المحاضرة الأولى

بنية الذرات والنظرية الذرية

الكيمياء علم يهتم بالمواد وخواصها وبنيتها والتفاعلات التي تقود إلى تشكيل مواد جديدة.

أثناء عملية إنتاج مواد البناء تحصل غالباً تفاعلات كيميائية وغالباً تملك الأضرار التي تحصل في البناء طبيعة كيميائية أو فيزيائية، ومن الأمثلة العملية نذكر:

- $3CaCO_3 + SiO_2 \rightarrow Ca_3SiO_5 + 3CO_2$
(تفاعل يحصل أثناء تشكل كلينكر الإسمنت البورتلاندي)
- $CaSO_4.0,5H_2O + 1,5H_2O \rightarrow CaSO_4.2H_2O$
(تفاعل إماهة أثناء تصلب الجبس)
- $CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$

1-1 أنواع مواد البناء:

من الناحية الكيميائية يُميز بين الأنواع التالية من مواد البناء:

- مواد بناء لامعدنية لاعضوية (مثلاً الإسمنت، الجبس، الكلس، القرميد، الحجر الطبيعي)
- مواد بناء معدنية (مثلاً الفولاذ ومواد معدنية أخرى)
- مواد بناء عضوية (مثلاً الخشب، البيتومين، والبلاستيك)

1-2 بنية الذرة:

يشكل فهم بنية الذرة الأساس لفهم عمليات التحول المادي التي تجري كعمليات ميكروبية أثناء تشكل مادة البناء أو حصول الضرر فيها.

يقصد بالعمليات الميكروبية العمليات التي تجري في أصغر وحدات المادة خلال العمليات الصناعية، مثل هذه الوحدات يمكن أن تكون دقائق مادة صلبة، غروية، قطرات، فقاعات...

تشكل الذرة أصغر جسيم من العنصر ويحوي كل خواصه ولايمكن تقسيمه بالوسائل الكيميائية، تتألف الذرة من:

- نواة مكونة من بروتونات موجبة الشحنة وكمية مماثلة من النيوترونات معتدلة الشحنة. تملك البروتونات كتلة مطابقة تقريباً لكتلة النيوترونات. تبلغ كتلة البروتون 1.0073(واحدة الكتلة الذرية) في حين تبلغ كتلة النترون 1.0087(واحدة الكتلة الذرية). تشغل النواة حيزاً صغيراً بالنسبة لنصف قطر الذرة وهذا يعني أن جزءاً كبيراً من كتلة الذرة تتمركز في النواة.

- الكترونات سالبة الشحنة تدور حول النواة في مدارات محددة، كتلة الالكترون أصغر بكثير من كتلة البروتون أو النيوترون (تمثل $\frac{1}{1837}$ من كتلة البروتون أو النيوترون). شحنة الالكترون سالبة تساوي شحنة البروتون الموجبة وبما أن الذرة معتدلة كهربائياً لذلك يتطابق عدد الالكترونات مع عدد البروتونات.

يمثل مجموع البروتونات والنيوترونات في النواة عدد الكتلة للذرة A، أما عدد البروتونات داخل النواة أو عدد الالكترونات خارج النواة فيمثل العدد الذري للذرة Z. ويطلق على كل من البروتون والنترون اسم مشترك هو النوكليون.

يُرمز عادةً لنواة العنصر برمز العنصر مقروناً بلعددين A,Z على الشكل $_{Z}^{A}X$)، فيرمز لنواة الصوديوم بـ ($_{11}^{23}Na$) ولنواة الكالسيوم بـ($_{20}^{40}Ca$).

يوضح الجدول رقم (1) خواص مكونات الذرة.

الجدول (1-1): خواص مكونات الذرة

الجسيم	الكتلة (g)	رقم الكتلة	الشحنة
Proton	1.67×10^{-24}	1.007276	+1
Neutron	1.67×10^{-24}	1.008665	0
Electron	9.11×10^{-28}	0.0065486	-1

- تدور الالكترونات حول النواة في مدارات معينة (مدارات رئيسية) لكل منها سوية طاقة، تُميز الطبقات الرئيسية بواسطة العدد الكوانتي الرئيسي n.

n عدد الكوانتي الرئيسي	1	2	3	4	5	6
الطبقة (المدار) الرئيسية	K	L	M	N	O	Q

يدل هذا العدد على سوية الطاقة التي يتواجد فيها الالكترون. مع ازدياد قيمة n تزداد طاقة الالكترون (مع ازدياد البعد عن النواة). تأخذ n قيماً صحيحة .....n=1,2,3,4 ، عدد الالكترونات في كل طبقة رئيسية يعادل **$2n^2$**، ويصدر الالكترون أو يمتص مقداراً محدداً من الطاقة عندما ينتقل من مدار إلى آخر، وتكون الطبقة الالكترونية ثابتة عندما تصل إلى حمولتها الكاملة من الالكترونات.

عدد الالكترونات في الطبقة الرئيسية = $2n^2$

1-2-1 طاقة ارتباط النواة:

تُعرف **طاقة ارتباط النواة** بأنها الطاقة المنتشرة أثناء تشكل النواة نتيجة نقص كتلة النواة عن مجموع كتلة النكليونات المكونة لها.

يمكن توضيح التعريف السابق من خلال المثال التالي:

يبين الحساب أنه يحدث نقص في كتلة البروتونات والنترونات عندما تتحد معاً لتكوين النواة، من أجل ذلك نأخذ نواة الهليوم He_2^4 ونحسب كتل مكوناتها وهي حرة طليقة.

كتل المكونات = عدد البروتونات × كتلة البروتون + عدد النترونات × كتلة النترون

= 2 × 1.0073 + 2 × 1.0087

= 4.032 واحدة الكتلة الذرية

وإذا علمنا أن كتلة نواة الهيليوم = 4.0015 واحدة الكتلة الذرية فإننا نلاحظ أنه يوجد نقص في الكتلة: (واحدة الكتلة الذرية) $\Delta m = 4.032-4.0015 = 0.0305$

هذا النقص في الكتلة Δm يتحول إلى طاقة ΔE تربط مكونات النواة بعضها إلى بعض وتُحسب هذه الطاقة من علاقة آينشتاين: $\Delta E = \Delta m \cdot V_L^2$ باعتبار أن V_L هو سرعة انتشار الضوء في الخلاء.

بينت الدراسة أن أكثر النوى استقراراً هي النوى التي تكون أعداد كتلتها ضمن المجال (75-50)، حيث تمتلك طاقة ارتباط كبيرة، في حين تكون النوى التي يزيد أعداد كتلتها عن 100 أقلها استقراراً.

1-2-2 النظائر:

تُعرف نظائر عنصر ما بأنها ذرات من العنصر نفسه تحوي العدد نفسه من البروتونات وتختلف بعضها عن بعض بعدد النترونات، فهي إذاً تتفق بالعدد الذري Z وتختلف عن بعضها بعدد الكتلة A، وعلى ذلك يكون لجميع نظائر العنصر خاصيات كيميائية مشتركة، أما الخاصيات الفيزيائية فهي مختلفة. وُجد مثلاً لعنصر الكلور نظيران: Cl_{17}^{37}، Cl_{17}^{35} ووُجد لعنصر الهيدروجين ثلاثة نظائر: H_1^1، H_1^2، H_1^3.

1-3 الروابط الكيميائية:

تتشكل الروابط الكيميائية عندما تندمج الكترونات المدارات الخارجية للذرات لتعطي مركباً ذا ثبات أكبر، هذا يعني أن التجمع الجديد يملك مستوى طاقة أقل من مستوى الطاقة لمجموع التجمعات الالكترونية المبدئية.

1-3-1أنواع الروابط :

توجد ثلاثة أنواع من الروابط الكيميائية هي:

- الرابطة الذرية - الرابطة الأيونية - الرابطة المعدنية

<u>أولاً الرابطة الذرية (المشتركة):</u>

تتميز الرابطة الذرية بتشارك ذرتين بزوج الكتروني (تداخل المدارات)، يمكن أن تتشكل هذه الرابطة بين ذرتين متشابهتين أو مختلفتين، وتدعى الجزيئات التي تكونت بالجزيئات المتجانسة الأقطاب أو اللاقطبية.

<u>* أهم خواص المركبات التي تحوي جزيئاتها رابطة مشتركة:</u>

١- تتميز المركبات المتجانسة الأقطاب بالشبكات الجزيئية لبلوراتها، لأنها جزيئات وليست شوارد.

٢- المركبات المتجانسة الأقطاب تنصهر وتتبخر بسهولة لعدم وجود قوى تجاذب كهربائي ساكن.

٣- لا ينقل مصهورها ولا محلولها المائي التيار الكهربائي لعدم وجود الشوارد فيهما.

٤- الجزيئات المتجانسة الأقطاب أقل فعالية من الجزيئات المختلفة الأقطاب لأن الرابطة المشتركة أقوى من الرابطة الشاردية.

ثانياً الرابطة الأيونية (الشاردية):

هي رابطة كيميائية تقوم على قوة الجذب الكهربائي بين أيونين مختلفي الشحنة، تحصل هذه الرابطة بين مواد معدنية ومواد غير معدنية، يشكل المعدن المشحون إيجابياً الكاتيون أما غير المعدن المشحون سلباً فيشكل الأنيون. $Na^+ + Cl^- \rightarrow NaCl$

تسمى المركبات ذات الروابط الشاردية بالمركبات مختلفة الأقطاب

*** أهم خواص المركبات مختلفة الأقطاب:**

١- يزداد استقرار هذه المركبات كلما ازداد الفرق بين كهرسلبية العنصرين المشكلين للجزيء.

٢- بلوراتها ليست لدنة أو قابلة للتصفيح، لأن أقل تشوه تخضع له يسبب اقتراب الشوارد المتماثلة من بعضها فتزداد قوى التنافر بينها ونفصم البلورة قبل أن تبلغ موقعاً جديداً ثابتاً.

٣- درجات انصهارها مرتفعة وذلك بسبب التجاذب الكهربائي الساكن بين الشوارد المختلفة.

٤- ينقل مصهورها ومحلولها المائي التيار الكهربائي بشكل جيد بسبب احتوائه على الشوارد.

٥- تكون التفاعلات بين الشوارد سريعة وآنية في كثير من الأحيان وتتمتع الجزيئات المختلفة الأقطاب بفعالية كبيرة.

ثالثاً الرابطة المعدنية:

تتشكل هذه الرابطة بين ذرتين معدنيتين أو أكثر وهي روابط الكترونية يكونها زوج الكتروني مشترك غير ثابت يتكون آنياً من ذرتين معدنيتين لكن سرعان مايبتعد مكوناه ليكون كل منهما زوجاً الكترونياً مشتركاً مع الكترون من ذرة مجاورة، وهكذا يمكن اعتبار المعدن شبكة من الشوارد الموجبة مغمورة في بحر من الالكترونات الحرة، أو شبكة من الكاتيونات الموجبة ضمن غاز من الالكترونات تربط الشوارد ببعضها وهذا مايفسر الناقلية الكهربائية والحرارية الجيدة للمعادن.

تعود متانة المعادن إلى قوة الرابطة المعدنية المتشكلة بين ذراتها وتزداد متانة المعادن وقساوتها ودرجات انصهارها بازدياد عدد الالكترونات التكافؤية التي تساهم في الرابطة المعدنية، فالبوتاسيوم يملك الكتروناً تكافؤياً للارتباط بينما الكروم يمتلك ستة الكترونات تكافؤية تشكل ستة أزواج ارتباطية وبما أن قوة ارتباط ستة أزواج تشاركية أشد قوة من ارتباط زوج تشاركي واحد، لذلك يكون الكروم أكثر صلابة وأعلى درجة انصهار من البوتاسيوم.

1-4 حالة المواد:

في التوزع الفراغي للذرات والأيونات والجزيئات يمكن التمييز بين حالتين حديتين:

- توزع فراغي غيرمنتظم لجسيمات مستقلة تماماً عن بعضها البعض (حالة الغاز المثالي).
- جميع الجسيمات منظمة في منظومة مرتبة (حالة البلورة المثالية).

بين هاتين الحالتين (حالة الفوضى الأعظمية وحالة الترتيب الأعظمي) تتواجد المواد الحقيقية وذلك في الحالة الغازية والحالة السائلة والحالة الصلبة.

1-4-1 الحالة الغازية والحالة السائلة:

تُستخدم للتعبير عن الحالة الغازية واحدات الحالة الغازية وهي الضغط P، والحجم V، ودرجة الحرارة T، وكمية المادة n. في حالة الغاز المثالي تجوز العلاقة التالية:

$$P.V = n.R.T$$

$$n = m/M \text{ (عدد المولات)}$$

m: الكتلة M: الكتلة المولية R: ثابت الغازات العامة (R=8.314 J/mol.K)

تتميز الحالة السائلة بقوة الارتباط المتبادلة بين الذرات/ الجزيئات حيث تكون أقوى من نظيرتها في الحالة الغازية، هذا يعني أن ابتعاد الدقائق عن بعضها البعض قليل لكنها تتمكن من الحركة وإزاحة بعضها البعض.

1-4-2 الحالة الصلبة:

يتواجد القسم الأكبر من المواد الصلبة في الحالة البلورية، أي أن المادة تتكون من بلورات تتوضع فيها البنية الأساسية (الذرات، الأيونات، الجزيئات) بشكل منتظم.

على نقيض ذلك تتواجد المواد الصلبة شبه البلورية في بنية غير منتظمة أو منتظمة بشكل ضعيف، نموذج بناء البلورة هو الشبكة البلورية ثلاثية الأبعاد والتي تسمى الشبكة الفراغية.

تتعلق مواصفات مادة البناء وبالتالي استخداماتها بشكل وثيق ببنية وهيكلية مكوناتها، فعند الرغبة في تحسين خاصية ما (الصلابة، الثباتية) يجب فحص البنية الداخلية للمادة ومحاولة التأثير عليها. من خلال تغيير ممنهج للبنية والهيكلية يمكن تحسين مواصفات مواد البناء المتوفرة وتطوير أنواع جديدة منها..