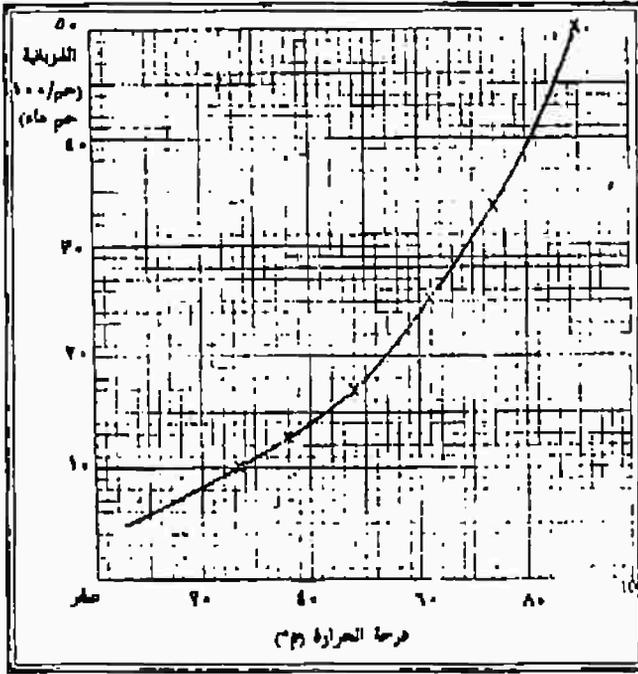
الحجم الكلي للماء (سم <sup>٣</sup> )	الكتلة الكلية للماء (جرام)	درجة الحرارة التي تبدأ صنعها البلورات في الظهور (°C)	الذوبانية (جم لكل ١٠٠ جرام ماء): كتلة كلورات البوتاسيوم $\times 100$ كتلة الماء
٤	٤	٩٠	$50 = 100 \times \frac{2}{4}$
٦	٦	٧٤	$33,3 = 100 \times \frac{2}{6}$
٨	٨	٦٢	$25 = 100 \times \frac{2}{8}$
١٢	١٢	٤٨	$16,7 = 100 \times \frac{2}{12}$
١٦	١٦	٣٦	$12,5 = 100 \times \frac{2}{16}$
٢٠	٢٠	٢٧	$10 = 100 \times \frac{2}{20}$

ملحوظة: كتلة ١ سم<sup>٣</sup> ماء = ١ جرام.

[١٧-١] منحنيات الذوبانية:

منحنى الذوبانية هو منحنى يمثل العلاقة بين ذوبانية المذاب على المحور الرأسى ودرجة الحرارة على المحور الأفقى وهو يوضح بوضوح طريقة تغير الذوبانية مع درجة الحرارة.

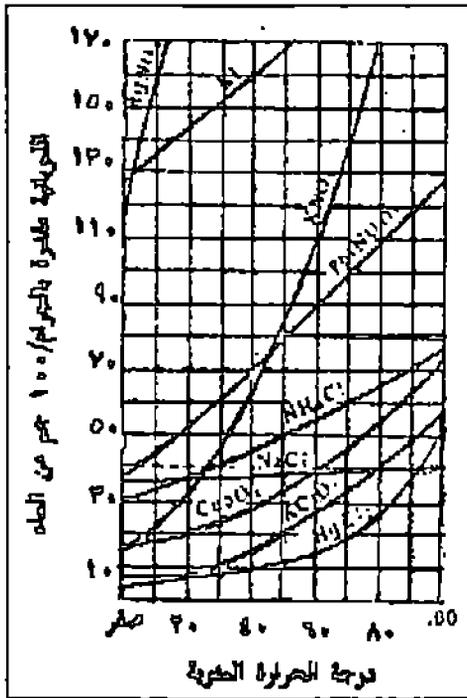
وقد قمنا بتمثيل النتائج فى جدول (٢-١) السابق لرسم منحنى الذوبانية الموضح بشكل (١٢-١).



شكل (١-١٣)

ومن الشكل يمكننا أن نلاحظ بسهولة، أو ذوبانية كلورات البوتاسيوم تزداد بزيادة درجة الحرارة، وهذه الحقيقة تنطبق على معظم المواد الصلبة الذائبة في الماء. ولا تعرف حتى الآن الأسس التي بموجبها يمكننا التنبؤ عن ذوبانية المادة، ولكن المواد المولفة من جزيئات قطبية وكذلك المواد ذات الرابطة الأيونية، تذوب عادة في المذيبات القطبية (مثل الماء والكحولات والنفثادر السائل)، بصورة جيدة، في حين تميل المواد اللاقطبية للذوبان في المذيبات اللاقطبية (مثل ثاني كبريتيد الكربون والبنزين).

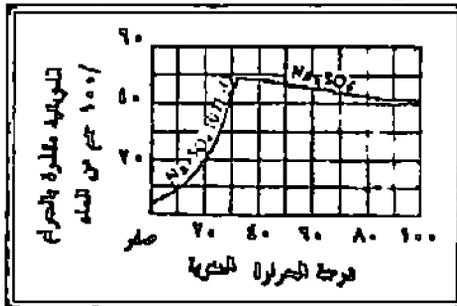
ويوضح شكل (١-١٣) مجموعة من منحنيات الذوبانية، ومن الرسم فإن المنحنيات التي تتجه بصورة حادة لأعلى مثل منحنيات الذوبانية لكل من نيترات البوتاسيوم والرصاص والفضة، تدل على أن ذوبانية هذه المواد تزداد كثيراً بارتفاع درجة الحرارة، في حين نجد أن ذوبانية كلوريد الصوديوم تتغير قليلاً كلما ارتفعت درجة الحرارة. ويدل على ذلك خط الذوبانية الأفقى تقريباً، لهذا الملح.



شكل (١-١٣)

ويمثل شكل (١-١٤) منحنى الذوبانية لكبريتات الصوديوم وهو منحنى أكثر تعقيداً من المنحنيات السابقة.

حيث نجد أن المنحنى يرتفع نحو الأعلى بشكل حاد حتى درجة حرارة  $32^{\circ}$  دلالة على أن الذوبانية تزداد بسرعة، وعند درجة  $32^{\circ}$  يعاني المنحنى، انكساراً حاداً، كذلك. ثم يأخذ في الانحدار ببطء كلما ارتفعت درجة الحرارة. ومن هذا المنحنى نستخلص أن أعلى ذوبانية لكبريتات الصوديوم تكون عند درجة  $32^{\circ}$ .



شكل (١-١٤)

وعند ذوبان المواد الصلبة في الماء، يتغير الحجم الكلي تغيراً قليلاً. لذلك فإن ذوبانية المواد الموجودة في حالة صلبة لا تتعلق عملياً بالضغط.

### [١٨-١] ذوبانية السوائل:

وتقبل السوائل الذوبان في سوائل أخرى وقد يكون هذا الذوبان في بعضها البعض غير محدود بمعنى أنها تمتزج ببعضها البعض بجميع النسب مثلما الحال في الماء والكحول مثلاً. إلا أن ذوبان بعضها البعض، قد يكون محدوداً، فإذا رججنا الإيثير مع الماء، فإنه تظفر طبقتان، العليا منهما عبارة عن محلول إيثير مشبع بالماء بينما الطبقة السفلى عبارة عن محلول ماء مشبع بالإيثير وفي معظم حالات هذا النوع، تزداد الذوبانية المتبادلة للسوائل، بارتفاع درجة الحرارة، حتى نصل إلى درجة يمتزج عندها السائلان بجميع النسب.

وتعرف الدرجة التي تتحول عندها الذوبانية المحدودة للسوائل إلى ذوبانية غير محدودة، بدرجة الذوبان الحدية، فمثلاً نجد أن عند درجات الحرارة الأقل من  $66.4^{\circ}\text{C}$ ، فإن الفينول يذوب في الماء بصورة محدودة وكذلك الحال بالنسبة للماء فهو يذوب في الفينول بصورة محدودة كذلك.

وعلى ذلك فإن درجة  $66.4^{\circ}\text{C}$  هي درجة الذوبان الحدية لكل من الفينول+ الماء. وابتداءً من هذه الدرجة فإن ذوبان هذين السائلين في بعضهما يصبح غير محدود، ولا يتغير الحجم كثيراً أثناء ذوبان السوائل فيما بينها وذلك على غرار الأجسام الصلبة.

ولذلك فإن الذوبانية المتبادلة بين السوائل قليلاً ما ترتبط بالضغط ولا تزيد بدرجة ملحوظة إلا عند الضغوط العالية جداً والتي تقدر بعدة آلاف من الضغوط الجوية.

ويلاحظ أنه إذا كان لدينا سائلان لا يمتزجان مع بعضهما وأضفنا لهما معاً مادة ثالثة يمكنها الذوبان في كل من السائلين، فإن هذه المادة (الثالثة) تتوزع بين السائلين الأولين بصورة تتناسب مع ذوبانيتها في كل منهما.

ومن هنا نشأ قانون التوزيع والذي ينص على: أن المادة القابلة للذوبان في مذيبين لايمتزجان مع بعضهما، تتوزع بينهما بحيث تبقى النسبة بين تركيزها في المذيبين ثابتة عند درجة حرارة ثابتة ولا تتعلق بالكمية الإجمالية لهذه المادة.

وبذلك نجد أن معامل توزيع اليود بين الماء والكلوروفورم يساوى ١٣٠، فإذا أضفنا الكلوروفورم الذي لايمتزج مع الماء إلى ماء يحوى يوداً مذاباً به ثم رججنا هذ الكمية وتركناها حتى تستقر، سنجد بعد الاستقرار أن تركيز اليود فى الكلوروفورم أعلى بـ ١٣٠ مرة منه فى الماء وذلك بغض النظر عن الكمية الكلية المذابة من اليود.

وبذلك فإنه يمكننا بواسطة الكلوروفورم أن نستخلص من الماء الجزء الأكبر من اليود المذاب فيه. وتعرف هذه الطريقة فى استخلاص مادة مذابة من المحلول بواسطة مذيب ثان لايمتزج مع المذيب الأول بطريقة الاستخلاص *Extraction* وهى تعتمد على قانون التوزيع وتستهمل بكثرة فى المعامل وفى مجال الصناعات الكيمائية.

### [١٩-١] ذوبانية الغازات (فى الماء):

تعتبر معظم الغازات، اقل ذوبانية فى الماء، ونصف ذوبانية الغازات عادة، بحجم الغازات الذى يذوب فى حجم معين من الماء عند درجة حرارة محددة. ويوضح جدول (١-٣) ذوبانية بعض الغازات المعروفة بوحدة السنتمتر المكعب فى ١ ديسمتر مكعب (١٠٠٠ سم<sup>٣</sup> = لتر) من الماء عند درجة حرارة مختلفة (١٠، ٢٠، ٣٠ م°).

جدول (١-٣)

ذوبانية بعض الغازات المعروفة في الماء

PH للمحلول النتائج	درجة الحرارة (°م)			الوصفة الكيميائية	الغاز
	٣٠	٢٠	١٠		
١٠	٥٣.٠٠٠	٦٨.٠٠٠	٨٧.٠٠٠	NH <sub>3</sub>	الأمونيا
٧	٢٨	٣٢	٤١	Ar	الأرجون
٥	٦٥٢	٨٤٨	١١٦٠	CO <sub>2</sub>	ثاني أكسيد الكربون
١	١٧٧٠	٢٢٦٠	٣٠٩٠	Cl <sub>2</sub>	الكلورين
٧	١٧	١٨	١٩	H <sub>2</sub>	الهيدروجين
١	٤١٢.٠٠٠	٤٤٢.٠٠٠	٤٧٥.٠٠٠	HCl	كلوريد الهيدروجين
٧	١٣	١٥	١٨	N <sub>2</sub>	النيتروجين
٧	٢٦	٣٠	٣٧	O <sub>2</sub>	الأوكسجين
٢	٢٧٢.٠٠	٣٩٤.٠٠	٥٦٦.٠٠	SO <sub>2</sub>	ثاني أكسيد الكبريت

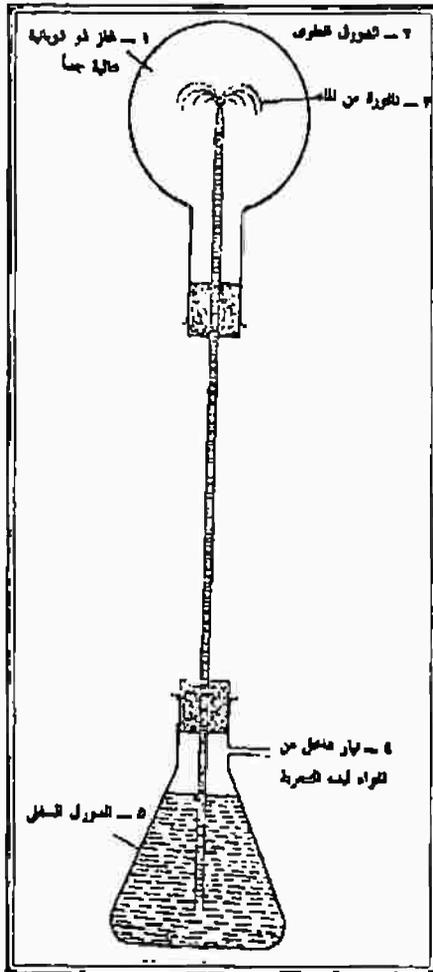
ومما سبق يمكن الوصول إلى النتائج التالية:

- ١- الغازات أقل ذوباناً في الماء عن المذابات الصلبة.
- ٢- تقل ذوبانية الغاز بزيادة درجة الحرارة.
- ٣- أكثر الغازات ذوباناً في الماء هي كلوريد الهيدروجين والأمونيا، عن بقية الغازات الأخرى.
- ٤- عند ذوبان غاز بكفاءة في الماء فإنه يتفاعل مع الماء مكوناً إما محلولاً حامضياً وإما محلولاً قلوياً.

ومن النتيجة الثانية نجد أننا إذا تركنا كأساً يحوى ماء بارداً في غرفة دافئة، فإننا نجد بعد فترة، أن جدران هذا الكأس قد تغطت من الداخل بفقاعات من غاز ألا وهو الهواء الذي كان مذاباً في الماء ثم انفصل منه نتيجة التسخين، وهكذا فإنه بالغليان يمكننا سحب كل الهواء المذاب في الماء وكثيراً ما يرافق ذوبان الغازات في السوائل العضوية، امتصاص للحرارة، ففي مثل هذه الحالات، تزداد ذوبانية الغاز بارتفاع درجة الحرارة.

### تجربة الفانورة:

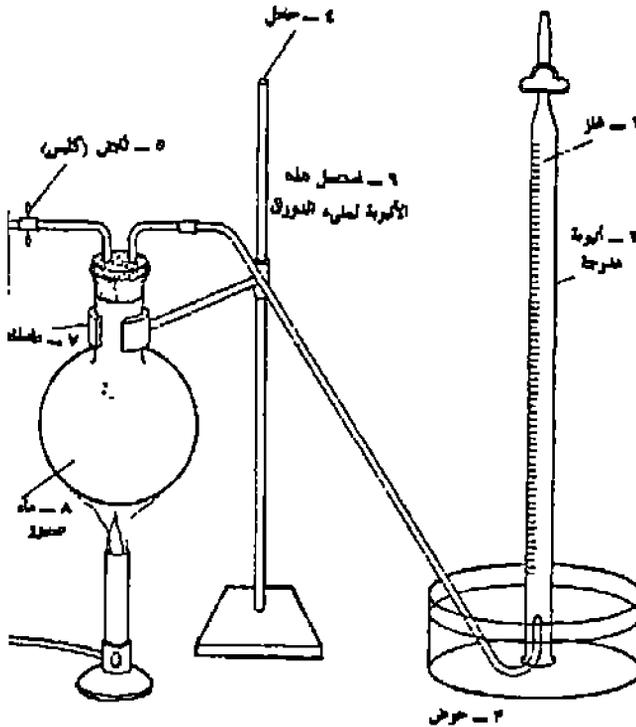
تستخدم هذه التجربة في إيضاح ذوبانية كل من الأمونيا أو كلوريد الهيدروجين، حيث يتم ملء الوعاء العلوى بالشكل (١-١٥) بأى من الأمونيا أو كلوريد الهيدروجين الجاف، فعند إمرار تيار هوائى من الفتحة المخصصة، بالوعاء السفلى المملوء بالماء فإن الماء يبدأ فى الارتفاع عبر الأنبوبة الموصلة للوعاء العلوى حيث يخرج منها على شكل تافورة، وفى الحال يذوب الغاز بالوعاء العلوى فى الماء الصاعد ويدخل لهذا مزيد من الماء للوعاء العلوى حتى يمتلئ.



شكل (١-١٥)

### الحصول على الهواء المذاب في عينة ماء:

إن الهواء المذاب في عينة من الماء عند درجة حرارة الغرفة، لا يذوب إذا ما رفعت درجة حرارة هذا الماء، إلا أن الذوبانية تقل نسبياً بارتفاع درجة الحرارة، ويوضح الجهاز المبين في شكل (١-١٦)، والمملوء بماء صنوبر عادي عملية تسخين للماء للحصول على الهواء المذاب به، حيث يتم تسخين القنينة إلى أن يبدأ الماء في الغليان حيث يتجمع الغاز المذاب في الماء في درجة حرارة الغرفة في الأنبوبة الرأسية المدرجة فوق الماء، وبذلك فإننا نستطيع بالغليان أن نسحب من الماء كل الهواء المذاب.



شكل (١-١٦)

## أهمية الغازات المذابة فى الماء:

يحتوى الماء عادة على نسبة مئوية صغيرة جداً من الهواء المذاب، وهذا الهواء يحتوى على الأوكسجين اللازم للأسماك والأحياء المائية فى الأنهار والبرك، حيث تأخذ الأسماك الماء عن طريق الفم وتقوم بنزع الأوكسجين منه ويخرج منه الماء ثانية عبر خياشيمها (Gills).

ولقلة الأوكسجين المذاب فى الماء فإن على هذه الأحياء المائية أن تأخذ كميات كبيرة من المياه حتى تحصل فى النهاية على الأوكسجين اللازم لها، وتقوم النباتات المائية الخضراء بتوليد كميات من الأوكسجين فى الماء، فإذا ما تلوث الماء بالمواد الكيميائية فإن هذا يؤدي لنقص كميات الأوكسجين وموت هذه الحيوانات المائية.

ويؤدى الهواء الذائب فى المياه إلى حدوث الصدأ فى داخل مشععات (ردياتيرات) السيارات وفى المواسير وفى المكاوى الكهربائية التى تعمل بالبخار، ويساعد كل من الأوكسجين والماء على زيادة الصدأ، ويجب التخلص من الهواء الذى يهرب من الماء عند تسخينه بداخل الردياتير من وقت لآخر.

## [٢-١] استخدامات الماء:

كلما ارتفع مستوى معيشة الشعوب كلما زاد استهلاك الفرد فيها للمياه، ويبلغ متوسط استهلاك الفرد فى الدول المتقدمة فى حدود ١٦٠-١٨٠ لتر مياه يومياً. وفيما يلى مفردات استهلاك الفرد الواحد فى إنجلترا من المياه:

الفسيل والاستحمام	٥٧	لتر/ يوم
دورات المياه	٥٧	لتر/ يوم
ماكينات الفسيل (مغاسل)	١٦	لتر/ يوم
غسيل أطباق	١٦	لتر/ يوم
حدائق	٧	لتر/ يوم
طبخ وشرب	٥	لتر/ يوم
غسيل سيارات	٣	لتر/ يوم
الجملة	١٦١	لتر/ يوم

وفي بعض الدول، يبلغ استهلاك محطات توليد الكهرباء أكثر من نصف كميات المياه المتاحة بغرض إدارة التوربينات البخارية وبغرض التبريد، ويستخدم الماء بكميات كبيرة في الصناعة وفيما يلي، جدول (١-٤) يبين استهلاك المياه بالطن (٣م) اللازم لإنتاج طن واحد من الخامات المختلفة.

جدول (١-٤)

استهلاك الماء بالطن (متر مكعب) لكل طن منتج

أكثر من ١٠ طن	حفظ الخضروات	أكثر من ١١٠٠ طن	كيمياويات
أكثر من ٨ طن	تكرير السكر	أكثر من ٧٠٠ طن	الرايون (حرير صناعي)
أكثر من ٥ طن	قدم حجري	أكثر من ٦٠٠ طن	الصوف
أكثر من ٤ طن	صناعة ألبان	أكثر من ٢٥٠ طن	الحرير
أكثر من ٤ طن	الأسمنت	١٤٠ طن	ألياف صناعية
أكثر من ٢ طن	البيرة	أكثر من ٩٠-٢٧٠ طن	صناعة الورق
أكثر من ٤ طن	التغليف	أكثر من ٤٥ طن	إنتاج الصلب
		أكثر من ١٨ طن	الكوك

يتضح من الجدول السابق الآتي:

- يلزم ٤٥٠ طن مياه لإنتاج سيارة واحدة.
- تستهلك شجرة البلوك (القرو) ٠,٦٧ طن يومياً في صورة بخار.
- كما أن نبات الكرنب (الواحدة منه) يلزم لها ٠,١٥ طن مياه حتى تنمو وتصبح ناضجة تماماً.

وفي الصناعات الكيميائية والصناعات الغذائية (مأكل ومشرب) فإنه يلزم كميات كبيرة من المياه تدخل في تركيب هذه الصناعات والمنتجات بالإضافة لاستخدامه في أغراض التنظيف.

وفي صناعات تكرير سكر البنجر وصناعات الورق فإن الماء يستخدم في تحريك الخامات ذاتها، ويلزم الماء المقطر للعديد من الاستخدامات مثل المعامل (للمحاييل) ولتزويد مياه البطاريات ولتبريد كابلات الكهرباء ولضليل الترانزستورات، ويتم تجهيز هذا الماء المقطر بالتقطير أو بأي طريقة أخرى مناسبة.

ويوضح جدول (٥-١) نسب المواد الداخلة في تركيب مياه البحر بالوزن (سواء المادة ذاتها أو مركباتها).

جدول (٥-١)

نسب المواد الداخلة في تركيب مياه البحر وزناً

٠.٠٠٠٦٥%	برومين	٨٥.٤%	أوكسجين
٠.٠٠٠٢٧%	كربون	١٠.٧%	هيدروجين
٠.٠٠٠١٦%	نتروجين	١.٨٥%	كلور
٠.٠٠٠٧٩%	سترونتيوم	١.٠٣%	صوديوم
٠.٠٠٠٤٣%	بورون	٠.١٢٧%	مغنسيوم
٠.٠٠٠٢٨%	سيلكون	٠.٠٨٧%	كبريت
٠.٠٠٠١٣%	فلورين	٠.٠٤٠%	كالسيوم
		٠.٠٣٨%	بوتاسيوم

## ثانياً : المنظفات Detergents

[٢-١] عام

يمكن استخدام المنظفات مع الماء لتنظيف الأغراض المختلفة. وتأخذ المنظفات أشكالاً مختلفة فقد تكون في شكل أقراص أو قطع (صابون) أو في صورة مساحيق أو سوائل أو مبشور.

ويمكن تقسيم المنظفات إلى مجموعتين:

١- منظفات صابونية *Soaps Deterg.*

٢- منظفات غير صابونية *Soapless Deterg*

[٢-٢] المنظفات الصابونية:

يعتبر الصابون من أول المنظفات التي تم صنعها ويتم صناعته بخلط زيوت الخضروات مع قلوى يحتوي على البوتاسيوم والذي يحصل عليه من بعض النباتات التي تنمو في المستنقعات المالحة.

ويطلق على عملية صناعة الصابون بالتصبين *Saponification*. حيث يتم غلى دهون أو زيوت حيوانية أو نباتية تعرب بـ *Triglycerides* مع قلوى قوى مثل هيدروكسيد الصوديوم أو هيدروكسيد البوتاسيوم حيث يتم تكسير الدهون أو الزيوت بواسطة القلوى وتكون الدهون الحيوانية المستخدمة مشتقة على شحم وزيت سمك، في حين أن الزيوت النباتية المستخدمة تكون عادة زيت النخيل وزيت الصويا وزيت الزيتون وزيت جوز الهند.

شحم حيواني أو زيت نباتي + قلوى ← صابون + جلسرين أو زيت

ويعتبر الجلسرين ناتج هام من نواتج صناعة الصابون، حيث يتم فصل الصابون من النواتج بإضافة ملح (كلوريد الصوديوم)، حيث يرسب للصابون الذي لا يذوب في المحلول الملحي كراسب صلب.

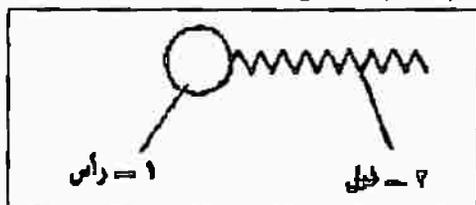
## [٣-٢] المنظفات غير الصابونية:

وتصنع من المواد الكيميائية المسماة الهيدروكربونات *Hydrocarbons* الناتجة أثناء عمليات التقطير الجزئي للزيت الخام (زيت البترول الخام) حيث تتفاعل هذه المواد الكيميائية مع حمض الكبريتيك المركز فى عملية تعرف بالسلفنة أو التحويل إلى سلفونات *Sulphonation* والناتج يكون هو المنظفات غير الصابونية.

## [٤-٢] مقارنة بين نوعى المنظفات السابق ذكرهم:

يتم صناعة كل من نوعى المنظفات من دقائق صغيرة تعرف بالجزئيات. ويمكن اعتبار أن هذه الجزئيات مكونة من جزئين:  
١- ذيل هيدروكربونى طويل، لا يالء الماء *Hydrophobic* أى لايميل إلى الاختلاط بالماء.

٢- رأس هيدروفيليك *Hydrophilic* أى تميل للاختلاط بالماء.  
ويوضح شكل (١-٢)، جزئى للمنظف.



شكل (١-٢)

وتعتمد درجة تنظيف كل من نوعى المنظفات على الشكل الخاص وعلى خواص هذه الجزئيات الصغيرة، إلا أن المنظفات غير الصابونية، لها ميزة كبيرة فهى ترغى دون أن تكون ريم *Scum* فى جميع أنواع المياد، فى حين ان الصابون، يرغى جيداً فى الماء اليسر *Soft* ولكنه لا يرغى جيداً فى الماء العسر *Hard*.

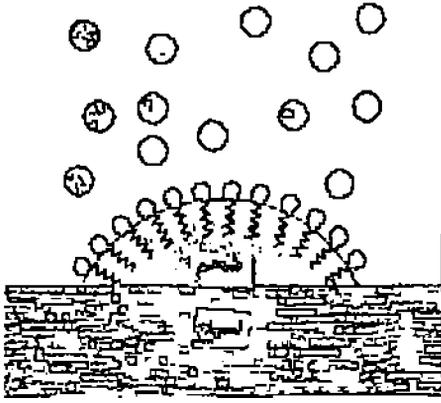
[٢-٥] فعل التنظيف بالمنظفات

*Cleaning Action of Detergents*

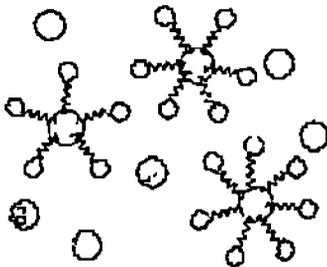
يوضح شكل (٢-٢)، ملخاً لتأثير المنظفات حيث تعمل المنظفات عند

إضافتها لماء عغلى سهولة تخلل الماء للملابس.

رسم يوضح فيل جزيئات الصل يصبو بالصم والرؤى الجذاب بين رؤوس جزيئات المنظف وجزيئات الماء وكيفية يمزج الصم من المادة

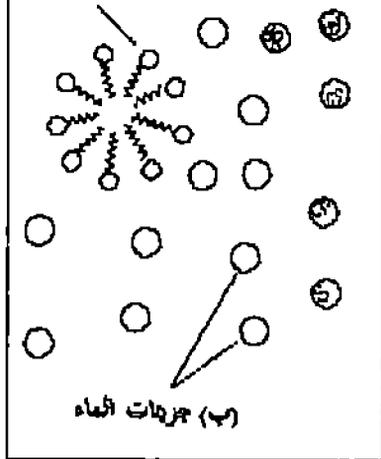


الصم مطلق ل الاطول وفر التافر بين لطرات الصم شحها من الصمغ



وتعمل (ذيبول) جزيئات المنظف على الالتصاق بالشحوم في حين أن رؤوس جزيئات المنظف تتجذب إلى جزيئات الماء مما يعمل على انفصال الشحوم والزيوت من الملابس (أو المواد) المراد تنظيفها.

(أ) صابون جزيئات الصل



(ب) جزيئات الماء

شكل (٢-٢)

## ثالثاً : تركيب الذرة Atomic Structure

[١-٣] عام

نشأت فكرة كون المادة، مؤلفة من جسيمات مستقلة صغيرة جداً وهو ما يعرف بالفرضية الذرية عند فلاسفة الإغريق القدماء، ولم يكن وضع نظرية للذرات والجزيئات مدعومة علمياً إلا بعد ذلك بكثير وبالتحديد بين القرنين السابع عشر والتاسع عشر حيث بدأ علم الفيزياء يعتمد على التجربة الدقيقة.

ومنذ حوالي مائة عام كان اعتقاد العلماء أن الذرات عبارة عن أجسام متماثلة صلبة صغيرة، مثل الكرات، وكان يعتقد بأنه لا يوجد ما هو أصغر من الذرات. إلا أن كل هذه الاعتقادات تغيرت في النصف الأول من هذا القرن وذلك بفضل العمل الرائد الذي قام به العالم البريطاني لورد رذرفورد *Lord Rutherford*.

ويقوم علم الذرات والجزيئات على مبدأ تقطيع المادة، فكل مادة ليست متراصة تماماً بل تتألف من جسيمات مستقلة دقيقة جداً ويعزى الاختلاف بين المواد إلى اختلاف جسيماتها.

فجسيمات المادة الواحدة متساوية بينما تختلف جسيمات المواد المختلفة، وتوجد جسيمات المادة في حالة حركة دائمة في جميع الأحوال، وتزداد هذه الحركة كلما ارتفعت درجة حرارة الجسم.

والجسيمات في أغلب المواد ما هي إلا الجزيئات، فالجزيء أصغر جسيم في المادة يتمتع بخواصها الكيميائية، والجزيئات بدورها تتألف من ذرات والذرة أصغر جسيم في العنصر تتمتع بخواصه الكيميائية، وقد يدخل في تركيب الجزيء عدد مختلف من الذرات.

فجزيئات الغازات النبيلة أحادية الذرة وجزيئات مواد أخرى كالهيدروجين والنتروجين، ثنائية الذرة وجزيئات الماء، ثلاثية الذرة، في حين أن جزيئات

المواد الأكثر تعقيداً (مثل البروتينات والأحماض الأمينية) فتتألف من عدد كبير من الذرات (بدر بمئات الآلاف).

وليس من الضروري دائماً أن تكون الجزيئات هي الجسيمات المكونة للمادة، فالعديد من المواد الموجودة في الحالتين الصلبة أو السائلة، كالأملح مثلاً لا تملك بنية جزيئية بل إنها تملك بنية أيونية، وهناك بعض المواد ذات بناء ذري.

ويكفي أن نشير هنا إلى أن الجزيئات ليست هي الحاملة للخواص الكيميائية في المواد ذات البناء الذري أو الأيوني بل إن ما يحدد هذه الخواص، هو المجموعة المتوتلفة من الأيونات أو الذرات التي تتكون منها المادة المعينة.

وعلى ما تقدم فإنه يمكننا تعريف العنصر الكيميائي بأنه نوع من الذرات يتميز بموجبه بخواص معينة وتتكون المواد البسيطة نتيجة اتحاد ذرات من نفس العنصر، بينما يؤدي اتحاد ذرات من عناصر مختلفة إلى الحصول على مادة معقدة أو مخلوط من مواد بسيطة.

وقد أصبح مؤكداً الآن، أن الذرات ذاتها تتكون من عدة جسيمات أصغر. إلا أن ما يهمنا منها في مجال الكيمياء، ثلاثة جسيمات في غاية الأهمية وهي: البروتون *Proton*، النيوترون *Neutron*، الإلكترون *Electron*.

فالبروتون هو جسيم ذو شحنة موجبة وله كتلة تعادل تقريباً كتلة ذرة الهيدروجين، أما الإلكترون فهو جسيم آخر ذو شحنة سالبة تعادل شحنة البروتون عددياً ولكنها تخالفها في الإشارة وتصل كتلة الإلكترون إلى حوالي  $\frac{1}{1840}$  من وزن البروتون، أما النيوترون فهو جسيم متعادل كهربياً وتبلغ كتلته تقريباً نفس كتلة البروتون.

جدول (٣-١)

مكان والكتلة النسبية والشحنة لكل من البروتونات

والنيوترونات والإلكترونات بالذرة

الشحنة	الكتلة بالنسبة لكتلة ذرة الهيدروجين	وضعه في الذرة	الجسيم
١+	١	النواة	بروتون $P$
صفر	١	النواة	نيوترون $N$
١-	٠,٠٠٠٥	المدارات - الأغلفة	إلكترون $E$

وفيما يلي موجز لنظرية تركيب الذرة:

١- كل الذرات تتكون من ثلاثة جسيمات أساسية وهي: البروتونات والنيوترونات والإلكترونات.

٢- ويطلق على مركز الذرة بالنواة  $Nucleus$ .

٣- تحتوي النواة على البروتونات والنيوترونات.

٤- لكل من البروتون والنيوترون نفس الكتلة تقريباً وهي تبلغ تقريباً وزن ذرة الهيدروجين ولذلك فإن كلاهما يعطى كتلة نسبية ككتلة ذرة الهيدروجين.

٥- البروتونات ذات شحنة موجبة في حين أن النيوترونات عديمة الشحنة أي متعادلة.

٦- يشكل حجم النواة جزءاً صغيراً من الحجم الكلي للذرة.

٧- أكثر من ٩٩.٩% من الذرة عبارة عن فراغ مطلق يتم شغله بالإلكترونات متحركة.

٨- تكون كتلة الإلكترون أقل بحوالي ٢٠٠٠ مرة من كتلة البروتون أو النيوترون ( $\frac{1}{1840}$  مرة).

٩- الإلكترونات سالبة الشحنة والشحنة السالبة على أي إلكترون تعادل تماماً الشحنة الموجبة على البروتون (تعادلها).

١٠- تتحرك الإلكترونات بسرعة عالية جداً حول النواة بالذرة وتكون في صورة أغلفة *Layers or Shells* وعلى مسافات مختلفة من مركز النواة.

ومعظم النقاط السابق ذكرها، موجزة في الجدول السابق بجدول (٣-١).

[٢-٣] اكتشاف كل من الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات:

### ١- الإلكترون *Electron*

في نهاية القرن التاسع عشر قامت ابحاث وتجارب كثيرة ومكثفة على تأثير التفريغ الكهربائي بضغط كهربي عال جداً (بملف حث *Induction Coil*) خلال الغازات الأولية الأساسية تحت ضغط صغير جداً، وقد أدت هذذ الأبحاث الى اكتشاف أشعة الكاثود *Cathode Rays* وهي تخرج عمودية على الكاثود وتنقل في خطوط مستقيمة، فإذا ما مرت عبر مجال إلكتروستاتيكي فإنها تنحرف بعيداً عن اللوح السالب أي أنها ذات شحنة سالبة.

ويمكن لهذذ الأشعة أن تظهر أو تبدى ضغطاً ميكانيكياً وأن تنقل كميات وفيرة من الطاقة الحركية *Kinetic Energy*. لدرجة أنها إذا اصططمت بجسم معدنى فإنه يسخن بل وقد يتفكك.

ومن هذذ الحقائق فإنه تم استنتاج أن اشعة الكاثود تتكون من هزمة أو فيض منهمر من جسيمات ذات شحنة سالبة وتتحرك بسرعة عالية (٧١٠ متر/ث - عشرة آلاف كم/ثانية)، وقد أطلق على هذه الجسيمات بالإلكترونات *Electrons* ويمكن الحصول عليها في كل الغازات المعروفة، وقد ثبت فيما بعد أن كتلتها حوالى  $9.1 \times 10^{-28}$  جرام وأن شحنتها تبلغ  $1.6 \times 10^{-19}$  كولوم *Coulomb*.

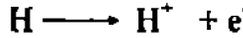
وفي نفس الوقت فإن هناك جسيمات ذات شحنات موجبة. تنفصل من الأنود (المصعد) *Anode*، وتعتمد طبيعة هذه الجسيمات على نوعية الغاز المستخدم في التفريغ الكهربي، فمثلاً نجد أن غاز الهيدروجين، يعطى أيونات هيدروجين  $H^+$ ، ويكون تأثير التفريغ الكهربي هو تأين ذرة الهيدروجين إلى إلكترونات وأيونات هيدروجين.

### ب- البروتون *Proton*

وفي بداية هذا القرن قام العالم الإنجليزي رذرفورد بتجارب وأبحاث حيث أطلق على ذرة الهيدروجين جسيمات ألفا المسرعة، وهي عبارة عن أيونات هيليوم ( $He^{2+}$ ) من مصدر مشع *Radioactive Source* حيث اكتشف، تولد جسيمات شديدة النفاذية، ولها شحنة كهربائية تعادل شحنة الإلكترون إلا أنها موجبة وقد أطلق على هذه الجسيمات البروتونات وهي نفس الجسيمات الموجبة الشحنة التي تولدت في أنابيب التفريغ الكهربى لغاز الهيدروجين.

حيث قامت جسيمات ألفا بتأيين ذرات الهيدروجين وذلك بطرد الإلكترونات

منها:

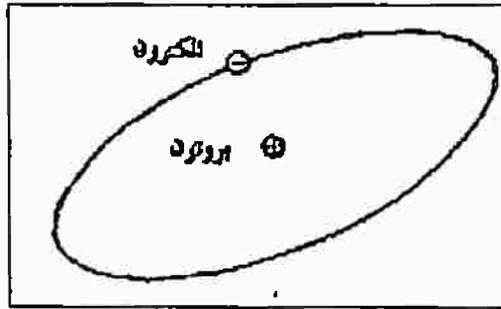


### ج- النيوترون *Neutrons*

وقد اكتشفت النيوترونات عام ١٩٣٢ حيث تم تسليط جسيمات ألفا المنطلقة من مصدر مشع بولونيوم *Polonium* على نواة عنصر البورون *Boron*. وللنيوترون نفس الكتلة تقريباً التي للبروتون إلا أنه عديم الشحنة، ولانعدام الخواص الكهربائية للنيوترون، فإن اكتشافه قد تم متأخراً عن كل من البروتون والإلكترون.

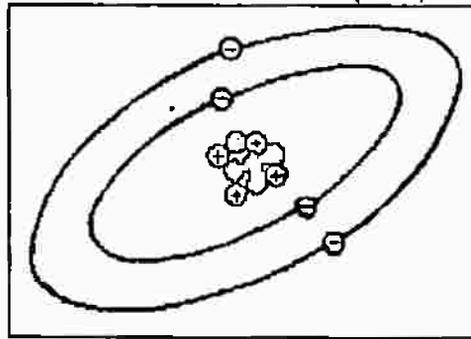
ويشكل كل من البروتونات والنيوترونات والإلكترونات جسم الذرة، وتحتوى الذرات المختلفة على أعداد مختلفة من كل من البروتونات والنيوترونات والإلكترونات.

وتعتبر ذرة الهيدروجين هي أبسط بناء ذرى لكل الذرات، فكل ذرة هيدروجين تحتوى على بروتون واحد وإلكترون واحد. انظر شكل (٣-١).



شكل (١-٣)

وتأتى بعد ذرة الهيدروجين، ذرة الهيليوم من حيث بساطة التركيب فكل ذرة هيليوم *Helium Atom* تحتوي على عدد ٢ بروتون، ٢ إلكترون، ٢ نيوترون. ويأتى بعد الهيليوم، الليثيوم *Lithium* (٣ بروتونات، ٣ إلكترونات، ٤ نيوترونات)، ثم البريليوم *Brylium* (٤ بروتونات، ٤ إلكترونات، ٥ نيوترونات). انظر شكل (٢-٣).



شكل (٢-٣)

رسم توضيحي لذرة البريليوم

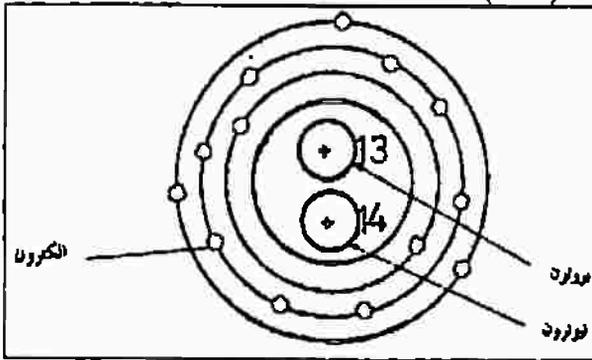
وبعض الذرات الثقيلة تحتوى على ١٠٠ أو أكثر من البروتونات والنيوترونات والإلكترونات، فمثلاً كل ذرة من ذرات الرصاص، بها ٨٢ بروتون، ٨٢ إلكترون، ١٢٥ نيوترون.

وفي كل الأمثلة السابقة، يمكنك ملاحظة أن كل ذرة لها نفس العدد من كل من البروتونات والإلكترونات وهذا من شأنه أن يؤدي إلى تعادل الشحنات الموجبة

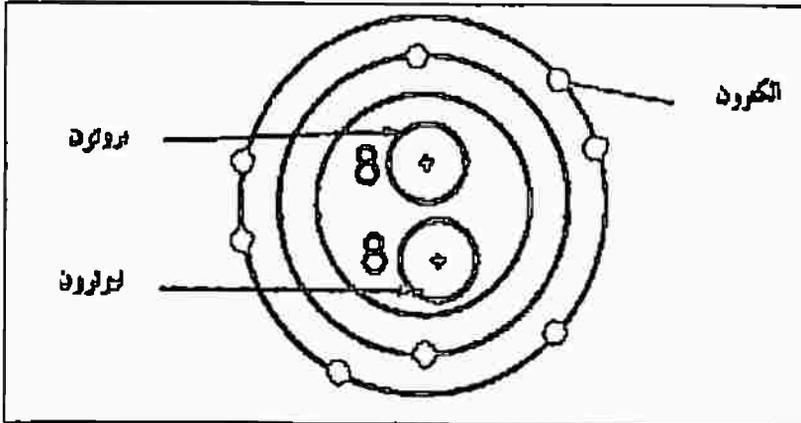
والسالبة على البروتونات والالكترونات، وبذلك فإن كل ذرة تكون متعادلة كهربيا ككل.

### أمثلة:

وفى ذرة الألومنيوم عدد البروتونات ١٣، عدد الإلكترونات ١٣ أيضا إلا أن عدد النيوترونات = ١٤ وهو يزيد بمقدار ١ عن عدد البروتونات. وفى ذرة الأوكسجين، عدد البروتونات = عدد الإلكترونات = عدد النيوترونات = ٨ لكل منهم. انظر شكل (٣-٣) أ، ب.



شكل (٣-٣) أ



شكل (٣-٣) ب

## [٣-٢] العدد الذرى وهدد الكتلة (رقم الكتلة)

### *Atomic Number and Mass Number:*

عرفنا أن الذرة الوحيدة ذات البروتون الواحد هى ذرة الهيدروجين، وعرنا أن الذرة الوحيدة ذات ٢ بروتون هى ذرة الهليوم، وعرنا كذلك أن الذرة الوحيدة ذات ٣ بروتون هى ذرة الليثيوم.... وهكذا. وبمعرفة عدد البروتونات فى ذرة ما فإنه يمكننا الاستدلال على هذا العنصر.

ولذا فإن العلماء يستخدمون اسماً رمزياً لعدد البروتونات فى الذرة، ويطلق عليه بالعدد الذرى *Atomic Number*.

وعلى ما تقدم فإن العدد الذرى للهيدروجين يساوى واحد (١) لأن ذرة الهيدروجين بها بروتون واحد، والعدد الذرى للهليوم يساوى اثنين (٢) لأن ذرة الهليوم بها عدد (٢) بروتون، وبالمثل فإن العدد الذرى لليثيوم يساوى ثلاثة (٣) لأن ذرة الليثيوم بها عدد (٣) بروتون، ... وهكذا.

ويمكن إهمال كتلة الإلكترونات فى الذرة، مقارنة بكتلة كل من البروتونات والنيوترونات، راجع جدول (٣-١).

وفى الواقع فإن كتلة الذرة تعتمد على عدد كل من البروتونات والنيوترونات فى النواة، ولهذا السبب فإن العلماء يستخدمون تعبير عدد الكتلة أو رقم الكتلة *Mass Number* للدلالة على عدد البروتونات + النيوترونات فى الذرة الواحدة.

العدد الذرى = عدد البروتونات.

عدد الكتلة = عدد البروتونات + عدد النيوترونات.

وبذلك فإن ذرات الكربون ذات الستة (٦) بروتونات، الستة (٦) نيوترونات، يكون عددها الذرى = (٦) بينما عدد الكتلة = ١٢ (٦+٦).

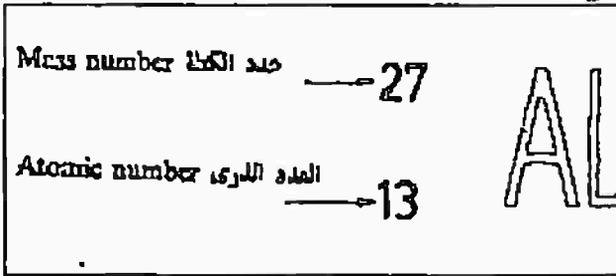
وذرة الصوديوم بها ١١ بروتون، ١٢ نيوترون وعلى هذا فالعدد الذرى لها = ١١ بينما عدد الكتلة = ٢٣ (١٢+١١).

وذرة الألومنيوم بها ١٤ نيوترون، ١٣ بروتون، لذلك فالعدد الذرى لها = ١٤ وعدد الكتلة = ٢٧ (١٤+١٣).

وذرة الأوكسجين بها ٨ بروتون، ٨ نيوترون، فالعدد الذرى لها = ٨ وعدد الكتلة = ١٦ (٨+٨)، ويستخدم أحياناً الرمز  $A$  للدلالة على عدد الكتلة  $Mass$   $Number$  فى حين يستخدم الرمز  $Z$  للدلالة على العدد الذرى  $Atomic$   $Number$

فبالنسبة لذرة الصوديوم يكون  $Z = 11$  ,  $A = 23$ .

ويوضح شكل (٣-٤) كيفية كتابة هذين الرقمين على الرمز الكيميائى للعنصر ومنها يمكننا الاستدلال على أعداد كل من البروتونات والنيوترونات والإلكترونات فى ذرة كل عنصر.



شكل (٣-٤)

[٣-٤] ترتيب وضع مكونات الذرة

"بروتونات، نيوترونات وإلكترونات"

كان من السائد من المجالات العلمية ولفترة طويلة خطأ شائع وهو أن الذرات لا تقبل التجزئة، وكان من المتفق عليه كذلك أن ذرة أى عنصر عند أية شروط كانت لا تتغير أى لا تتحول إلى ذرة عنصر آخر. إلا أنه ثبت فى نهاية القرن التاسع عشر عدد من الحقائق التى بينت وأكدت التركيب المعقد للذرات وامكانية تحولها فيما بينها. ومن هذه الحقائق، اكتشاف الإلكترون والذى تم بمعرفة الفيزيائى الانجليزى طومسون فى عام ١٨٩٧.

والإلكترون جسيم يمتلك اصغر شحنة كهربية سالبة، يمكن وجودها فى الكون وهى تبلغ (١.٦٠٢ × ١٠<sup>-١٩</sup>) كولوم، كما وأن كتلة الإلكترون تبلغ حوالى ٩.١٠٩٥ × ١٠<sup>-٣١</sup> جرام، وقد ثبت أن الإلكترون يمكن استخراجها من

أى عنصر، فالإلكترونات تقوم بنقل التيار الكهربى فى الفلزات، كما أنها تظهر فى اللهب وكذلك ينطلق العديد من الإلكترونات أثناء عمليات التسخين أو عند التعرض للضوء أو للأشعة السينية. وهذا يؤكد وجود الإلكترونات فى ذرات جميع العناصر.

### [٣-٤-١] النشاط الإشعاعى:

أطلقت تسمية النشاط الإشعاعى على ظاهرة بث بعض العناصر لأشعة يمكنها النفاذ عبر المواد، كما يمكنها تأيين الهواء وتسيود لوحات التصوير. وأول من لاحظ هذا على مركبات اليورانيوم، الفيزيائى الفرنسى بيركيل فى عام ١٨٩٦، ثم تبعته مدام كورى، حيث أثبتت أن مركبات الثوريوم لها نشاط إشعاعى، كذلك حيث توصلت مع زوجها الفيزيائى الفرنسى بيير كورى فى عام ١٨٩٨ إلى اكتشاف عنصرين مشعين جديدين فى خامات اليورانيوم. حيث أطلقت على أحدهما البلونيوم (نسبة إلى بولونيا- بولندا موطن رأسها) بينما أسمت الآخر الراديوم (بمعنى شعاع).

وقد ثبت بعد ذلك من الأبحاث التى قام بها الزوجان كورى والإنجليزى رذوفورد، أن الإشعاع المنطلق من مادة مشعة غير متجانس، حيث ينقسم تحت تأثير المجال المغناطيسى إلى ثلاثة أحزمة من الأشعة إحداهما، لا يتغير اتجاه سيرها، وفى حين تتحرف الحزمتان الأخرى إلى جهتين متعاكستين، يميناً ويساراً. وقد أطلق على الحزمة الأولى التى لا تغير اتجاه سيرها، لأنها لا تحمل شحنة كهربائية بأشعة جاما وهى تمتلك قدرة هائلة على النفاذ وعبارة عن إشعاع كهربائى مغناطيسى يشابه أشعة رونتجن أو الأشعة السينية، فى حين يدل انحراف الحزمتين الأخرى تحت تأثير المجال المغناطيسى على أنهما يتكونان من دقائق مشحونة كهربائياً.

وبدل الاتجاهان المتعاكسان لهذين الانحرافين على أن تركيب إحدى الحزمتين يحتوى على دقائق مشحونة بشحنة سالبة. وقد أطلق عليها أشعة "B" (بيتا) بينما يحتوى تركيب الحزمة الأخرى على دقائق مشحونة بشحن موجبة وقد أطلق عليها أشعة ألفا ( $\alpha$ ).

وقد تبين مما سبق أن أشعة  $B$  ما هي إلا فيض من الإلكترونات السريعة الحركة، وقد جاء هذا بمثابة تأكيد جديد على أن الإلكترونات تدخل في تركيب الذرات. أما بالنسبة لأشعة  $(\alpha)$  فقد تأكد أنها تتألف من دقائق تبلغ كتلتها كتلة ذرة الهيليوم وتبلغ شحنتها ضعف شحنة الإلكترون إلا أنها شحنات موجبة.

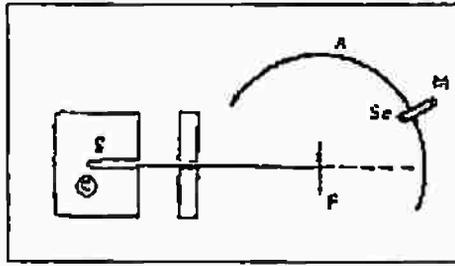
وقد اثبت رذرفورد بتجربة مباشرة على أن هذه الدقائق ما هي إلا ذرات الهيليوم المشحونة، حيث قام بوضع أنبوب زجاجي رقيق يحتوى على كمية دقيقة من الراديوم داخل أنبوب آخر سميك الجدار قام بتفريغه من الهواء.

وكان أن اخترقت أشعة  $(Q)$  الجدران الرقيقة للأنبوبة الداخلية بينما لم تتمكن من اختراق الجدران السمكة للأنبوبة الخارجى وبذلك بقيت دقائق  $(\alpha)$  في الفراغ الموجود بين الأنبوبتين وقد تم الكشف عن وجود الهيليوم في هذا الفراغ بواسطة التحليل الطيفى. ويمكن تفسير هذه النتائج، لهذه التجربة، بأن الراديوم يتحلل اثناء عملية إشاعة، متحولاً إلى ذرات عناصر أخرى وهو هنا ذرات الهيليوم.

وقد ثبت فيما بعد أن هنالك عنصراً آخر ينشأ من تحلل الراديوم، ألا وهو عنصر الرادون، الذى يعتبر، عنصراً مشعاً وينتمى إلى عائلة الغازات الخاملة، وقد أكدت دراسة النشاط الإشعاعى موضوع تعقيد تركيب الذرات وبأنها ليست جسماً لايقبل التجزئة.

وبناء على نموذج طومسون الذى اقترحه عام ١٩٠٣ لتركيب الذرة. فإن الذرة تتكون من شحنة موجبة تتوزع بالتساوى في حجم الذرة كلها بالإضافة إلى إلكترونات تتأرجح داخل هذه الشحنة.

وللتأكد من صحة فرض طومسون ولتحديد بناء أدق للذرة من الداخل، فقد قام العالم الإنجليزي رذرفورد في عام ١٩٠٦ بمجموعة من التجارب تتعلق بتشتيت دقائق  $(\alpha)$  في رقائق فلزية غاية في الرقة. انظر شكل (٣-٥).



شكل (٣-٥)

حيث قام بوضع مصدر (S) للإشعاع ( $\alpha$ ) في داخل مكعب من الرصاص (C) بحيث يمكننا الحصول على تيار من الدقائق ( $\alpha$ ) في اتجاه معين. وتقوم هذه الدقائق بإحداث وميض لدى سقوطها على الشاشة Sc. المطلية بكبريتيد الزنك.

ويمكن رؤية هذا الوميض بواسطة المكبرة  $\times 10$ ، وكذلك حساب عدد الومضات التي تظهر على الشاشة عند سقوط كل دقيقة من دقائق ( $\alpha$ ) عليها. ولقد وضع فيما بين مصدر الإشعاع S والشاشة Sc صفيحة رقيقة من فلز معين (الذهب) يبلغ سمكها حوالي  $\frac{1}{1000}$  من السنتيمتر، ويعطينا عدد الومضات التي تظهر على الشاشة، فكرة عن سبب الدقائق ( $\alpha$ )، وانحرافها عن الاتجاه الأصلي وذلك أثناء مرورها خلال رقيقة الذهب F.

ولقد تبين أن معظم الدقائق ( $\alpha$ ) تمر خلال رقيقة الفلز دون أن تغير اتجاهها بالرغم من سمك الرقيقة النسبي والذي يعادل مئات الآلاف من الأقطار الذرية، كما أن عدداً قليلاً من دقائق ( $\alpha$ ) ينحرف قليلاً، والبعض الآخر يغير اتجاه حركته بشدة ويرتد للوراء كما لو كان في اصطدم بحاجز سميك.

واستناداً إلى ما سبق. قام رذرفورد في عام ١٩١١ بوضع التصور التالي لبناء الذرة والذي سمي بالنموذج النووي للذرة.

### [٣-٤-٢] النموذج النووي للذرة كما وضعه وذوتورود:

تتكون الذرة من نواة موجبة الشحنة (لأنها تعمل على تنافر جسيمات ألفا الموجبة الشحنة) يتمركز فيها القسم الأعظم من كتلة الذرة، وتدور حولها الإلكترونات.

وتتعاقد الشحنة الموجبة للنواة مع مجموع الشحنات السالبة للإلكترونات، بحيث تكون الذرة ككل متعادلة كهربياً، وتتعاقد القوة الطاردة المركزية الناشئة من دوران الإلكترونات مع قوة الجذب الكهروستاتيكي للإلكترونات نحو النواة ذات الشحنة المضادة (موجبة الشحنة).

وتعتبر أبعاد النواة صغيرة جداً إذا ما قورنت بأبعاد الذرة ككل، إذ يكون قطر الذرة في حدود  $10^{-10}$  -  $10^{-8}$  سم بينما يبلغ قطر النواة حوالي  $(10^{-10} - 10^{-13})$  سم. وكلما زادت شحنة النواة، كلما اشتد تدافع دقائق ( $\alpha$ ) بعيداً عنها وتكثر حالات الانحراف الحاد لدقائق ( $\alpha$ ) المارة عبر رقيقة اللز عن المسار الأصلي لها.

وبذلك فإن التجارب التي تجرى على تشتت دقائق ( $\alpha$ )، تسمح بالكشف عن وجود نواة الذرة، وكذلك تعيين شحنتها. وكما علمنا فإن عدد البروتونات في النواة والذي بدوره يساوي عدد الإلكترونات في كل الأغلفة يطلق عليه بالعدد الذري *Atomic Number*.

#### ترتيب الإلكترونات في الذرة:

وقد وضع بوهر *Bohr* في عام 1913 نظرية عن وضع الإلكترونات والتي مازالت حتى يومنا هذا تلقى قبولاً خاصة عند الكيميائيين، وقد استخدم في هذا ذرة الهيدروجين كمثال والتي تحتوي على بروتون واحد فقط وهو النواة والإلكترون واحد.

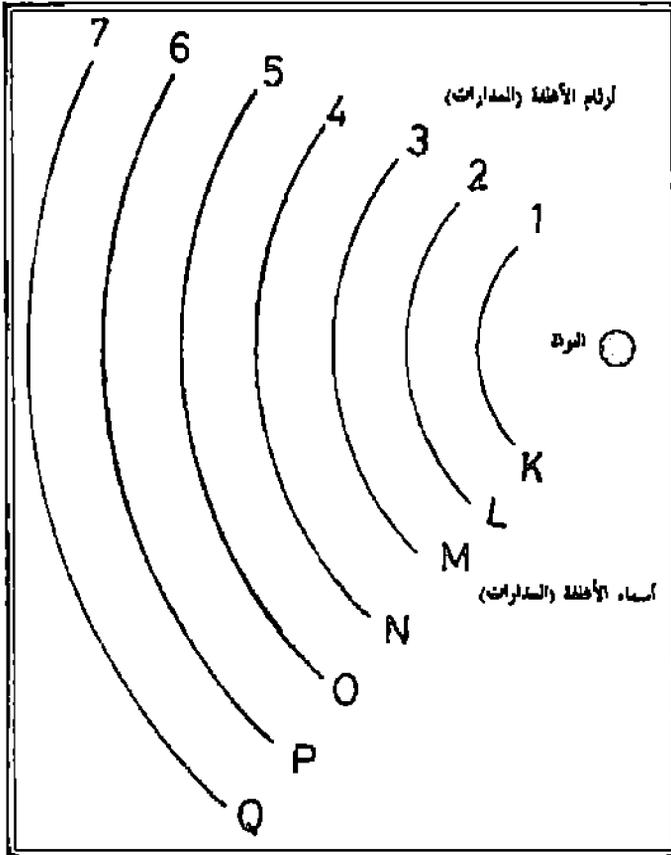
وقد اقترح بوهر وجود مدارات أو أغلفة دائرية (بيضاوية) على مسافات مجددة من النواة، تدور بها الإلكترونات بسرعات كبيرة جداً، وأن الطاقة الكلية للإلكترون تزداد كلما بعد المدار أو الغلاف الموجود به هذا الإلكترون عن النواة، وأن الإلكترون ينتقل من غلاف داخلي قريب للنواة إلى مدار آخر خارجي أبعد عن النواة، إذا اكتسبت طاقة، إلا أنه يعود لمداره الأصلي إذا فقد هذه الطاقة المكتسبة ويتم فقد هذه الطاقة في صورة ضوء بلون (أو تردد) محدد.

وقد وجد أن أقصى عدد للمدارات التي تحيط بنواة ذرة ما، في حالتها المستقرة، عبارة عن  $\nu$  مدارات ويرمز لها بالحروف التالية:

٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	رقم المدار
Q	P	O	N	M	L	K	رمزه

فأقرب هذه المدارات إلى نواة الذرة هو المدار الأول  $k-l$  وهو ذو مستوى الطاقة الأقل، بينما ابعد هذه المدارات عن النواة وأكثرها من حيث مستوى طاقة الإلكترونات به فهو المدار رقم 7-Q. انظر الرسم شكل (٦-٣).

كما وأن الإلكترونات الواقعة في نفس المدار أو الغلاف يكون لها نفس الطاقة تقريبا، وتزيد هذه الطاقة للإلكترونات في المدارات الأبعد عن النواة. كما وأن الغلاف الخارجى لأى ذرة لايمكنه أن يستوعب أكثر من (٨) ثمانية إلكترونات مهما كان ترتيبه في المدارات.



شكل (٦-٣)

وأيضاً فإن أقصى عدد للإلكترونات في أى مدار يمكن حسابه بالقاعدة البسيطة التالية: عدد الإلكترونات = ضعف مربع رقم القلاف.

فمثلاً المدار الرابع (٤) لذرة ما يكون عدد الإلكترونات به =  
 $2 \times 2 = 4 \times 2 = 8$  إلكترون.

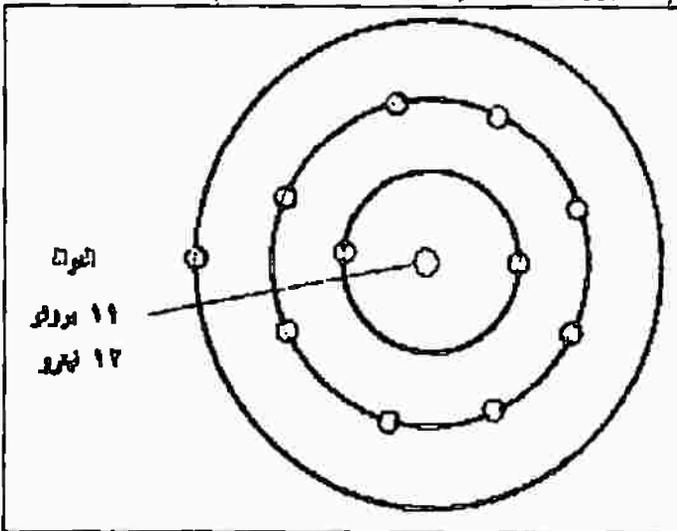
والمدار الثانى:

$2 \times 2 = 4 \times 2 = 8$  إلكترون.

والمدار الأول =  $2 \times 2 = 4$  إلكترون.

إلا أن هذه القاعدة لا تنطبق على المدارات الأبعد من الرابع [أى الخامس والسادس. O. P. 1].

ويوضح شكل (٣-٧)، رسماً تخطيطياً لتوزيع الإلكترونات في ذرة الصوديوم (١١ بروتون، ١١ إلكترون، ١٢ نيوترون).



شكل (٣-٧)

ويوضح الجدول التالى بعض العناصر وعدد البروتونات والإلكترونات بكل مدار بها، جدول (٣-٢).

جدول (٣-٢)

عدد الإلكترونات في كل مدار				عدد البروتونات	العنصر
الرابع $N$	الثالث $M$	الثاني $L$	الأول $K$		
			١	١	هيدروجين
			٢	٢	هيليوم
		١	٢ <sub>١</sub>	٣	ليثيوم
		٢	٢	٤	بريليوم
		٣	٢	٥	بورون
		٤	٢	٦	كربون
		٥	٢	٧	نيتروجين
		٦	٢ <sup>١</sup>	٨	أكسجين
		٧	٢	٩	فلورين
		٨	٢	١٠	نيون
	١	٨	٢	١١	صوديوم
	٢	٨	٢	١٢	مغنسيوم
	٣	٨	٢	١٣	ألومنيوم
	٤	٨	٢	١٤	سيلكون
	٥	٨	٢	١٥	فوسفور
	٦	٨	٢	١٦	كبريت
	٧	٨	٢	١٧	كلور
	٨	٨	٢	١٨	ارجون
١	٨	٨	٢	١٩	بوتاسيوم
٢	٨	٨	٢	٢٠	كالسيوم

للعنصر ويطلق عليه أحياناً بعدد البروتونات للعنصر *Proton Number*

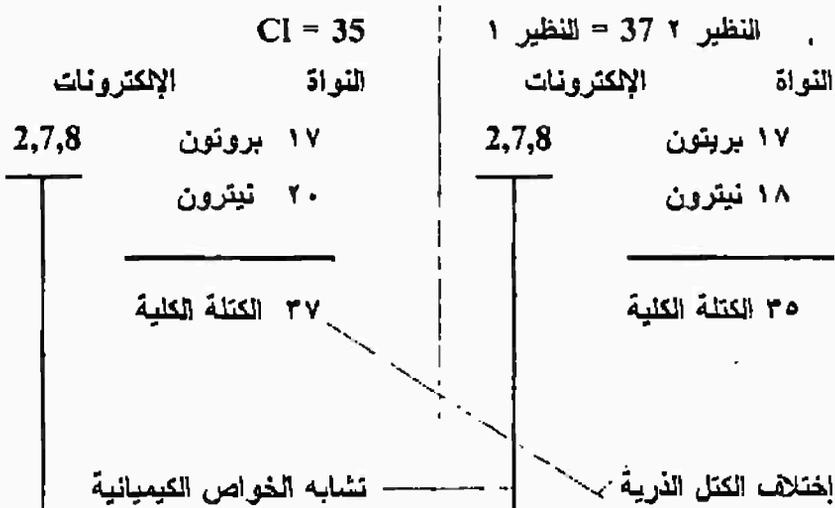
### [٣-٥] النظائر *Isotopes*

يكون تأثير النيوترونات على الخواص الكيميائية للذرة محدوداً بينما يكون تأثيرها في غاية الأهمية على وزن الذرة. فمثلاً ذرة الصوديوم ذات الـ ١١ بروتون، الـ ١٢ نيوترون تكون ذات كتلة ذرية كلية = ٢٣ وحدة، وتكون كتلة الـ ١١ إلكترون غير ذات أهمية.

وفي عالم الكيمياء تظهر لنا عدة حالات حيث يكون لدينا ذرتان مختلفتان لكل منهما نفس عدد البروتونات إلا أنهما يختلفان في عدد النيوترونات، وحيث أن لهما نفس عدد البروتونات، فإنه يكون لهما نفس عدد الإلكترونات ومرتبته بنفس الطريقة في المدارات، ويكون لهما نفس الخواص الكيميائية.

إلا أن اختلاف عدد النيوترونات يؤدي إلى اختلاف كتلتى الذرتين والعنصر الذى يكون له ذرات مختلفة في كتلتها إلا أنها متشابهة في خواصها الكيميائية، يطلق على ذراته بالنظائر.

وأفضل مثال للنظائر هو الكلور *chlorine*



ولقد كان دالتون يعتقد أن كل الذرات لنفس العنصر متشابهة تماماً، إلا أن وجود النظائر أثبت خطأ اعتقاده هذا، إلا أنه باستثناء بعض الحالات الخاصة المحدودة، فإن بعض العناصر التي لها نظائر تكون ذات خواص، بحيث تبدو كما

لو كانت كل ذراتها متساوية في الكتلة فالكلور مثلاً، وجد أنه ذو نظائر تكون مختلطة وبحيث يكون الوزن الذرى المتوسط = ۳۵.۵.

إلا أنه يجب ذكر، أنه بالرغم من تطور المفاهيم للذرية والقنابل الذرية التي تؤكد انشطار الذرات، إلا أنه يجب التعامل مع الذرات في مجال الكيمياء، كما لو كانت غير قابلة للانقسام.

ولليورانيوم Uranium نظيرين أساسيين لكل منهما ذرات ذات ۹۲ بروتون، ۹۲ الكترون، إلا أن أحد هذين النظيرين يحتوى على ۱۴۶ نيوترون ويرمز له بـ  $U=238$  بينما النظير الآخر يحتوى على ۱۴۳ نيوترون فقط، ويرمز له بـ  $U=235$  والنظير الأخف  $U=235$  يحتوى على حوالى ۰.۷% من اليورانيوم الطبيعى.

فإذا ما زاد عدد النيوترونات بمقدار ۱ لليورانيوم  $U235$  فإنها تصبح غير مستقرة وتنقسم إلى قسمين غير متساويين ويصحب هذه الظاهرة فقد صغير للكتلة، إلا أن النواتج النهائية يكون لها كتلة أقل قليلاً من اليورانيوم، وتنتقل في هذه الحالة كمية هائلة من الطاقة، في صورة حرارة أساساً طبقاً لنظرية أينشتاين  
:Einstein Equation

$$E=mc^2 \text{ حيث } E = \text{الطاقة، } m = \text{الكتلة المفقودة، } c = \text{سرعة الضوء}$$

$$[300,000 \text{ كم/ث أ، } 186,000 \text{ ميل /ث}]$$

وفي نفس الوقت تخرج نيوترونات، تمتصها الذرات الأخرى المجاورة من اليورانيوم وبذلك يستمر التفاعل ويطلق عليه بالتفاعل المتسلسل: Chain Reaction.

ويعبر عن كتلة كل من البروتونات والنيوترونات بعدد الكتلة A وهو أيضاً مقياس لكتلة الذرة  $[^{12}C_6 = 12]$

فإذا ما كان لدينا نظائر للعنصر فإنه يكون له (عدة) أعداد للكتلة تساوى عدد هذه النظائر. وبذلك فإنه إذا كانت كتلة اليورانيوم كبيرة (عدد ذرات أكبر) بدرجة كافية فإنه يحدث تفاعل مستمر يؤدي إلى تفجّر ذرى، وقد علمنا أن عدد البروتونات في النواة يطلق عليه بالعدد الذرى (Z) للعنصر تحت الاعتبار، إلا ان

عدد الكتلة النسبة Relative Atomic Mass لعنصر ما للأغراض العملية يكون عبارة عن متوسط وزن النظائر.

ولعنصر محدد فإن الوزن الذرى النسبى يكون دائماً ثابتاً، أو متقارباً جداً، فيما عدا النواتج ذات النشاط الإشعاعى. مثل الرصاص وفى بعض الحالات فإن الجداول الحالية للوزن الذرى النسبى تظهر بعض الاختلاف فى الأوزان الذرية النسبية نتيجة الاختلاف فى توزيع النظائر.

مثال: انظر جدول (٣-٣)

جدول (٣-٣)

العنصر	العدد الذرى Z عدد البروتونات	عدد الكتلة A بروتونات + نيوترونات	نيوترونات A-Z	الوزن الذرى النسبى
كلور ٢ نظير	١٧	$^{35}_{17}\text{Cl}$	١٨	٣٥.٤٦ (٣ ذرات من كلور ٣٥ لآذرة من كلور ٣٧ تقريباً)
		$^{37}_{17}\text{Cl}$	٢٠	

وللتمييز بين النظائر المختلفة لنفس العنصر فى كتابة الرموز والصيغ الكيميائية فإنه يتبع النظام البسيط التالى:

فنظير أى عناصر X مثلاً يكون له الرمز AZX، حيث A هى عدد الكتلة للنظير Z هى العدد الذرى لأى ذرة من X.

وبذلك فإنه لكل النظائر لعنصر ما، مثلاً، تكون Z ثابتة بينما A متغيرة وذلك لوجود أعداد مختلفة من النيوترونات فى النظائر المختلفة للعنصر، وفى المثال السابق فإنه تم إعطاء الرموز التالية لنظيرى الكلور وهما  $^{37}_{17}\text{Cl}$ ،  $^{35}_{17}\text{Cl}$  حيث تمثل Z العدد الكلى للبروتونات والنيوترونات فى نواة الذرة، وحيث أن Z هى عدد البروتونات (مساوية للعدد الذرى)، لذلك فإن عدد النيوترونات فى النواة لنظير مادة ما يمكن معرفته بـ:

$$\text{عدد النيوترونات فى النواة} = (A - Z).$$

ويكون عدد الكتلة لكثير من العناصر عدداً صحيحاً، فمثلاً:

الألومنيوم  $^{27}_{13}\text{Al}$

يحتوى على ١٣ بروتون ووزنهم النسبية = ١٣ .

١٣ إلكترون ووزنهم النسبى = صفر

١٤ نيترون ووزنهم النسبى = ١٤ .

وبذلك فإن الوزن الذرى لذرة الألومنيوم = ٢٧ .

ونفس الشئ ينطبق على الأوكجين مثلاً .

فى حين نجد أن النيون Neon، عدد كتلته = ٢٠,٢ .

والمغنسيوم Magnesium، عدد كتلته = ٢٤,٣ .

وهذه الأرقام غير الصحيحة، تم تفسيرها عام ١٩١٩ بواسطة العالم F. W. Aston، عندما اكتشف أن العنصر الواحد قد يكون له أكثر من عدد كتلة. وقد أطلق على ذرات العنصر الواحد التى لها ارقام كتلة مختلفة بالنظائر Isotopes، كما سبق، وكل نظير يكون له عدد كتلة يساوى رقماً صحيحاً، إلا أن متوسط عدد الكتلة للنظائر المختلفة المختلطة سويأ لايساوى دائماً صحيحاً كما سبق وأن بينا فى النيون والمغنسيوم.

ويوضح جدول (٣-٤) هذه النقاط باعتبار نظائر الهيدروجين.

جدول (٣-٤)

لنظائر الهيدروجين

هيدروجين - ٣ ويعرف أيضاً بـ Tritium تريتيوم	هيدروجين - ٢ ويعرف أيضاً بـ ديوتيريوم أو الهيدروجين الثقيل Deuterium	هيدروجين - ١	الرمز ط النواى
$^3_1\text{H}$	$^2_1\text{H}$	$^1_1\text{H}$	
١	١	١	عدد البروتونات
٢	١	صفر	عدد النيوترونات
١	١	١	عدد الإلكترونات
١	١	١	العند الذرى
٣	٢	١	عدد الكتلة

وبالنظر لهذا الجدول نجد أن الثلاث نظائر المختلفة للهيدروجين لها نفس الخواص الكيميائية لأن لكل منها نفس عدد الإلكترونات، إلا أنها تختلف في الخواص الفيزيائية لأن كثافة كل من هيدروجين - ١، هيدروجين - ٢، هيدروجين - ٣ مختلفة. كما أن لها نقط انصهار مختلفة وكذلك نقاط غليان مختلفة.

ويمكن إظهار التشابه والاختلاف بين النظائر لنفس العنصر بالجدول التالي، جدول (٥-٣).

جدول (٥-٣)

نظائر لها نفس...	نظائر تختلف في...
عدد البروتونات	عدد النيوترونات.
عدد الإلكترونات	عدد الكتلة.
العدد الذري	الخواص الفيزيائية
الخواص الكيميائية	

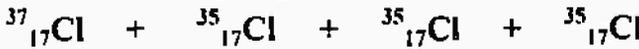
ويوضح جدول (٦-٣) كيفية حساب عدد الكتلة النسبة للكور.

جدول (٦-٣)

طريقة حساب عدد الكتلة النسبي للكور

يحتوى الكور الطبيعي على ٣ ذرات كلور ٣٥

لكل ذرة كلور ٣٧ (أى أربع ذرات)



بالنسبة للكور  $^{35}_{17}\text{Cl}$  عدد الكتلة النسبي = ٣٥

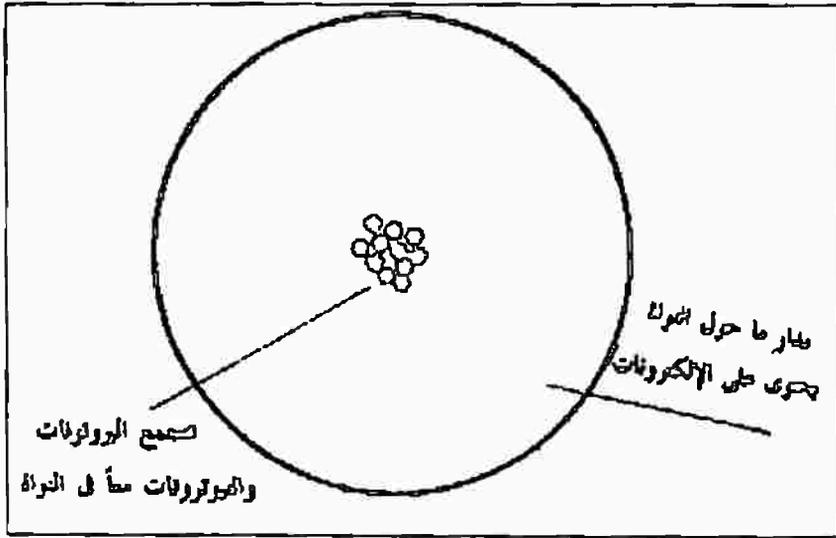
، بالنسبة للكور  $^{37}_{17}\text{Cl}$  عدد الكتلة النسبي = ٣٧

∴ عدد الكتلة النسبي للكور =

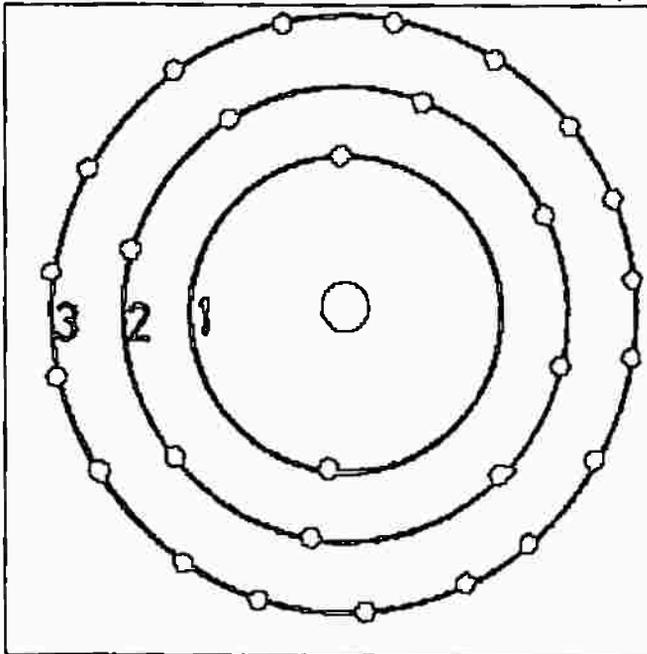
$$٣٥,٥ = \frac{١٤٢}{٤} = \frac{٣٧ \times ١ + ٣٥ \times ٣}{٤}$$

ويوضح شكل (٨-٣) توزيع كل من الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات

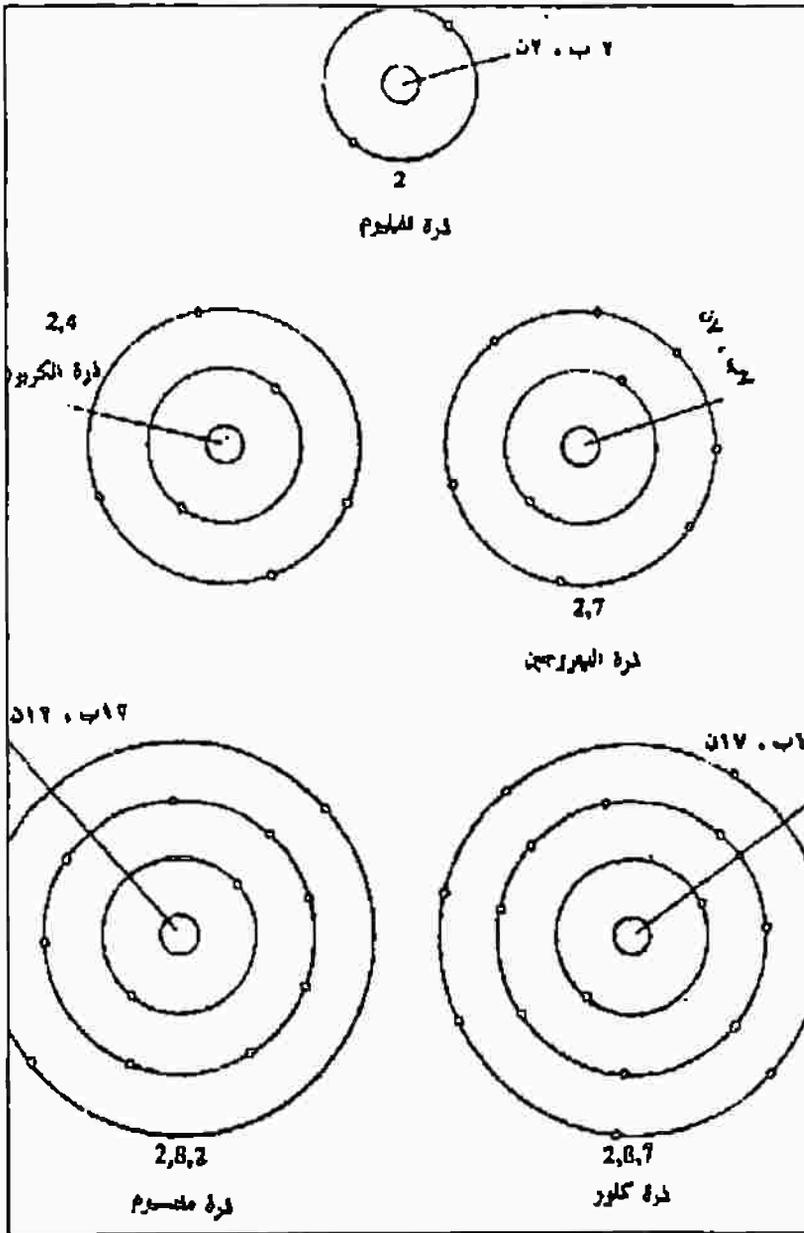
في ذرة ما.



في حين يوضح شكل (٣-٩) أقصى عدد الإلكترونات في المدارات ١ . ٢ . ٣ (K, L, M).

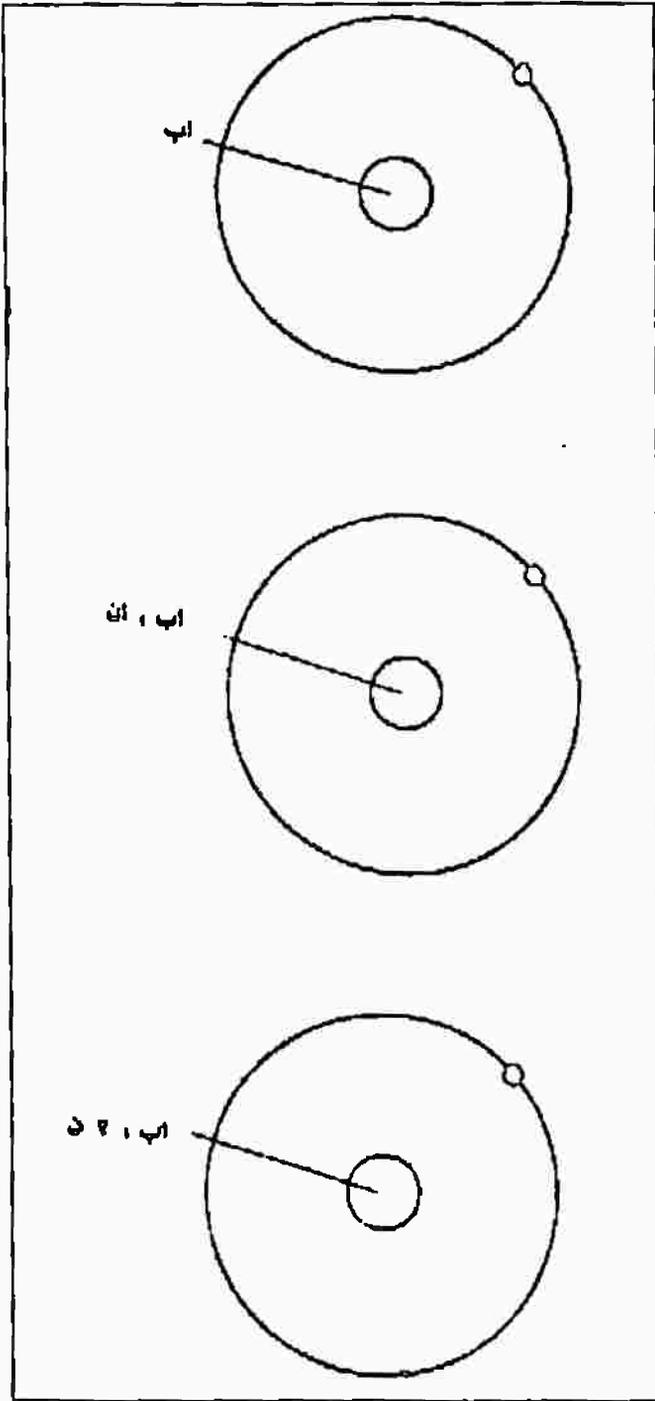


ويوضح شكل (٣-١٠) الرسم التخطيطي لذرات بعض العناصر.



شكل (٣-١٠)

ويوضح شكل (٣-١١) الرسم التخطيطي للهيدروجين ونظائره.



شكل (٣-١١)

[٦-٢] تصحيح مفهوم نظرية دالتون:

أ- تتكون المواد من جسيمات صغيرة لا تتجزأ تصورات بالذرات:  
لا يمكننا اعتبار أن الذرة غير قابلة للتقسام، فالعناصر المشعة تنقسم طوعاً وبحيث تنطلق من نوى هذه المواد جسيمات، وتتغير المادة إلى مادتين أقل تعقيداً، فمثلاً الراديوم. يتحلل وينتج منه غازين نبلين وهما الهيليوم والرادون. وقد اكتشف كل من العالمين الفرنسيين بيكريل Bequerel. ماري كوري Marie Curie انطلق أشعة معينة أثناء عملية التحلل هذه، كل هذا يؤكد خطأ فرضية دالتون عن الذرة.

ب- ذرات المادة الواحدة متشابهة تماماً:

وقد أصبحت هذه الفرضية مرفوضة تماماً الآن، فظاهرة النظائر التي سبق وأن درسناها تخالف هذا الفرض.

فمثلاً البوتاسيوم له النظيرين  $^{39}_{19}K$  و  $^{41}_{19}K$  ، كل منهما تحتوى ذرته على ١٩ بروتون، ١٩ إلكترون مرتبة في المدارات كالتالي: ٢، ٨، ٨، ١. وبذلك فإن لهما نفس العدد الذري ونفس الخواص الكيميائية إلا أن النظير ٤١ له عدد من النيوترونات (٢٢ نيوترون) يزيد بمقدار اثنين عن النظير ٣٩. وهذا يجعل ذرة النظير ٤١ أثقل من ذرة النظير ٣٩.

ج- الذرات لا تتلصق ولا تتفكك:

إن حقيقة أن المادة لا تفنى ولا تستحدث من العدم مقبولة في حدود التفاعلات الكيميائية المعتادة، حيث يتم التفاعل والاتحاد بين الذرات كوحدة كاملة دون الدخول في تفاصيلها. أما بالنسبة للتفاعلات النووية حيث يمكننا شطر نواة الذرة إلى وحدات أصغر وبالتالي تحول الذرة إلى ذرتين من مادتين مختلفتين. كما سبق وأن أوضحنا في حالة الراديوم وتحوله إلى الهيليوم والرادون فالبيورانيوم  $U = ٢٣٥$  . يمكنه اكتساب نيوترون في نواة ذرته ثم سرعان ما ينقسم إلى جزئين غير متساويين في ارقامهم الذرية ٩٥، ١٤٠ تقريباً.

د- الذرات تتحد في أعداد صحيحة صحيحة:

وهذه الفرضية يمكن قبولها لمعظم المواد إلا أن الكربون، يشكل مركبات في غاية التعقيد في الكيمياء العضوية Organic Chemistry، كما ويظهر السيليكون في سيليكات غاية في التعقيد.

## مشاهير العلماء في الكيمياء

١- ماري كوري - بيكلودونسكايا

١٨٦٧ - ١٩٣٤

ولدت في ٧ نوفمبر عام ١٨٦٧ في وارسو ببولندا، وكان والدها يدرس الرياضيات والفيزياء بنفس مدرستها، وقد تخرجت من الجامعة في باريس، واهتمت ماري مع زوجها الفرنسي بيير كوري بدراسة ظاهرة النشاط الإشعاعي، كما منحت تقديراً لاكتشافاتها البارزة في هذا المجال، حيث نالت درجة الدكتوراة في العلوم الفيزيائية.

وعندما توفي زوجها عام ١٩٠٦، استمرت ماري في متابعة نشاطها العلمي في مجال دراسة العناصر المشعة.

وفي عام ١٩٠١ تمكنه من الحصول على فلز الراديوم لأول مرة، وقد منحت ماري كوري جائزة نوبل مرتين مرة في الكيمياء، ومرة في الفيزياء، كما كانت عضواً شرفياً في كثير من الجمعيات والأكاديميات العلمية بأوروبا.



انظر الرسم شكل (٣-١٢)

شكل (٣-١٢)

## ٢- أرنست رذرفورد

يعتبر العالم الإنجليزي أرنست رذرفورد من أشهر العلماء في مجال النشاط الإشعاعي وبناء الذرة وتركيبها.

ولد في الثلاثين من أغسطس عام ١٨٧١ في مدينة نلسون بنيوزيلندا، وكان أستاذا للفيزياء في جامعة مونتريال بكندا. ثم عمل أستاذا في جامعة مانشيستر اعتباراً من عام ١٩٠٧م ثم في جامعة كامبردج منذ عام ١٩١٩.

وقد بدأ اهتمام رذرفورد في دراسة النشاط الإشعاعي للمواد اعتباراً من عام ١٩٠٠، حيث اكتسب ثلاثة أنواع مختلفة من الإشعاعات التي تبتها المواد المشعة، كما اقترح مع العالم (سودي) نظرية للتفكك الإشعاعي.

كما برهن على تكوين الهيليوم في أثناء الكثير من العمليات الإشعاعية، ويعتبر رذرفورد هو مكتشف نواة الذرة، وهو واضع النموذج النووي للذرة مؤسساً بذلك العلم الحالي لبناء الذرة.



وفي عام ١٩١٩ حقق ولأول مرة تحولاً اصطناعياً لبعض العناصر الثابتة وذلك بقذفها بقذائف من جسيمات ألفا ( $\alpha$ ). وقد منح جائزة نوبل عام ١٩٠٨. انظر الرسم شكل (٣-١٣).

شكل (٣-١٣)