الكيمياء العامة

الحساب الكيميائي

الجدارة : القيام بالحسابات المطلوبة لوصف التفاعلات و الكيمياويات

الأهداف :

- أن يستخدم الطالب وحدات القياس السليمة و يستطيع تحويل الوحدات من النظام الدولي و النظم الأخرى.
- أن يكتب الطالب الصيغ الكيميائية الصحيحة للمواد الكيميائية و يستنتج الصيغ الوضعية و الجزيئية و البنائية و الفراغية.
- أن يكتب الطالب المعادلات الكيميائية و يذكر الشروط و الكميات المرافقة في المعادلات. كذلك يستنتج نوع التفاعل.
- أن يحسب التركيزات بالوحدات المناسبة و يحول طرق التعبير عن تركيز المواد.

الوقت المتوقع للدراسة : أربع ساعات.

متطلبات الجدارة : لا يحتاج المتدرب إلى متطلب سابق لدراسة هذه الوحدة.

الحساب الكيميائي Chemical Calculus

وحدات القياس:

للتعبير الكمي عن أي صفة أو خاصية فيزيائية أو كيميائية يلزم استخدام وحدة للقياس متفق عليها من الجميع وهناك نظام متفق على استخدامه يسمى بالنظام الدولي للوحدات ويطلق عليه اختصارا نظام SI. والوحدات الأساسية في النظام الدولي موجودة في الجدول (1-1).

جدول(1-1): الوحدات الأساسية في النظام الدولي للقياس.

UNIT	رمز الوحدة	الوحدة	QUANTITY	الكميه
Kilogram	kg	كيلوجرام	Mass	الكتلة
meter	m	متر	Length	الطول
Second	s	ثانية	Time	الزمن
mole	mol	مول	Amount of matter	كمية المادة
Kelvin	K	كلفن	Temperature	درجة الحرارة
Ampere	A	أمبير	Current intensity	شدة التيار الكهربي
Candle	cd	قنديلة	Luminescence intensity	شدة الاستضاءة(الوميض)

و بمعلومية الوحدات الأساسية يمكن اشتقاق الوحدات الأخرى المطلوبة . ويعرض الجدول (1-2) بعض الوحدات المشتقة المهمة.

جدول (1-2) : وحدات مشتقة من النظام الدولي.

UNIT	رمز الوحده(الاشتقاق)	الوحدة	QUANTITY	الكمية
Joule	$J(kgm^2/s^2)$	جول	Energy	الطاقة
Pascal	$Pa(kg/ms^2)$	باسكال	Pressure	الضغط
Newton	$N(kgm/s^2)$	نيوتن	Force	القوه
Watt	W(J/s)	وات	Power	القدرة
Volt	V(J/C)	فولت	Potential	الجهد الكهربي
-	m^3	متر	Volume	الحجم

وعادة ما تكون الكمية المقاسة صغيرة جدا أو كبيرة جدا بحيث لايكون من المناسب كتابة الوحدة الدولية وللتغلب على ذلك أشتقت مضاعفات للوحدة مشتقة جميعها من العدد عشرة وتضاف في مقدمة رمز الوحدة للدلالة على القيمة الجديدة.

١. مضاعفات الوحدات

Kilo(k) $= 10^3$
Miga(M) $=10^6$
Giga(G) $=10^9$
Tetra(T) $=10^{12}$

مثلاً: بدلاً عن القيمة 1000,000 m يكتب 1 Mm .

وبدلا عن القيمة 36,000,000,000 s يكتب 36 Gs.

٢. أجزاء ا لوحدات

Milli (m) $=10^{-3}$
Micro (μ) $=10^{-6}$
Nano (n) $=10^{-9}$
Pico (p) $=10^{-12}$

مثلاً: بدلاً عن القيمة 0.00000021 g يكتب 0.21μg .

وهناك بعض المضاعفات والأجزاء لوحدة الطول خاصة مثل

Decimeter (dm) = 0.1m
Centimeter(cm) = 0.01m

كما و مازالت الوحدات المشتقة من النظام المعروف بالاختصار c.g.s شائعة الاستعمال. في هذا النظام يقاس الطول بوحدة cm والكتلة بوحدة g والزمن بوحدة s. ومن الوحدات المشتقة من هذا النظام، وحدة dyne للقوة و erg للطاقة والشغل . والجدول (3-1) يعرض بعض الوحدات الشائعة خارج النظام الدولي.

جدول (3-1): وحدات شائعة خارج النظام الدولي.

UNIT	رمز الوحدة	الوحدة	QUANTITY	الكمية
Atmosphere Millimeter Hg bar	atm mm Hg =torr bar	جوي تورش أو ملم زئبقي بار	Pressure	الضغط
Liter	L	لتر	Volume	الحجم

درجة الحرارة	Temperature	درجه مئوية	^oC	Celecius
الزمن	Time	دقيقة ساعة يوم سنة	min h d y	Minute Hour day year
الكثافة	Density	جرام/سم^3	g/cm^3	-
القوه	Force	داين	dyne	dyne
الطاقة	Energy	ارج	erg	erg

ومن التحويلات المفيدة بين النظام الدولي والنظم الأخرى:

لدرجة الحرارة $1K = 1^oC + 273.15$

للحجم $1L = 0.001\ m^3$

للضغط $1mm\ Hg = 1torr$

$1bar = 10^5\ p$

$1atm = 101.325kpa = 760\ torr = 760mm\ Hg$

للزمن $1year = 365.25\ d$

$1day = 24\ h$

$1h = 60\ min$

$1min = 60\ s$

للطاقة $1J = 10^7\ erg$

للقوة $1Newton = 10^5\ dyne$

بعض الكميات المهمة في الكيمياء :

١. الحجم :

هو المكان الذي تشغله المادة في الفراغ ووحدته الدولية(m)

الحجم = المساحة × الإرتفاع

و الوحدة الشائعة في الكيمياء هي اللتر وأجزائه، مثل المليلتر mL والميكرولتر µL . وإذا كان الشكل منتظم (كرة ،مكعب ،منشور،....) يمكن حساب حجمه من الأبعاد . كما يمكن استخدام طريقة إزاحة حجم من الماء بغمر الجسم غير المنتظم لتعيين حجمه .

٢. الضغط:

هو القوه المؤثرة على وحدة المساحات، ووحدته الدولية باسكال(Pa)

الضغط = القوه ÷ المساحة

والوحدة الشائعة في الكيمياء هي الضغط الجوي (atm) لأهمية معرفة الحاجة للكبس أو التفريغ في المفاعل الكيميائي نسبة إلى الضغط الجوي العادي .

والضغط الجوي يكافئ ارتفاع عمود من الزئبق مساويا 76 cm ومساحة مقطعه $1\ cm^2$. كما يَشيع استعمال المانومتر الزئبقي لقياس الضغط في الكيمياء، وهنا تكون وحدة mm Hg هي المباشرة.

٣. الطاقة :

هي القدرة على بذل الشغل ووحدتها الدولية الجول (J) ، ويعرف الجول بأنه الشغل اللازم لنقل 1kg بتسارع (عجلة) مقدارها $1\ m/s^2$ لمسافة 1m.

الطاقة = القوة × المسافة

وبينما يُفَضل استخدام وحدة J في قياس الشغل الميكانيكي وغيره، فإن الطاقة الحرارية هي الأكثر شيوعا في الكيمياء، وعليه يُفَضل استخدام وحدة الطاقة الحرارية وهي السعر الحراري (الكالوري) cal= calorie. حيث: $1cal = 4.184\ J$

الصيغ الكيميائية Chemical Formulas :

هي طريقه رمزية للتعبير عن تركيب المواد الكيميائية بحيث يصبح الفهم والتعامل أفضل، مثل استخدام الأعداد عوضا عن كتابتها لغويا. وتصبح هذه الصيغ ضرورة عند كتابة المعادلات المعبرة عن التفاعلات الكيميائية . وبالطبع أفضل الصيغ هي التي تصف التركيب الفراغي للمادة وكيفية ترابط الذرات المكونة للمادة وتسمى هذه بالصيغة التركيبية أو البنائية Structural Formula ، وللوصول إلى هذه الصيغة لابد أولا من معرفة نسب ذرات العناصر المكونة للمادة، و وزن الجزيء الجرامي mole من المادة، والخواص الكيميائية التي تساعد على إدراك المجموعات الفعّالة (الذرات المكونة للروابط) .

١. **الصيغة الوضعية** Empirical formula :

هي أول الصيغة وأبسطها للوصف الكمي للمادة. بعد التعرف على العناصر المكونة للمادة، يتم تقدير النسب المئوية للمكونات. بالقسمة على ١٠٠ يمكن الحصول على نسب الأوزان المكونة لجزيء واحد من المادة. و بالقسمة مرة ثانية لكل مكون على وزنه الذري يمكن الحصول على نسبة أعداد الذرات المكونة للجزيء . أخيرا نقسم النسب على أصغرها فنحصل على صورة مبسطة للصيغة الو ضعية.

مثال : حُلِلت عينة من الماء النقي فُوجِدت النسب الآتية للمكونين، الأكسجين و الهيدروجين:

11.1% H , 88.9% O ،

أوجد الصيغة الوضعية للماء؟.

الحل : - نحول النسب المئوية إلى جزيء واحد بالقسمة على ١٠٠ :

0.111 H + 0.889 = 1.00 ماء

- نقسم كل مكون على عدده الذري

0.111/1 : 0.889/16
0.111 : 0.0556

- نقسم النسبتين على الأصغر منهما

0.111/0.0556 : 0.0556/0.0566
1.996 : 1
2:1

أي أن الصيغة هي ٢ هيدروجين إلى ١ أكسجين. ويمكن التعبير عن ذلك بالصيغة الوضعية H_2O، حيث يكتب خلف رمز العنصر عدد الذرات (تسمى لاحقة سفلية Subscript).

٢. الصيغة الجزيئية Molecular formula :

يلي معرفة الصيغة الوضعية محاولة الوصول إلى العدد الحقيقي من كل ذرة عنصر مكون للجزيء. لاحظ أن الصيغة الوضعية ليست أكثر من نسب أعداد الذرات المكونة للجزيء. مثلا قد يكون جزيء الأكسجين H_2O أو H_4O_2 أو H_8O_4 وهكذا . لاحظ أن النسبة $HO_{1/2}$ أو $H_{2/3}O_{1/3}$ غير مقبولة، لأنه لا يوجد كسر من الذرة بل عدد صحيح . يتم الوصول إلى الصيغة الجزيئية بتقدير الوزن الجزيئي بطريقة مناسبة، مثل مطياف الكتلة mass spectrograph، أو من الخواص الجامعة colligative properties. وهكذا من محصلة نسب ذرات العناصر والوزن الذري للجزيء يمكن التوصل إلى الصيغة الصحيحة للجزيء.

مثال : قدر الوزن الجزيئي للماء بمقدار 18.003g، والصيغة الوضعية للماء هي H_2O . أكتب الصيغة الجزيئية للماء . وزن الماء = وزن الذرات المكونة للماء

$2H + O = 2 \times 1 + 1 \times 16 = 18$

إذا الصيغة الوضعية للماء H_2O هي أيضا الصيغة الجزيئية (18.003 = 18).

نفرض أن الصيغة الوضعية للماء هي H_4O_2

وزن الماء حسب الصيغة الوضعية = $4H + 2O$

$4 + 2 \times 16 = 32$

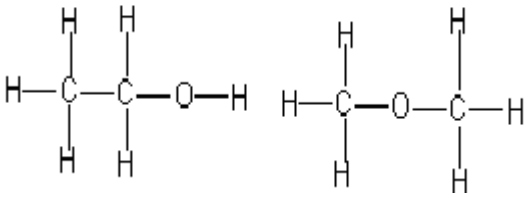
العدد الناتج هو ضعف الوزن الجزيئي وهكذا يجب أن يقسم عدد الذرات على ٢ للحصول على الصيغة الجزيئية الصحيحة: $H_{4/2}O_{2/2} = H_2O$

٣. الصيغة التركيبية Structural formula :

لا يكفي عادة وخاصة في الكيمياء العضوية معرفة الصيغة الجزيئية لتحديد دقيق للمادة، بل يلزم معرفة كيفية ارتباط الذرات في الجزيء . ولا توجد طريقة وحيدة لذلك، و يحتاج الكيميائي لمهارة عالية وخاصة في الجزيئات الكبيرة المحتوية على عناصر عديدة، مثل الجزيئات البيولوجية (الحيوية) لتحديد الشكل التركيبي للجزيء . ويعتمد في ذلك على الخواص الكيميائية للمجموعات الفعالة في الجزئ،وكذلك بعض الخواص الفيزيائية مثل النشاط الضوئي وامتصاص الضوء والمغناطيسية وغيرها .

مثال1 : ما هي الصيغة التركيبية للجزيء C_2H_6O ؟

الحل : هناك جزيئان يمكن أن يكون لهما نفس الصيغة الجزيئية C_2H_6O، وهما اثير ثنائي الميثيل CH_3OCH_3 والكحول الإيثيلي (الإيثانول) CH_3CH_2OH. ومن الواضح التباين الكبير في السلوك الكيميائي. الصيغ المذكورة للمواد السابقة هي أبسطها . ويمكن زيادة الإيضاح بكتابة المواد السابقة ببيان التفصيل كما يلي :

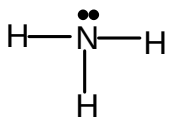


وأخيرا فمن الممكن إعطاء الصيغة التركيبية الفراغية والتي تصف بدقة الشكل الفراغي والزاوية الحقيقية بين الروابط.

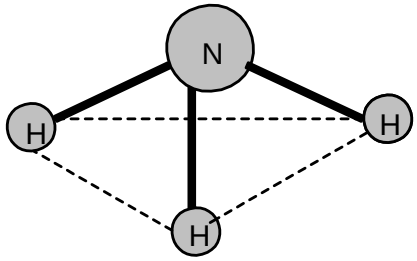
مثال2: أعطى الصيغة التركيبية و الجزيئية والوضعية لجزيء الامونيا.

الحل : الصيغة الوضعية: NH_3 ، و الصيغة الجزيئية: NH_3

و الصيغة التركيبية:



الصيغة الفراغية : شكل هرم ثلاثي الأوجه و الزاوية المجسمة 107^o.



مثال 3: أوجد الصيغ الوضعية والجزيئية لحمض الأكساليك المحتوي على جزيئين من الماء.

الحل : الصيغة الوضعية: $C_2H_6O_6$ ، و الصيغة الجزيئية $C_2H_2O_4.2H_2O$

أنواع المركبات الكيميائية Type of chemical compounds :

بينما لا تتعدى العناصر الموجودة في الطبيعة المائة، فإن الكيماويات الناتجة عن اتحاد العناصر مع بعضها البعض تعد بالملايين . ويمكن تقسيم المركبات الكيميائية إلى صنفين: الأول هو المركبات العضوية والثاني هو المركبات غير العضوية. والصنف الأول يحتوي على الكربون المرتبط بأربعة روابط مع ذات عناصر أخرى أو مع ذرات كربون أخرى، أما الصنف الثاني فيشمل باقي المركبات الموجودة على الأرض، وأهمها الأكاسيد والأملاح والسيليكات وغيرها من الصخور، بالإضافة إلى الماء و الغازات المختلفة. و يفضل أحيانا تقسيم المركبات الكيميائية حسب الروابط الكيميائية التي تربط الذرات . وعليه فهناك المركبات الأيونية Ionic compounds، وأهمها الأملاح و الزجاجيات والسيراميك (تتكون من أيونات مرتبطة معا بقوة كهروستاتيكية أساسا). وهناك المركبات القطبية polar compounds مثل المذيبات القطبية (الماء و الكحوليات و سيانيد الميثيل والأسيتون وغيرها) وهي القادرة على إذابة المركبات الأيونية غالبا . وأخيرا المركبات غير القطبية non-polar compounds مثل الهيدروكربونات (الميثان والإيثان والبنزين وغيرها) .

ولعل من أهم التقسيمات أيضا تقسيم المركبات إلى إلكتروليتات electrolytes ولا إلكتروليتات non-electrolytes . وكما سيدرس تفصيلا في الوحدات التالية فإن الإلكتروليت هو مادة كيميائية تستطيع توصيل التيار الكهربي إذا أذيبت في مذيب أو أمكن صهرها. ويعود السبب في التوصيل الكهربي إلى وجود المادة الإلكتروليتية، إما في صورة أيونات أو انطلاق الأيونات عند الإذابة. ومن الإلكتروليتات : الأملاح والأحماض والقلويات والقواعد العضوية وغيرها. وتعتبر الجزيئات العملاقة macromolecules و البلمرات polymers قسما مستقلا من المركبات الكيميائية، سواء كانت عضوية أو غير عضوية . وبجانب ضخامة الوزن الجزيئي لهذه المركبات فإنه غير محدد ، كما في المركبات

البسيطة مثل الماء و الأمونيا. وبينما يمكن اعتبار البروتين و النشاء والسليلوز والصوف والحرير جزيئات عملاقة، والبولي اثيلين (الأكياس الشفافة) والبولي ازوبروبلين (مطاط صناعي) بلمرات عضوية، فإن الزجاج هو بلمر غير العضوي (يتكون أساسا من أكاسيد السليكون وبعض القلويات والقلويات الأرضية).

المعادلات الكيميائية Chemical equations :

المعادلة الكيميائية هي تعبير كيفي وكمي عن التغير (التفاعل)الكيميائي. وتدل كلمة معادلة على خضوع هذا التغير الكيميائي لقواعد الجبر. وهكذا فإن الرمز الكيميائي في المعادلة يكافئ رمز المتغير في المعادلة الجبرية، من حيث معاملته بالعمليات الرياضية، مثل الضرب والقسمة والجمع والطرح. ويطلق على المعادلة المحققة للشروط الرياضية بالمعادلة الموزونة balanced equation.

مثال ١: عبر بمعادلة موزونة عن تكوين الماء من غازي الهيدروجين والأكسجين.

الحل :

١. إيجاد رموز المواد الداخلة والناتجة من التفاعل

٢. جمع أعداد المواد الداخلة في التفاعل ووضعها إلى يسار سهم يشير رأسه إلى جهة اليمين وهي مكان المواد الناتجة مجموعة مع بعضها .

٣. وزن المعادلة بحيث يكون عدد ذرات العناصر على اليسار مساويا للعدد على اليمين أو يكون مساويا إحدى الطرفين مساويا للصفر.

التطبيق على تكوين الماء:

١- رموز الكيماويات الداخلية والناتجة هي H_2 , O_2 , H_2O

٢- كتابة المعادلة $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$

٣- وزن المعادلة $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$

ويمكن أيضا أن يكون $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

لاحظ أن المعادلة الثانية هي الأولى بعد ضرب طرفي المعادلة في ٢. إذا كان المطلوب معادلة تكوين جزيء واحد من الماء تصبح المعادلة الأولى هي الأنسب . أما إذا كان المطلوب كتابة معادلة استهلاك جزيء واحد من الأكسجين لتكوين الماء فتكون المعادلة الصحيحة هي الثانية. ويعد وزن المعادلات الكيميائية حجر الزاوية في الحساب الكيميائي ويجب إجادته من خلال التدريب، ولا يوجد طريقة وحيدة مناسبة لوزن المعادلة، بل يعتمد ذلك على المطلوب ونوع التفاعل وأخيرا خبرة ومهارة الدارس.

ولإثراء المعادلة الكيميائية يضاف أحيانا بعض المعلومات التي يمكن الاستفادة منها عند الحساب الكيميائي ومن أهمها : - حالات المواد الداخلية فى التفاعل (غاز، سائل، مذاب فى الماء، صلب، نوع التبلر إن وجد وهكذا). وتكتب عادة كلاحقة سفلية لصيغة الجزيء أو الذرة وتكون بين قوسين مستديرين .

مثال ١: $H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(\ell)}$

حيث g تعنى غاز gas و ℓ سائل liquid.

مثال ٢: $C_{(graphite)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$

حيث graphite هي الجرافيت (إحدى صور الكربون الصلب) .

كثير من التفاعلات يمكن تسريعها بالحرارة أو إضافة مادة حافزة ويمكن التعبير عن ذلك بالرمز المناسب فوق السهم (أو تحته).

مثال ٣: عند تكوين الامونيا يسرع التفاعل بالحرارة (Δ) ويستخدم الحديد كحافز ، عبر عن ذلك .

الحل :

$$N_2 + 3\,H_2 \xrightleftharpoons[Fe]{\Delta} 2NH_3$$

مثال ٤: يتم تكسير جزيء الكلور للحصول على ذرات الكلور باستخدام الضوء . عبر عن ذلك .

الحل:

$$Cl_2 \xrightarrow{h\nu} 2Cl$$

الرمز Δ يعني تسخين(حرارة) والرمز hν يعني ضوء .

اتجاه التفاعل:

هناك نوعان رئيسيان من التفاعلات، وهما: التفاعل غير العكسي irreversible والتفاعل العكسي reversible ، والنوع الأول يعبر عنه بسهم يشير إلى ناحية النواتج (اليمين)، بينما يعبر عن التفاعل العكسي بسهمين متوازيين يشيران إلى اليمين واليسار ،مما يعني إمكانية تحول كلا من النواتج والمواد المتفاعلة إلى بعضهم البعض (كما في حالة تكوين الامونيا).

حرارة التفاعل:

عند الحساب الكيميائي قد يحتاج الأمر إلى ذكر حرارة التفاعل (أو أي دالة أو كمية أخرى مثل الطاقة الحرة أو الإنثالبي). عادة يذكر ذلك في أقصى اليمين بعد النواتج ويمكن أن يعتبر كناتج باستخدام الإشارة (+) . يعامل هذا المقدار أيضا حسب القواعد الرياضية.

مثال : معادلة تكوين الماء عند درجة حرارة ٢٥ مئوية:

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)} \quad -57.8 \text{ kcal mol}^{-1}$$

المقدار $-57.8 \text{ kcal mol}^{-1}$ هو كمية الحرارة المنطلقة عند تكوين جزيء واحد من الماء الغازي عند 25^oC (الإشارةالسالبة تدل على أن التفاعل طارد للحرارة). ويمكن كتابة المعادلة السابقة أيضا إذا احتاج الحساب كما يلي :

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} + -57.8 \text{ kcal mol}^{-1} \rightarrow H_2O_{(g)}$$

التفاعلات النووية: في هذه التفاعلات يكون المهم هو النواة وما تحتويه من بروتونات ونيترونات. ولما كان اللاحقتان الخلفيتان السفلية والعلوية محجوزتين لبيان عدد الذرات والشحنة، على التوالي، فإن الحاجة قد دعت إلى كتابة رقم الكتلة (عدد البروتونات + عدد النيوترونات) كلاحقة أمامية علوية والعدد الذري (عدد البروتونات) كلاحقة أمامية سفلية لرمز الذرة.

مثال : يتحول النتروجين إلى أكسجين عند قذفه بجسيمات ألفا (He) وفق المعادلة الآتية:

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$$

أنواع التفاعلات :

لتسهيل دراسة التفاعلات الكيميائية يمكن تقسيمها إلى أنواع حسب النواتج والمواد الداخلة ومن الأنواع الهامة:

أ. التعادل Neutralization:

هذا تفاعل بين حمض وقاعدة وينتج الملح المقابل، وقد ينتج أيضا ماء وغالبا تنطلق حرارة تسمى حرارة التعادل .

مثال ١: تعادل حمض الكلور (الهيدروكلور يك) HCl مع هيدرو كسيد الصوديوم NaOH

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O + \Delta$$

مثال ٢: تعادل كلوريد الهيدروجين مع الأمونيا يمكن أيضا اعتباره من هذه النوعية .

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl + \Delta$$

ب. الأكسدة والاختزال Redox reactions:

في هذه النوعية من التفاعلات يتم انتقال إلكترون أو أكثر من المادة المؤكسدة إلى المادة المختزلة. يمكن اعتبار التفاعل محصلة تفاعلين أحدهما تفاعل الأكسدة والآخر تفاعل الاختزال .

مثال١: اختزال اليود بالثيوكبريتات:

$$I_2 + 2 S_2O_3^{2-} \rightarrow 2 I^- + S_4O_6^{2-}$$

التفاعل محصلة التفاعلين :

$$I_2 + 2e \rightarrow 2I^-$$

$$2S_2O_3^{2-} \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2e$$

مثال ٢ : إذابة الصوديوم في حمض الكلور :

$$Na + HCl \rightarrow NaCl + \tfrac{1}{2} H_2$$

التفاعل مجموع التفاعلين

$$H^+ + e \rightarrow \tfrac{1}{2} H_2$$
$$Na \rightarrow Na^+ + e$$

ج. الاحتراق Combustion:

تفاعل الاحتراق هو إضافة الأكسجين أو مكافئ له إلى مادة تسمى الوقود لتكوين الأكاسيد المقابلة وإطلاق كمية من الحرارة .

مثال ١ : احتراق الميثان حسب المعادلة:

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} + \Delta$$

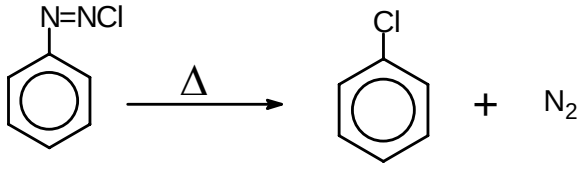
مثال ٢ : احتراق الصوديوم حسب المعادلة:

$$2Na + \tfrac{1}{2}O_2 \rightarrow Na_2O + \Delta$$

د. الانحلال Decomposition:

هو تفكك جزيء من المادة إلى جزئيات أبسط ويمكن اعتبار تفاعلات نزع الماء أو الأمونيا أو ثاني أكسيد الكربون منها .

مثال ١ : انحلال ملح ثنائي اوزونيوم البنزين بالحرارة



مثال ٢ : انحلال أكسيد الإثيلين بالحرارة

$$(CH_2)_2O + \Delta \rightarrow CH_4 + CO$$

ه. تكوين المركبات من عناصرها:

أحيانا تتكون المركبات من عناصرها وهي أبسط صور التكوين و خاصة للجزيئات البسيطة . وتساعد هذه التفاعلات على حساب طاقة تكوين المركب مباشرة .

مثال ١ : تكوين كلوريد الهيدروجين

$$H_2 + Cl_2 + h\nu \rightarrow 2HCl$$

مثال ٢ : تكوين ملح الطعام

$$Na + Cl \rightarrow NaCl$$

مثال ٣: لا يمكن تكوين الميثان عمليا حسب المعادلة الآتية :

$$C + 2H_2 \rightarrow CH_4$$

و بينما لا يمكن تكوين أغلب المواد العضوية مباشرة من عناصرها، فإن النبات يمكنه تصنيع كثير من المواد العضوية من ثاني أكسيد الكربون والماء بواسطة الكلوروفيل وفي وجود الضوء .

و. التبادل المزدوج والترسيب :

تنشأ كثير من الرواسب من تفاعلات التبادل الأيوني المزدوج للأملاح. والراسب هو غالبا ملح (أو قاعدة أو حمض) شحيح الذوبان في الماء. وهذه التفاعلات مهمة في الكيمياء التحليلة، وفي بعض التطبيقات، مثل تنقية المياه وتنقية المواد عموما. ويتكون الراسب عادة عند مزج المحاليل المناسبة .

مثال ١: ترسيب حمض البنزويك من بنزوات الصوديوم

$$C_7H_5O_2Na + HCl \rightarrow C_7H_6O_2 + NaCl$$

ما يحدث هو تبادل الأيونات :

$$(C_7H_5O_2)^-Na^+ + H^+ + Cl^- \rightarrow C_7H_6O + Na^+ + Cl^-$$

لاحظ أن أيوني الصوديوم و الكلوريد دخلا وخرجا من التفاعل. يمكن كتابة التفاعل السابق بطريقة أكثر مباشرة كما يلي:

$$(C_7H_5O_2)^- + H^+ \rightarrow C_7H_6O$$

نستفيد من المعادلة السابقة أن المطلوب للحصول على حمض البنزويك هو إحدى أملاح الحمض الذائبة في الماء وحمض مناسب.

مثال ٢: ترسيب كلوريد الفضة

$$Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl$$

يلزم فقط ملح يحتوي على الكلوريد وملح يحتوي على أيون الفضة (كلا الملحين يجب أن يكون قابل للذوبان في الماء).

ز. تكوين المتراكبات Complex formation:

تكوين المتراكبات هي من مميزات بعض المواد الكيميائية التي لم تصل بعد إلى الحد الأقصى من التشبع الإلكتروني على الرغم من كونها قد أنهت التفاعل الأولي. ويتم في تكوين المتراكبات انتقال كلي أو جزئي للإلكترونات بين المعطى ويسمى عامل تكوين متراكبات Complexing agent، و المستقبل وهو مكون المتراكب Complex forming ، وتعد أيونات العناصر الانتقالية من أشهر الأيونات المكونة للمتراكبات. كما تعد أيونات السيانيد، CN^-، والفلوريد F^-، و الامونيا NH_3، وحتى الماء

H_2O، و غاز CO، وكثير من المواد العضوية من عوامل تكوين المتراكبات وقد تسمى أحيانا بالمواد المخلبية Ligands .

مثال ١: تكوين متراكب كبريتات رباعي أمين النحاسيك $Cu(NH_3)_4SO_4$

$$CuSO_4 + 4NH_3 \rightarrow Cu(NH_3)_4SO_4$$

مثال ٢: تكوين أيون سداسي سيانيد الحديديك $(Fe(CN)_6)^{3-}$

$$Fe^{3+} + 6CN^- \rightarrow (Fe(CN)_6)^{3-}$$

تفاعلات خاصة بالعضوية :

هناك أنواع متخصصة شائعة في الكيمياء العضوية ومنها تفاعلات الاستبدال Substitution و الإضافة Addition و البلمرة Polymerization و إعادة الترتيبt Rearrangemen والاستره Esterification ونزع الماء Dehydration ونزع الهيدروجين Dehydrogenation ونزع ثاني أكسيد الكربون Decarboxylation وغيرها كثير يفضل دراستها في مقرر الكيمياء العضوية في السياق .

التعبير عن كمية المواد الكيميائية :

للتعبير عن كمية مادة كيميائية في تفاعل ما يلزم معرفة الحالة الفيزيائية العامة للتفاعل وهي إما الحالة الغازية (تفاعل يتم بين غازات وتنتج غازات) أوالحالة السائلة (تفاعل يتم بين مواد ذائبة في المحلول). إذا تواجدت مواد صلبة غير ذائبة في الحالتين السابقتين فإن سطحها فقط هو الذي يمكن أن يشارك في التفاعل ويمكن افتراض ثباته خلال التفاعل وبالتالي عدم الالتفاف إليه عند الحساب.

١. التفاعل الغازي Gaseous reaction:

يعبر عن كميات المواد المتفاعلة بالضغوط الجزئية لها .وعموما فإن أي عدد من الغازات وبأي نسبه تعد محلولا. والضغط الجزئي للغاز المتفاعل يعطى من قانون دالتون :

$$P_i = (n_i/\sum n_i)\, P_t$$

حيث P_i الضغط الجزئي للغاز، n_i هو عدد جزيئات الغاز i و $\sum n_i$ هو مجموع جزيئات جميع الغازات الموجودة في التفاعل .

٢. تفاعل المحلول Solution reaction:

يتكون المحلول من مادتين أو أكثر في حالة امتزاج (للسوائل) أو ذوبان تام (إذا تواجدت مواد صلبة) . ويطلق عادة على المادة السائلة (وهي غالبا أكثر في الكمية) اسم المذيب solvent، بينما المادة أو المواد الذائبة اسم المذاب solute. وغالبا ما يكون المذاب هو المادة المتفاعلة ولذلك يعبر عن كميتها بالتركيز concentration. وهناك صور عديدة تستخدم حسب الحاجة للتعبير عن تركيز مادة. عموما هناك طريقتان : وزن المادة إلى وزن المذيب أو وزن المادة في حجم معين من المحلول . والطريقة الثانية أسهل

وأكثر شيوعا في الكيمياء ولكن الطريقة الأولى يجب استخدامها إذا درس التفاعل عند درجات حرارة مختلفة وذلك لأن الحجم (وبالتالي التركيز) يتغير عندئذ . ويلخص الجدول (4-1) أهم وحدات التركيز الشائعة في الكيمياء :

نفرض أن المذيب هو A والمذاب B والأخير هو المطلوب التعبير عن تركيزه بالطرق المختلفة .

- **النسبة المئوية للوزن:** $W_B\% = 100 \times W_B/(W_A+W_B)$

حيث W_B وزن B و W_A وزن A .

النسبة المئوية (وزن /حجم)٪ W/V = W_B الموجودة في ١٠٠ مليلتر من المحلول

المولالية m:

$$m = 1000 \times W_B/ W_A M_{w,B}$$

حيث $M_{w,B}$ هي الوزن الجزيئي للمادة B .

المولارية M:

$$M = 1000 \times W_B/V M_{w,B}$$

حيث V هو الحجم بوحدة ml .

العيارية N:

$$N = 1000 \times W_B/V E_{w,B}$$

حيث $E_{w,B}$ هو الوزن المكافئ للمادة.

كسر الجزئ:

$$X_B = (W_B/M_{w,B})/ \{(W_B/M_{w,B})+ (W_A/M_{w,A})\}$$

حيث $M_{w,A}$ هو الوزن الجزيئي للمادة A.

جدول (4-1): وحدات التركيز الشائعة في الكيمياء.

Unit	Symbol	Concentration	التركيز
g/g	W%	Weight percent	النسبة المئوية للوزن
$g/100cm^3$	W/V%	Weight volume percent	النسبة المئوية (وزن/حجم)
Mol/L	M	Molarity	المولارية

المولالية	molality	m	Mol/kg
العيارية	Normality	N	g-equivalent/L
كسر الجزئ	Mol fraction	X	-

و من العلاقات المفيدة للتحضير من المحاليل المركزة:

$$N = 10 \times percent \times density / E_{w,B}$$
$$M = 10 \times percent \times density / M_{w,B}$$

مثال : احسب النسبة المئوية للوزن والنسبة المئوية (وزن/حجم) و المولارية و العيارية و المولالية وكسر الجزيء لحمض الكبريت (الكبريتيك) تركيز 80%. علما بإن كثافة هذا الحمض $1.721\ g\ cm^3$.

الحل : النسبة المئوية للوزن = 80% حمض كبريت.

من تعرف الكثافة :

$100\ cm^3 \rightarrow 172.1g$ (حمض + ماء)

$100\ cm^3 \rightarrow 0.8 \times 172.1g$ (حمض فقط)

النسبة المئوية (وزن /حجم) = $0.8 \times 172.1/100 = 137.7\%$

المولارية

$M = (1000 \times 0.8 \times 172.1)/98 \times 100 = 14.05\ mol\ L^{-1}$

حيث إن الوزن الجزيئي لحمض الكبريت: $H_2SO_4 = 2 + 32 + 4 \times 16 = 98$

العيارية

$N = 1000 \times 0.8 \times 172.21)/49 \times 100 = 7.02\ g\ equivalent\ L^{-1}$

حيث إن حمض الكبريتيك له وزن مكافئ يساوي نصف الوزن الجزيئي .

المولالية

$m = (1000 \times 0.8 \times 172.1)/(172.1 \times 0.2 \times 98) = 40\ mol\ kg^{-1}$

امتحان ذاتي

١. عبر عن المقادير الآتيه بأقرب وحدة مناسبة :

ا- 0.32000 g ب- 0.000072 s ج- 36000 m

د- 6000000 bytes هـ- 0.000000003 kg و- 70300 m

٢. احسب عدد الجولات المقابلة لأربعة سعرات(4 cal).

٣. اكتب الصيغة الوضعية للمركب الذي يحتوي على 58.5%C و 7.3%H والباقي نتروجين

٤. اكتب الصيغة الوضعية للمركب المحتوي على 35.8%C و 4.5%H والباقي أكسجين . أظهرت التجارب أنه أنيون . هل يمكن كتابة صيغته التركيبية ؟.

٥. وجد من تحليل العناصر أن نسبة ذرات الكربون إلى الهيدروجين في مركب هيدروكربون هي ١:٢ على الترتيب . عين الوزن الجزيئي ووجد مساويا ٢٨ . هل يمكن كتابة الصيغة الجزيئية والصيغة التركيبية لهذا الهيدروكربون ؟

٦. ما هي درجة الحرارة المطلقة عند درجه الحرارة 25oC.

٧. اكتب معادله كيميائية معبرة عن تكوين الميثان من عناصره .

٨. يمكن حل الأمونيا على حافز مثل الموليبدنيوم (Mo) إلى عنصري الهيدوجين والنيتروجين ونحتاج أيضا للحرارة وتكون المواد الداخلة والخارجة من التفاعل في الحالة الغازية .

٩. اكتب معادلة موزونة تعبر عن تعادل حمض الخل مع هيدروكسيد البوتاسيوم .

١٠. احسب مولارية محلول من كلوريد الصوديوم تم تحضيره بإذابة 10.5g من كلوريد الصوديوم في 80 ml من الماء .

١١. ما هي عيارية محلول من حمض الكبريت (H2SO4) نسبة الحمض فيه 20% ،علما بإن كثافة المحلول 1.213 gcm-3.

١٢. احسب الكسر الجزيئي لمحلول من هيدروكسيد الصوديوم يحتوي على قلوي 40%.

١٣. احسب مولالية محلول من نترات الصوديوم تم تحضيره بإضافة 30.7g من الملح إلى 120g من الماء .

إجابة الامتحان الذاتي

١- الوحدات المناسبة كما يلي:

أ) 320.00 mg ب) 72μs ج) 36 km

د) 6 Mbyte هـ) 3 ng و) 70.3 km

٢- من المعلوم أن cal = 4.184J

وعليه فإن ٤ كلوري تساوى ٤×٤,١٨٤ =١٦,٧٣٦ جول

٣- المتوصل إلى الصيغة الوضعية للمركب نجمع النسبتين المئوية للكربون و الهيدوجين ونطرح من ١٠٠للحصل على النسبة المئوية للنيتروجين

N % = 100 – (58.5 +7.3) = 34.2 %

تحول النسب المئوية إلى الوحدة

0.585 C : 0.073 H : 0.342 N

يقسم على الوزن الذري لكل عنصر فنحصل على

0.0487 C : 0.073 H : 0.0244 N

يقسم على أصغر النسب

1.99 C : 2.99 H : 1 N

وعليه تكون الصيغة الوضعية: C_2H_3N

٤- للتوصل على الصيغة الوضعية للمركب نجمع النسبتين المئويتين للكربون والهيدروجين ثم نطرح من ١٠٠للحصول على النسبة المئوية للأكسجين

O% = 100 – (35.8 + 4.5) = 48 %

نحول إلى الوحدة : 0.358 C : 0.045 H : 0.48 O

نقسم على الوزن الذري فنحصل على

0.029 C : 0.045 H : 0.029 O

نقسم على أصغر النسب فنحصل على : 1 C : 1.5 H: 1 O

هذا الأيون $C_2H_3O_2$ وأقرب أيون للصيغة هو أيون الخلات $CH_3\ COO$

٥- الصيغة المعطاة هي CH_2

وحيث إن الوزن الجزيئي يساوى 28 فيجب أن تكون الصيغة الجزيئية هي ضعف الصيغة الوضعية ، بمعنى أن $C_2H_4 = 2(CH_2)$ هي الصيغة الجزيئية . وبمحاولة الوصول للصيغة التركيبة يمكن التوصل إلى الصيغة التركيبة: $CH_2=CH_2$ و هي صيغة الايثلين.

٦- درجة الحرارة المطلقة المقابلة لدرجة الحرارة المئوية ٢٥درجة هي

$$T\ K = 25 + 273 = 298\ K$$

٧- معادلة تكوين الميثان من عناصره

$$C_{(s)} + 2H_{2(g)} \rightarrow CH_{4(g)}$$

٨- المعادلة المعبرة عن تكوين الأمونيا :

$$2\ NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$$

٩- معادلة تعادل حمض الخليك مع هيدروكسيد البوتاسيوم

$$CH_3COOH + KOH \rightarrow CH_3COOK + H_2O$$

١٠- المولارية تحسب وفق المعادلة

$$M = 1000 \times W_B / V \times M_{w,B}$$

حيث W_B و $M_{w,B}$ هما وزنا المادة المذابة ووزنها الجزيئي، وهي كلوريد الصوديوم في حالتنا:

$$M = 1000 \times 10.5 / 80 \times 58.5 = 2.24\ mol/l$$

١١- من العلاقات المفيدة يمكن حساب العيارية لحمض الكبريت والذي يحتوى على أيوني هيدروجين بدولين:

$$N = 10 \times P \times d / E_w$$

حيث P هي النسبة المئوية الوزنية للحمض و d الكثافة و E_w الوزن المكافئ.

$$N = 10 \times 20 \times 1.213 / 49$$
$$= 5.02\ equivalent/L$$

١٢- حسب التعريف

$$X_B = (W_B / W_{W,B}) / \{(W_B / W_{W,B}) + (W_A / W_{W,A})\}$$

حيث هو A المذيب (الماء) و B هي المذاب وهي هيدروكسيد الصوديوم في حالتنا. الوزن الجزيئي $W_{W,B}$ يساوى 40، والوزن الجزيئي $W_{W,A}$ يساوى 18. وهكذا يمكن أن نفترض أن الوزن هو١٠٠جرام منها ٢٠جرام هيدروكسيد الصوديوم والباقي ٨٠ جرام ماء .

$$X_B = (20/40) / \{(20/40) + (80/18)\} = 0.10$$

١٣- حسب التعريف المولالية m تُعطى بالعلاقة

$$m = 1000\ W_B / W_A\ M_{W,B}$$

حيث A هو المذيب و B هو المذاب وهى نترات الصوديوم مع حالتنا. بالتعويض المباشر

$$m = 1000 \times 30.7 / 120 \times 85 = 4.41\ mol\ kg^{-1}$$

حيث الوزن الجزيئي لنترات الصوديوم $NaNO_3$ يساوي 85 .