١١

سلطنة عُمان
وزارة التربية والتعليم

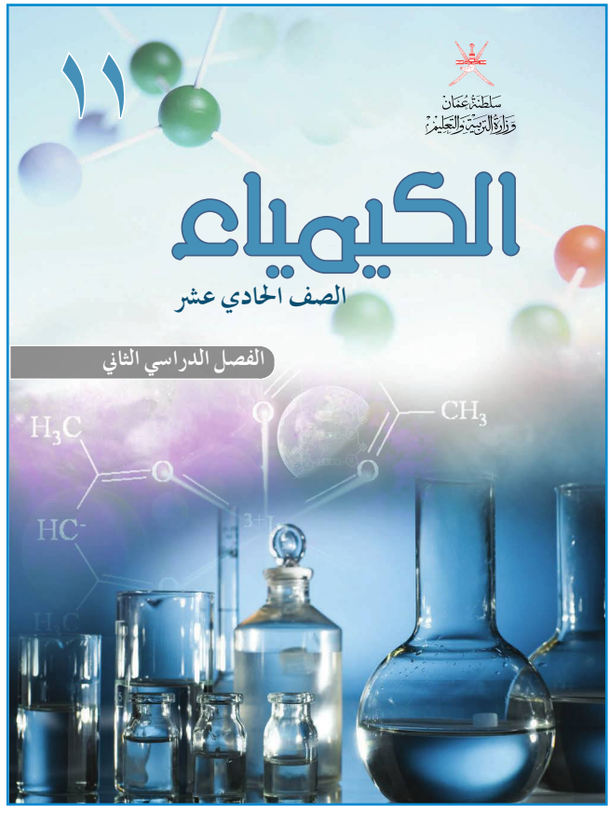
الكيمياء

الصف الحادي عشر

الفصل الدراسي الثاني

chemistry First Page jaw Part 2 1-11 10/14/15 12:30 AM Page 1

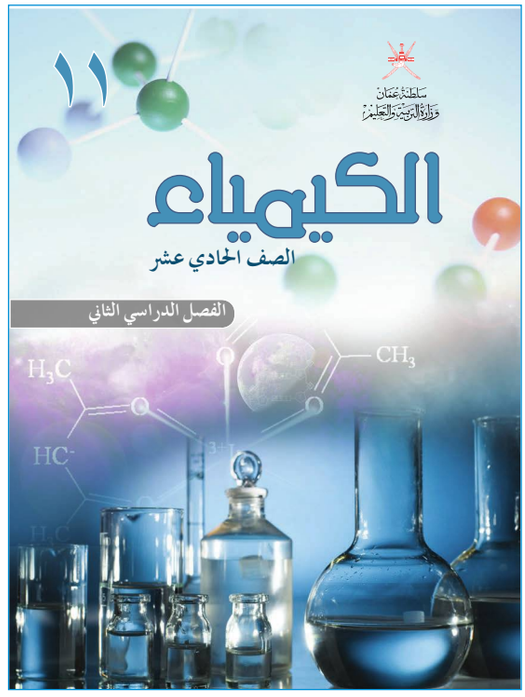
سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم



الطبعة الثانية
١٤٣٦ هـ - ٢٠١٥ م

chemistry First Page jaw Part 2 1-11 10/14/15 12:30 AM Page 2

الكيمياء للصف الحادي عشر



طوّر هذا الكتاب من قبل دائرة تطوير مناهج العلوم التطبيقية

تمت عمليات إدخال البيانات والتدقيق اللغوي والرسومات والتصميم والإخراج
في مركز إنتاج الكتاب المدرسي والوسائل التعليمية
بالمديرية العامة لتطوير المناهج

جميع حقوق الطبع والنشر والتوزيع محفوظة
لوزارة التربية والتعليم

chemistry First Page jaw Part 2 1-11 10/14/15 12:30 AM Page 3

حضرة صاحب الجلالة السلطان قابوس بن سعيد المعظم

chemistry First Page jaw Part 2 1-11 10/14/15 12:30 AM Page 4

chemistry First Page jaw Part 2 1-11 10/14/15 2:28 AM Page 5

المحتويات

الموضوع الصفحة

المحتويات ٥
تقديم ٨
المقدمة ٩

الوحدة الثالثة:
المحاليل
والأحماض والقواعد ١٢
Solutions, Acids and Bases

الفصل الخامس : المحاليل Solutions ١٤

(٥-١-١) المحاليل في الأنظمة الحيوية ١٦
(٥-١-٢) المحاليل في الأنظمة غير الحيوية ١٦
(٥-٢) المواد الموصلة والمواد غير الموصلة للتيار الكهربائي ١٨
استكشاف (١) توصيل المحاليل للتيار الكهربائي ١٨
(٥-٣) الذوبانية ٢١
١- العوامل المؤثرة على الذوبانية ٢١
محلول سائل في سائل ٢١
استكشاف (٢) ذوبانية سائل في سائل ٢٢
محلول غاز في سائل ٢٤
استكشاف (٣) ذوبانية غاز في سائل ٢٥
محلول صلب في سائل ٢٨
استكشاف (٤) ذوبانية صلب في سائل ٢٨
٢- التبلور ٣١
(٥-٤) تركيز المحاليل ٣٣
المولارية ٣٤
المولالية ٣٥
الجزء من مليون ٣٧
التراكيز المئوية للمحاليل ٣٨
(٥-٥) المحاليل المخففة ٤١

chemistry First Page jaw Part 2 1-11 10/14/15 12:30 AM Page 6

الموضوع	الصفحة

(٦-٥) الخواص التجميعية للمحاليل ٤٢
١- الانخفاض في الضغط البخاري ٤٣
٢- الارتفاع في درجة الغليان ٤٦
٣- الانخفاض في درجة التجمد ٤٨
٤- الضغط الاسموزي ٥٠
أسئلة الفصل ٥٤

الفصل السادس : الأحماض والقواعد Acids and Bases ٦٢

(٦-١) تسمية الأحماض والقواعد ٦٤
(٦-٢) خواص الأحماض والقواعد ٦٥
استكشاف (١) الأحماض والقواعد ٦٥
(٦-٣) نظرية أرهينيوس للأحماض والقواعد ٦٧
(٦-٤) المحاليل : حمضية أو قاعدية أو متعادلة ٧٢
استكشاف(٢) طبيعة محاليل المواد ٧٣
(٦-٥) حساب تركيز أيون الهيدرونيوم ٧٥
(٦-٦) التعادل ٧٧
استكشاف(٣) قوة الأحماض والقواعد ٨٠
(٦- ٧) قوة الأحماض والقواعد ٨١
(٦-٨) الأحماض وعدد البروتونات ٨٣
(٦-٩) القواعد وعدد مجموعات الهيدروكسيل ٨٤
أسئلة الفصل ٨٦

chemistry First Page jaw Part 2 1-11 10/14/15 12:30 AM Page 7

الموضوع الصفحة

الوحدة الرابعة : الحساسات الكيميائية ٩٢

Stoichiometry

الفصل السابع : المعادلات الكيميائية وحساباتها ٩٤

Chemical Equations & Calculations

(٧-١) أنواع التفاعلات الكيميائية ٩٦

استكشاف (١) أنواع التفاعلات الكيميائية ٩٧

(٧-٢) المعادلة الموزونة والحسابات الكيميائية ٩٩

أ) حسابات المول - مول ١٠٠

ب) حسابات الكتلة - كتلة ١٠١

ج) حسابات الكتلة - حجم ١٠٤

د) حسابات الحجم - حجم ١٠٦

(٧-٣) المعادلة الأيونية ١٠٧

استكشاف (٢) تفاعلات الترسيب ١١٠

أسئلة الفصل ١١٤

الفصل الثامن : المادة المحددة للتفاعل الكيميائي والمعايرة ١١٨

Limiting reagent for Chemical reaction & titration

(٨-١) التحليل الكيفي والكمي ١٢٠

استكشاف (١) ماحجم الغاز ١٢١

(٨-٢) حسابات المادة المحددة ١٢٣

(٨-٣) المردود النظري والفعلي والمئوي للتفاعل ١٢٥

استكشاف (٢) المردود النظري والفعلي للتفاعل ١٢٨

(٨-٤) منحنيات وحسابات المعايرة للأحماض والقواعد ١٢٩

استكشاف (٣) منحنى المعايرة ١٣٣

أسئلة الفصل ١٣٧

chemistry First Page jaw Part 2 1-11 10/14/15 12:30 AM Page 4

الموضوع	الصفحة

ارتباط الكيمياء بالمهن ١٤١

المراجع العربية ١٤٣

المراجع الأجنبية ١٤٤

المواقع الإلكترونية ١٤٥

الجدول الدوري الحديث ١٤٦

chemistry First Page jaw Part 2 1-11 10/14/15 12:30 AM Page 8

بسم الله الرحمن الرحيم

تقديم

الحمد لله نحمده تمام الحمد، ونصلي ونسلم على خير خلقه سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين... وبعد

تحرص وزارة التربية والتعليم على تجويد العملية التعليمية من خلال إرساء قواعد منظومة تعليمية متكاملة تلبي احتياجات البيئة العمانية وتتناسب مع متطلباتها الحالية.

وبعد مراجعة النظام التعليمي للسلطنة وقياس مستوى أدائه وتحديد أهم التحديات التي تواجهه، قامت وزارة التربية والتعليم بإعادة ترتيب أولوياتها، وتنظيم جهودها لإحداث التطوير بما يتماشى مع توجهات السلطنة ورؤيتها المستقبلية، حيث جرى تطوير الأهداف العامة للتربية، والخطة الدراسية التي أولت اهتماما أكبر للمواد العلمية وتدريس اللغات، واستحدثت مواد دراسية جديدة لمواكبة المستجدات على صعيدي تكنولوجيا المعلومات واحتياجات سوق العمل من المهارات، هذا فضلا عن التطوير الذي أدخل على أساليب واستراتيجيات تدريس المناهج الدراسية التي أصبحت تعنى بالمتعلم باعتباره محور العملية التعليمية التعلمية.

إن النقلة النوعية التي نشهدها حاليا في العملية التعليمية أحدثت الكثير من التغييرات الجذرية ، فجاءت الكتب الدراسية متسمة بالحداثة والمرونة، والتوافق في موضوعاتها مع مستويات أبنائنا الطلبة والطالبات، وخصائص نموهم العقلي والنفسي، وثقافتهم الاجتماعية، واهتمت بالجوانب المهارية والفنية والرياضة البدنية تحقيقا لمبدأ أصيل من مبادئ فلسفة التربية في السلطنة الداعي إلى بناء الشخصية المتكاملة للفرد، وعززت دور المتعلم في عملية التعلم من خلال إكسابه مهارات التعلم الذاتي والتعلم التعاوني، ولم يعد الكتاب المدرسي –بما يحويه من معارف ومهارات وقيم واتجاهات– إلا دليلا يسترشد به الطالب للوصول إلى ما تختزنه مصادر المعلومات المختلفة كالمراجع المكتبية ومصادر التعلم الإلكترونية الأخرى من معارف، وعلى الطالب القيام بعملية البحث والتقصي للوصول إلى ما هو أعمق وأشمل. فإليكم أبنائي وبناتي الطلاب والطالبات نقدم هذا الكتاب راجين أن يجد عين الاهتمام منكم، ويكون لكم خير معين؛ لتحقيق ما نسعى إليه من تقدم ونماء هذا الوطن المعطاء تحت ظل القيادة الحكيمة لمولانا حضرة صاحب الجلالة السلطان قابوس بن سعيد المعظم حفظه الله ورعاه.

والله ولي التوفيق ،،

د. مديحة بنت أحمد الشيبانية

وزيرة التربية والتعليم

chemistry First Page jaw Part 2 1-11 10/14/15 12:30 AM Page 9

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

عزيزي الطالب :

نقدم لك كتاب الكيمياء للصف الحادي عشر لهذا العام،والذي يأتي مكملا لمناهج العلوم السابقة، وهو تجربة أولى لتدرس فيها علم الكيمياء في منهج مستقل،وقد تم بناء هذا الكتاب وفقًا لمخرجات التعلم لمرحلة التعليم ما بعد الأساسي .

اشتمل الكتاب على موضوعات ستحقق من خلالها مخرجات معرفية ومهارية متعددة،وقد تم مراعاة جوانب التخصص التي تلزمك في المستقبل لدراسة علم الكيمياء،إضافة إلى التخصصات الأخرى التي ترتبط بالكيمياء مثل الطب والهندسة والزراعة وغيرها.

وإيمانًا منا بفلسفة التعليم التي تعتبر الطالب محور العمليةالتعلمية،فقد حاولنا في هذا الكتاب إكسابك المفاهيم العلمية الكيميائية بطريقة متدرجة لتساعدك على تنمية مهارات التفكير العلمي لديك،وتوظيف هذه المهارات في الاستقصاء وتفسير الظواهر المختلفة، وربطها بالحياة وبمواد العلوم المختلفة بعضها بعضا تحقيقا لمبدأ التكامل بين مواد العلوم.

إن الإلمام بالحقائق والمفاهيم الكيميائية واكتساب المهارات المخبرية بصورة وظيفية هو أمر ضروري للغاية بالنسبة لك،لأن ذلك سيساعدك كثيرًا في اتخاذ القرارات المناسبة لمعالجة القضايا الكيميائية والمشكلات التي تواجه مجتمعاتنا يوما بعد يوم،ومن أجل ذلك تجد أن هذا الكتاب قد اشتمل على عرض عدد كبير من فقرات "**اختبر فهمك**" التي تتضمن تساؤلات حول قضايا تثير لديك الميل للبحث والاستقصاء،بالإضافة إلى تنفيذ مجموعة من الاستكشافات بعضها عملي يتطلب توافر مواد وأدوات مخبرية، وبعضها نظري موزعة في كتاب الطالب والكراس العملي.

وقد تضمنت كل وحدة من وحدات الكتاب معلومات تربط الطالب بمجتمعه وحياته وواقعه تحت بند "**معلومات تهمك**" .

ويتكون هذا الكتاب من وحدتين هي :

الوحدة الثالثة : المحاليل والأحماض والقواعد وتتكون من فصلين هما : المحاليل، والأحماض والقواعد.

الوحدة الرابعة : الحسابات الكيميائية وتتكون من فصلين هما : المعادلات الكيميائية وحساباتها، والمادة المحددة للتفاعل الكيميائي والمعايرة .

وأخيرًا ،نأمل أننا قد وفقنا في تقديم هذا الكتاب لأبنائنا الطلبة الذين هم جيل المستقبل وعنصر أساس في بناء هذا الوطن الغالي .

والله من وراء القصد

المؤلفون

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 12

الوحدة الثالثة ٣

المحاليل والأحماض والقواعد

Solutions, Acids and Bases

الفصل الخامس: المحاليل Solutions

الفصل السادس: الأحماض والقواعد Acids and Bases

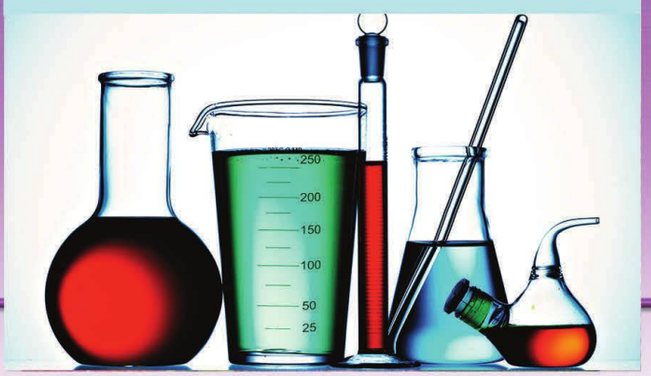
مقدمة الوحدة

هناك كثير من المحاليل التي نتعامل معها ونستخدمها وتلعب دورًا مهمًا في حياتنا اليومية، فالماء الذي نشربه والهواء الجوي الذي نتنفسه والعملات المعدنية التي نتداولها والأحماض والقواعد التي نستخدمها في المنزل أو في مختبر المدرسة ما هي إلا محاليل.

إذا أمعنت النظر في علب المواد الغذائية والسوائل،سواء كانت علب المياه أو علب العصائر المختلفة،فإنك ستجد مكتوبًا عليها مكوناتها من المواد المختلفة وبكميات متفاوتة تسمى تراكيز،فما معنى التركيز،وكيف يمكن التعبير عنه بطرق مختلفة،وكيف تفضل بعضها على بعض ولماذا ؟

في هذه الوحدة ستتمكن من معرفة كثير من المحاليل وأنواعها والعوامل المؤثرة على ذوبانيتها وطرق حساب تراكيزها،كما ستتعرف أنواع الأحماض والقواعد والقوة النسبية لها.

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 13



الأفكار الرئيسية

١–محلول ملح كلوريد الصوديوم يوصل التيار الكهربائي بينما محلول السكر لا يوصل التيار الكهربائي.فسر ذلك.

٢–ذوبانية الأكسجين في الدم أكثر من ذوبانيته في الماء.ما أهمية ذلك ؟

٣–هل تتوقع أن يصاحب عملية ذوبان المواد لتكوين المحاليل تغير حراري؟

٤–كيف نميز بين قوّتي كل من الأحماض والقواعد ؟

٥–ما المقصود بالرموز pH و pOH ؟

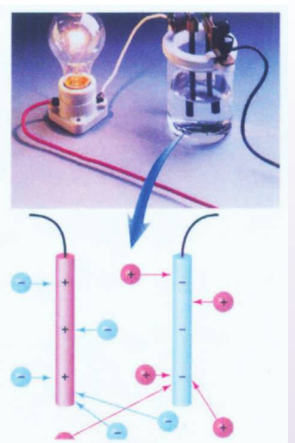
ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 14

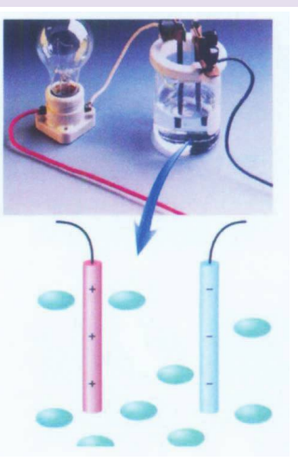
الفصل الخامس

المحاليل

Solutions

مقدمة الفصل





تعلم إنه إذا وضعت ملعقة من بلورات السكر في كأس مملوء بالماء فإنك ستلاحظ بعد مرور فترة قصيرة من الزمن اختفاء بلورات السكر تدريجيا،فهل حقا تختفي مادة السكر؟ إن جزيئات السكر تنتقل من سطح بلورة السكر وتنتشر بين جزيئات الماء ، وبالتالي فإن جزيئات السكر تصبح موزعة بانتظام بين جزيئات الماء بحيث لا ترى بالعين المجردة.إن هذا المخلوط من السكر والماء يسمى محلولاً.

وتلعب المحاليل دوراً مهماً في حياتنا، فالهواء الذي نتنفسه محلول،والسوائل المهمة في الجسم كالدم واللمف هي أيضاً محاليل.وتجري معظم التفاعلات الكيميائية على صورة محاليل.

وقد درست في الصفوف السابقة محاليل مواد مختلفة فمم يتكون المحلول؟وما أنواع المحاليل التي درستها؟عرفت أن المحلول يتكون من مكونين أحدهما المادة المذابة وتسمى «مذاب» Solute ، والأخرى المادة المذيبة وتسمى «المذيب» Solvent ، وغالبا ما يكون الماء هو المذيب الرئيس.

سوف تعرف في هذا الفصل الذوبانية والعوامل الموثرة عليها،وكذلك ستتمكن من تفسير عملية الذوبان،سواء كانت عملية ماصة أو طاردة للحرارة،كما ستتعرف على تركيز المحلول وكيف يتم حسابه.

الموضوعات الرئيسية

١ - محاليل موصلة للتيار الكهربائي ومحاليل غير موصلة للتيار الكهربائي

٢ - الذوبانية والعوامل المؤثرة عليها

٣ - تركيز المحاليل وطرق التعبير عنه

٤ - حسابات تراكيز المحاليل

٥ - المحاليل المخففة وكيفية حسابها

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 15

مصطلحات علمية جديدة

١–محاليل موصلة للتيار الكهربائي ومحاليل غير موصلة للتيار الكهربائي
1- Electrolytes and non-Electrolytes

٢–طاقة الشبكة البلورية *2- Lattice energy*

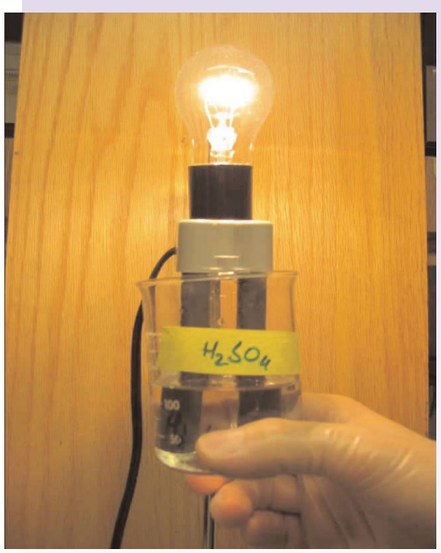
٣–طاقة الإماهة *3- Hydration energy*

٤–التبلور *4- Crystallization*

٥–المحلول فوق المشبع *5- Supersaturated solution*

٦–الجزء من المليون *6- Part per million (ppm)*

٧–التخفيف *7- Dilution*



عناوين الاستكشافات

الاستكشاف (١): توصيل المحاليل للتيار الكهربائي

الاستكشاف (٢): ذوبانية سائل في سائل

الاستكشاف (٣): ذوبانية غاز في سائل

الاستكشاف (٤): ذوبانية صلب في سائل

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 16

٥-١-١ المحاليل في الأنظمة الحيوية Solutions in Living Systems

تحتاج التفاعلات الكيميائية التي تتم في أي نظام حيوي إلى وجود وسط مائي،أي وجود المواد على هيئة محلول.وهناك كثير من الأنظمة الحيوية التي تعتمد على وجود المحاليل حتى تقوم بوظائفها،وسوف تقتصر دراستنا على بعض الأنظمة الحيوية في جسم الكائن الحي،ومنها ما يلي:

١-يشكل الماء حوالي (95% - 5) من الأنسجة الحية، وهو يعمل كمذيب عام لمعظم المادة الحية التي تكون أجسام الكائنات الحية .

٢-السيتوبلازم في الخلية الحية عبارة عن محلول يتكون من الماء والبروتينات والدهون والسكريات والأملاح الذائبة في الماء.وإن عملية الأيض في هذه المواد لا تتم إلا بوجود الماء كوسط مناسب لعمل الانزيمات،حيث يتفكك الماء إلى مكوناته الأيونية (OH^- ، H^+) وبالتالي تتوافر الدرجة المناسبة للرقم الهيدروجيني (pH) لحدوث التفاعل الحيوي.

٣-السائل اللمفاوي المترشح من الدم عبارة عن محلول يحتوي على الماء والأملاح والغازات الذائبة والمواد الغذائية والفضلات الخلوية الذائبة في الماء التي بدون ذوبانها لا يمكن نقلها وتجميعها من مختلف أنحاء الجسم.

٤-تحتاج عملية الهضم الأولية إلى تحطيم جزيئات الطعام الكبيرة إلى جزيئات أصغر فأصغر،ولا يتم ذلك إلا في الوسط المائي فيسهل امتصاصها ونقلها عبر الدم إلى أجزاء الجسم المختلفة.

٥-الكلى عبارة عن تركيب مميز حيث يدخل فيه محلول الدم حاملاً الفضلات والمواد النافعة كالجلوكوز والماء،وبعد عملية تنقية الدم تعود المواد النافعة إلى الدورة الدموية وتطرح الفضلات خارج الجسم .

٥-١-٢ المحاليل في الأنظمة غير الحيوية Solutions in Non-Living Systems

إن تفاعلات معظم المركبات الأيونية تتم في الوسط المائي،وذلك لأن التفاعل يتم بين أيوناتها بعد تفكك هذه المركبات،وتكمن أهمية هذه المحاليل في ما يلي :

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 17

١- تعمل المحاليل كوسط لحركة وتصادم وتفاعل الأيونات أو الجزيئات مع بعضها بعضاً وبدون وجود مذيب لا تتكون الأيونات ولا تستطيع جزيئات المواد المتفاعلة إتمام التفاعل، لأنها لا تستطيع الوصول إلى بعضها بعضاً إلا من خلال الوسط السائل .

٢- تعمل المحاليل على زيادة السطح المعرض للتفاعل عن طريق فصل الجزيئات عن بعضها وإعطاء فرصة لتصادم الجزيئات المختلفة وبالتالي زيادة فرص حدوث التفاعل .

مثال :

يتفاعل كلوريد البوتاسيوم مع نترات الفضة وهما في الحالة الصلبة بصورة بطيئة جدا ، وإذا كانت المادتان موجودتين في وسط سائل يتم التفاعل بسرعة لوجود الأيونات في المحلول.

$$AgNO_{3(s)} + KCl_{(s)} \longrightarrow \text{تفاعل بطيء جدا}$$

$$Ag^{+}_{(aq)} + NO^{-}_{3(aq)} + K^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)} \longrightarrow NO^{-}_{3(aq)} + K^{+}_{(aq)} + AgCl_{(s)}$$

اختبر فهمك (١)

١- يعتبر الماء أفضل وسط لحدوث التفاعلات الحيوية داخل الخلية الحية – علل.

٢- قارن بين السيتوبلازم والسائل اللمفاوي من حيث محتواهما من المواد الذائبة.

٣- ما الفرق بين دور الماء في النظام الحيوي ودوره في النظام غير الحيوي؟

٤- لا بد أنك قد سمعت ببعض حالات الجفاف عند الأطفال . من وجهة نظرك ما السبب في ذلك ؟

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 18

٥-٢ المواد الموصلة والمواد غير الموصلة للتيار الكهربائي

Electrolytes and non-Electrolytes

تختلف المواد حسب قدرتها على توصيل التيار الكهربائي. ولمعرفة توصيل المواد للتيار الكهربائي قم بإجراء الاستكشاف التالي :

استكشاف ١

توصيل المحاليل للتيار الكهربائي

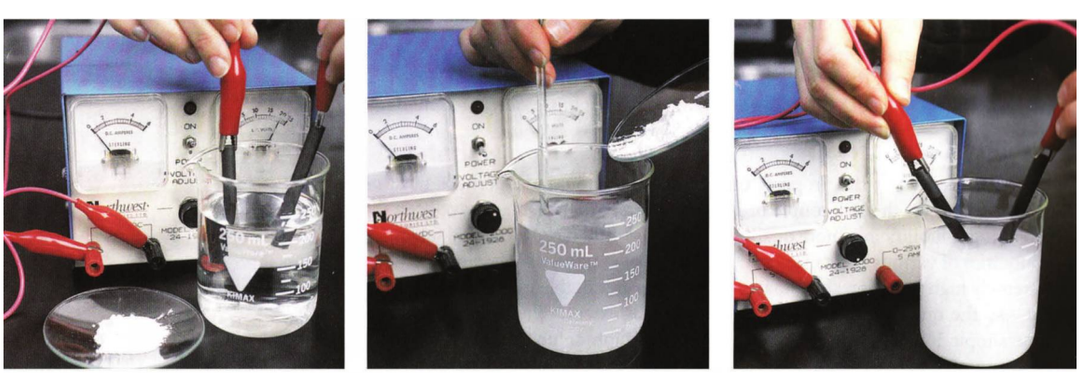
الهدف : تصنيف محاليل المواد حسب قدرتها على توصيل التيار الكهربائي.

المواد والأدوات : محاليل المواد التالية (سكر المائدة، ملح الطعام، كلوريد البوتاسيوم، عصير البرتقال، مشروب غازي، كحول إيثيلي، زيت الطعام،خل، الأمونيا)، جهاز قياس فرق الجهد الكهربائي (الفولتيميتر ـ مالتيميتر)، أسلاك توصيل، كأس زجاجية سعة 250 mL، مصدر كهربائي، قطارة، أقطاب كربون.

الإجراءات :

١- ضع 25 mL من محلول السكر في كأس زجاجية.

٢- كون دائرة كهربائية كما هو موضح بالشكل (٥-١)، وسجل قراءة جهاز قياس فرق الجهد الكهربائي المستخدم.



الشكل (٥-١)

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 19

٣- كرر الخطوة رقم (٢) مع باقي المواد الأخرى ، وسجل قراءة جهاز قياس فرق الجهد الكهربائي المستخدم في كل حالة .

٤- انقل الجدول التالي إلى دفترك ، ثم قم بتعبئته حسب مشاهداتك :

اسم المحلول	قراءات جهاز قياس فرق الجهد الكهربائي المستخدم	موصل قوي للتيار الكهربائي	موصل ضعيف للتيار الكهربائي	غير موصل للتيار الكهربائي
سكر المائدة				
ملح الطعام				
كلوريد البوتاسيوم				
عصير البرتقال				
مشروب غازي				
كحول إيثيلي				
زيت الطعام				
خل				
الأمونيا				

التحليل والتفسير :

١- رتب المحاليل السابقة ترتيبا تصاعديا حسب درجة توصيلها للتيار الكهربائي.

٢- هل تتوقع أن يوصل ماء البحر التيار الكهربائي؟ فسِّر ذلك .

لعلك لاحظت من إجرائك للاستكشاف أن المواد تقسم حسب قدرتها على توصيل التيار الكهربائي إلى قسمين هما :

١ - المواد الموصلة للتيار الكهربائي *Electrolytes*

هي المواد التي يوصل محلولها أو مصهورها التيار الكهربائي ، وذلك لوجود الأيونات التي تقوم بنقل التيار الكهربائي. ومحاليل هذه المواد تقسم إلى :

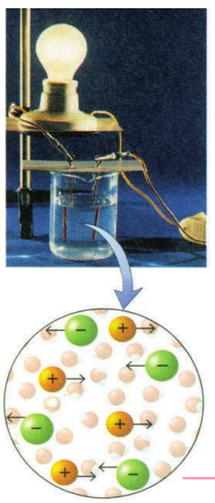
ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 20

أ- المحاليل الموصلة القوية (الإلكتروليتات القوية) Strong Electrolytes

تتأين المواد المذابة في هذه المحاليل كلياً عند ذوبانها في الماء ، وبالتالي فهي موصلة جيدا للكهرباء مثل بعض الأحماض والقواعد القوية والأملاح.الشكل(٥-٢أ).

$$KCl_{(s)} \longrightarrow K^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$$

ويدل السهم على أن التفاعل تام ويكون في اتجاه واحد فقط .



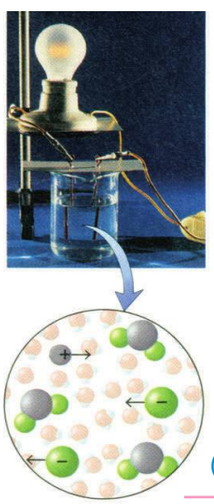
الشكل (٥-٢ أ)

ب- المحاليل الموصلة الضعيفة(الإلكتروليتات الضعيفة) Weak Electrolytes

تتأين المواد المذابة في هذه المحاليل جزئياً عند ذوبانها في الماء،وبالتالي فتوصيلها الكهربائي ضعيف مثل بعض الأحماض والقواعد الضعيفة.الشكل(٥-٢ب).

$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^{-}_{(aq)} + H^{+}_{(aq)}$$

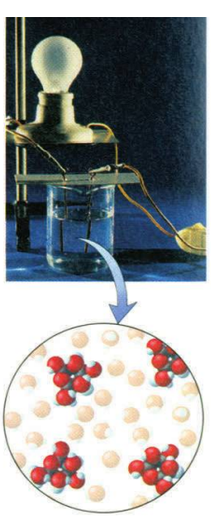
ويدل السهمان على أن التفاعل جزئي ويكون في اتجاهين متعاكسين.



الشكل (٥-٢ ب)

٢-المواد غير الموصلة للتيار الكهربائي (اللاإلكتروليتات) *Non-Electrolytes*

هي المواد التي لا توصل محاليلها أو مصاهيرها التيار الكهربائي،حيث تتفكك المادة المذابة إلى جزيئات عند ذوبانها في الماء أو أي مذيب آخر دون أن تتأين.الشكل (٥-٢ ج) .



الشكل (٥-٢ ج)

اختبر فهمك (٢)

كل من HCl، $C_6H_{12}O_6$ مركبات جزيئية ،ولكن محلول HCl موصل للتيار الكهربائي،بينما محلول $C_6H_{12}O_6$ غير موصل للتيار الكهربائي . فسِّر ذلك .

٥-٣ الذوبانية *Solubility*

درست في الصفوف السابقة ذوبانية المواد ، فما معنى الذوبانية ؟ وهل تختلف ذوبانية المواد بعضها في بعض؟وماذا نقصد بقولنا أن ذوبانية ملح الطعام في الماء هي $36\ g$ لكل $100\ mL$ ماء عند درجة حرارة $20^{o}C$ ؟

سنحاول فيما يلي تسليط الضوء على العوامل المؤثرة على الذوبانية .

١- العوامل المؤثرة على الذوبانية *Factors Affecting Solubility*

يتحكم في ذوبانية المواد المختلفة في السوائل سواء كانت هذه المواد صلبة أوسائلة أو غازية ـ كل من العوامل التالية :

- طبيعة المذاب والمذيب.
- درجة الحرارة.
- الضغط .

محلول سائل في سائل Liquid-Liquid Solution

تعتمد ذوبانية سائل في سائل على عاملين هما :

طبيعة المذاب والمذيب (Nature of Solvent-Solute) ودرجة الحرارة (Temperature).

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 22

استكشاف ٢

ذوبانية سائل في سائل

الهدف : معرفة أثر كل من طبيعة (المذاب ـ المذيب) ودرجة الحرارة على ذوبانية سائل في سائل.

المواد والأدوات : زيت الطعام، ماء، كحول إيثيلي، أنابيب اختبارعدد (2)، ثرمومتر مئوي.

الإجراءات :

١–ضع في كل أنبوبة اختبار حوالي *20 mL* من الماء،رقّم إحداهما برقم (*1*) والأخرى برقم (*2*) .

٢–أضف إلى الأنبوبة رقم (*1*) حوالي *10 mL* من زيت الطعام.وراقب ماذا يحدث ؟

٣–أضف إلى الأنبوبة رقم (*2*) *10 mL* من الكحول الإيثيلي.وراقب ماذا يحدث ؟

٤– سخن محتويات الأنبوبة التي لم يمتزج فيها السائلان ثم دوّن ملاحظاتك؟

التحليل والتفسير :

١– هل تتوقع ذوبان الزيت في الكحول ؟

٢– كيف تستفيد من ذوبانية السوائل في السوائل في حياتك العملية؟

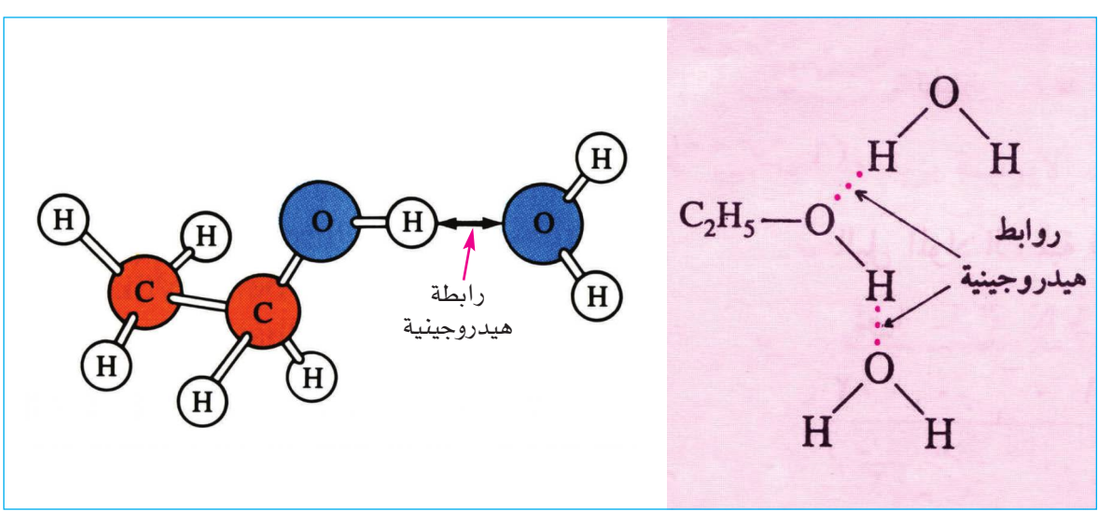
٣– ما العلاقة التي يمكن أن تستنتجها بين الذوبانية وكل من طبيعة المذاب والمذيب ودرجة الحرارة ؟

يتوقف ذوبان السوائل بعضها في بعض على قوى التجاذب بين جزيئات المذاب والمذيب. يوضح الجدول (٥–١) ذوبانية السوائل بعضها في بعض :

نوع السائل / المقارنة	سوائل تامة الامتزاج Miscible Liquids	سوائل قليلة الامتزاج Partially Miscible Liquids	سوائل عديمة الامتزاج Immiscible Liquids
التعريف	هي السوائل التي تذوب كلياً في بعضها بعضاً وبأي نسبة.	هي السوائل التي تذوب في بعضها بعضاً جزئياً (بشكل محدود)	هي التي لا تذوب في بعضها بعضاً بحيث يكون ذوبانها ضعيفاً جدا.
الأمثلة	البنزين في رابع كلوريد الكربون.	بعض الأحماض العضوية في الماء مثل حمض البنزويك في الماء.	الزيت في الماء ، كلوريد الميثلين (CH_2Cl_2) في الماء.

الجدول (٥-١) : ذوبانية السوائل بعضها في بعض

وتزداد ذوبانية السوائل بعضها في بعض كلما كانت الخواص الكيميائية لها متقاربة،أي أن هنالك ارتباطاً وثيقاً بين الذوبانية والتركيب الكيميائي،فالسوائل ذات التركيب الكيميائي المتشابه تذيب بعضها بعضا، فمثلا يذوب الكحول الإيثيلي في الماء وذلك لأن جزيئات كل منهما تمتلك خواصاً قطبية،وعند مزجهما تنشأ بين جزيئات السائلين روابط هيدروجينية،الشكل (٥-٣).وكذلك نجد أن البنزين يذوب في رابع كلوريد الكربون، وذلك لأن جزيئات كل منهما لا تمتلك خواصاً قطبية. وبشكل عام يمكن القول « المثل يذيب المثل Like disolves like» .

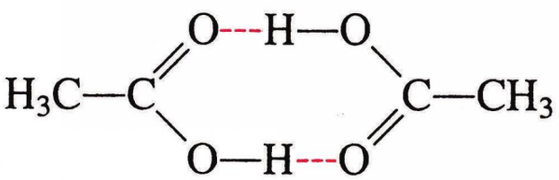


الشكل (٥-٣) : الروابط الهيدروجينية بين الكحول الإيثيلي والماء

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 24

معلومات تهمك **قاعدة «المثل يذيب المثل» وحمض الخليك**

تعتبر قاعدة « المثل يذيب المثل Like disolves like»» مفيدة في معظم الحالات ، إلا أن بعض الحالات لا تنطبق عليها هذه القاعدة مثل حمض الخليك CH_3COOH (مركب قطبي) الذي يذوب في المذيبات القطبية مثل الماء والمذيبات غير القطبية كالبنزين ، لأنه وجد عمليا عند إذابة حمض الخليك في البنزين أن جزيئين من الحمض يرتبطان معا بواسطة رابطتين هيدروجينيتين كالتالي:



لعلك لاحظت عند إضافة زيت الطعام إلى الماء تكون طبقتين داخل الأنبوبة ، ويعود ذلك إلى أن قوى التجاذب بين جزيئات الزيت والماء أقل من قوى التجاذب بين جزيئات الماء نفسها،وكذلك قوى التجاذب بين جزيئات الزيت نفسها،ولكن عندما قمت بتسخين محلول الزيت والماء ارتفعت درجة حرارة المزيج،الأمر الذي سبب زيادة طاقة حركة جزيئات المذيب والمذاب، وبالتالي أصبحت قوة الترابط بين جزيئات المذاب– المذاب وجزيئات المذيب–المذيب أقل مما كانت عليه،وتزداد المسافات البينية بين جزيئات كل منهما ، وهو ما يتيح الفرصة لتداخل جزيئات المذاب بين جزيئات المذيب.

محلول غاز في سائل Gas-Liquid Solution

تعتمد ذوبانية الغازات في السوائل على ثلاثة عوامل هي :

١– طبيعة المذاب والمذيب (Nature of Solvent-Solute) :

تتفاوت نسبة ذوبان الغازات في السوائل باختلاف نوع الغاز المذاب وقوى التجاذب التي تنشأ بين جزيئات المذاب–المذيب ، فمن الغازات ما يتفاعل كيميائيا مع الماء مثل الأمونيا وكلوريد الهيدروجين حيث تكون ذوبانيتها عالية كما في المعادلة :

$$NH_{3\,(g)} + H_2O_{(aq)} \longrightarrow NH^{+}_{4\,(aq)} + OH^{-}_{(aq)}$$

وهناك غازات أخرى لا تتفاعل كيميائيا مع الماء مثل الهيدروجين والأكسجين ، وهي غازات جزيئاتها غير قطبية ولذلك فهي شحيحة الذوبان في الماء .

معلومات تهمك **ذوبانية الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الماء**

ذوبان الغازات في الماء ذو أهمية كبيرة في الحياة ، فوجود الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الماء له دور أساسي في استمرار حياة الكائنات المائية الحيوانية والنباتية ، فالأكسجين المذاب في الماء ضروري لتنفس الكائنات الحية مثل الأسماك والنباتات المائية ، كما أن غاز ثاني أكسيد الكربون الذائب في مياه البحار والأنهار ضروري لعملية البناء الضوئي للنباتات المائية .

وتزداد ذوبانية هذه الغازات في السوائل بزيادة الكتلة المولية ، وذلك لأن قوى التجاذب بين جزيئات الغاز وجزيئات المذيب هي قوى لندن الضعيفة التي تزداد بزيادة الكتلة المولية.

٢- درجة الحرارة Temperature

لتوضيح أثر درجة الحرارة على ذوبانية الغازات قم بإجراء الاستكشاف التالي:

استكشاف ٣

ذوبانية غاز في سائل

الهدف : دراسة أثر درجة الحرارة على ذوبانية الغاز في السائل.

المواد والأدوات : زجاجات ماء صودا (علب) عدد (3)، دورق مخروطي سعة $250\ mL$ ، قطارة، محلول NaOH تركيزه 2 M ، فينولفثالين، حمامات مائية بدرجات مختلفة ($10^{o}C$, $30^{o}C$, $70^{o}C$) عدد (3).

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 26

الإعداد المسبق :

يقوم فني المختبر بتجهيز ثلاثة حمامات مائية معزولة ، ويضع في كل منها علبة ماء صودا .

الإجراءات :

١– افتح علب الصودا ثم انتظر لمدة عشر دقائق حتى تصل مياه الصودا في هذه العلب إلى حالة الاستقرار .

٢– اسكب $50\ mL$ من كل علبة من علب الصودا في ثلاثة دوارق مخروطية ، ثم رقِّم هذه الدوارق.

٣– أضف ثلاث قطرات من الفينولفثالين إلى كل دورق مخروطي .

٤– أضف $2\ mL$ إلى الدورق المخروطي الأول من محلول NaOH بواسطة القطارة وحرك بعد إضافة كل قطرة .

٥– راقب تغير لون المحلول حتى يستقر اللون ، وسجل عدد القطرات المضافة إلى الدورق.

٦– كرر الخطوتين (٤ و ٥) لكل من الدورقين الثاني والثالث.

التحليل والتفسير :

١– أي علب الصودا تتطلب كمية أكثر من NaOH لتغيير اللون ؟ وأيها يتطلب كمية أقل ؟

٢– اكتب معادلة التفاعل بين ماء الصودا وهيدروكسيد الصوديوم .

٣–ارسم علاقة بيانية بين عدد قطرات NaOH ودرجات حرارة ماء الصودا.

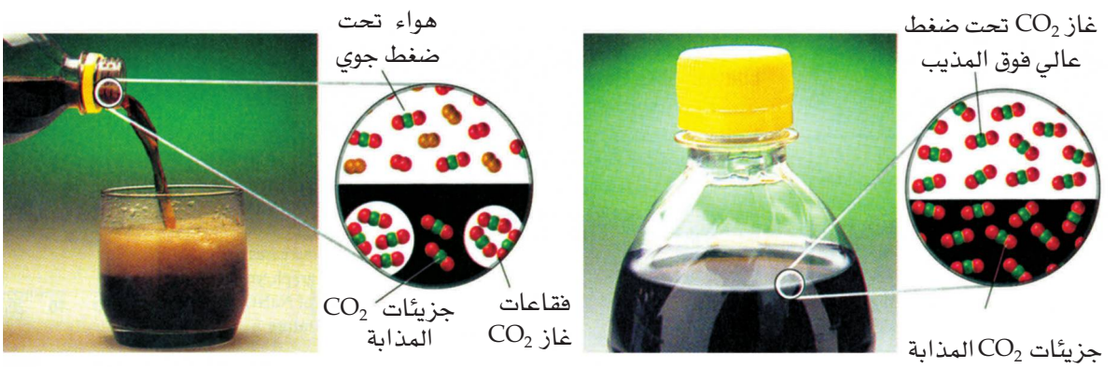
٤– لماذا تعتقد أن عملية ملء العلب في مصنع المشروبات الغازية تتم في غرفة مبردة؟

إن جزيئات الغاز تمتلك طاقة حركية عالية،وعند ذوبانها في السوائل تنطلق كمية من الحرارة تؤدي إلى خفض طاقة حركة جزيئات الغاز، وهو ما يساعد المذيب على الاحتفاظ بجزيئات الغاز. أما عند رفع درجة حرارة المحلول فإن جزيئات الغاز تكتسب طاقة حركية كافية لخروجها من السائل، لذا فإن ذوبانية الغازات في السوائل تقل بارتفاع درجة الحرارة.

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 27

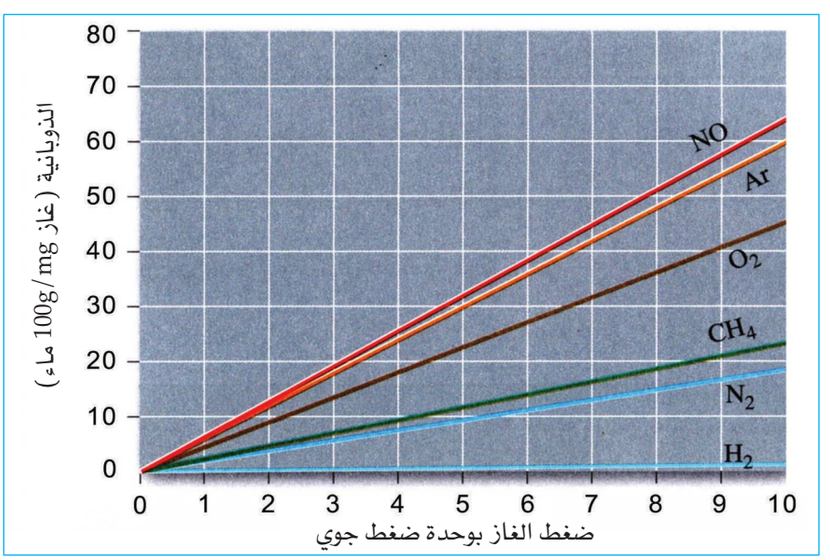
٣- الضغط (Pressure) :

من المشاهدات المألوفة التي تبين تأثير الضغط في ذوبانية الغازات تصاعد فقاعات غاز(CO_2) عند فتح أي زجاجة مشروبات غازية. يوضح الشكل (٥-٤) حالة جزيئات غاز(CO_2) قبل وبعد فتح الزجاجة.



الشكل (٥-٤) : ذوبانية غاز في سائل

تتأثر ذوبانية الغاز في السائل بضغط الغاز فوق سطح السائل،حيث تزداد بزيادة ضغطه فوق سطح السائل عند ثبوت درجة الحرارة، الشكل (٥-٥)، والسبب في ذلك يرجع إلى زيادة تركيز جزيئات الغاز فوق سطح السائل ، وبالتالي زيادة ذوبان جزيئات الغاز فيه، فعند تعبئة زجاجات أو علب المياه الغازية يتم ضخ غاز ثاني أكسيد الكربون فيها تحت ضغوط عالية،وعند فتح هذه الزجاجات أو العلب يقل ضغط غاز(CO_2) الذائب فوق السائل مباشرة، وتخرج فقاعات غاز ثاني أكسيد الكربون من سطح السائل،وإذا تركت الزجاجة مفتوحة لفترة طويلة يتغير طعم المشروب لفقدانه غاز (CO_2) .



الشكل (٥-٥) : منحنيات ذوبانية بعض الغازات في الماء عند ضغوط مختلفة

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 28

معلومات تهمك

اسطوانة الغوص

يستعين الغواصون بأسطوانات تحتوي على غازيّ الأكسجين والنيتروجين أثناء غطسهم تحت الماء ،حيث يتعرض جسم الغواص لضغط كبير عند تواجده في أعماق كبيرة،وتذوب تبعا لذلك كميات من غاز النيتروجين (N_2)،وهو ما يسبب آلاماً شديدة في المفاصل، وللتغلب على هذه المشكلة تم استخدام أسطوانات تحتوي على الأكسجين والهيليوم إذ أن ذوبانية غاز الهيليوم (He) أقل من ذوبانية غاز النيتروجين (N_2) في الدم .

الشكل (٥-٦)

محلول صلب في سائل Solid - Liquid Solution

تعتمد ذوبانية المواد الصلبة في السوائل على عاملين هما :

طبيعة المذاب والمذيب (Nature of Solvent-Solute) ودرجة الحرارة .(Temperature) .

استكشاف ٤

ذوبانية صلب في سائل

الهدف : دراسة العوامل المؤثرة على ذوبانية المواد الصلبة في السوائل.

المواد والأدوات : كلوريد الصوديوم،كلوريد البوتاسيوم، نترات البوتاسيوم، كبريتات البوتاسيوم، كلوريد الأمونيوم، كبريتات الباريوم، أنابيب اختبار عدد (6)، ملعقة، ميزان حساس، مجفف، أوراق ترشيح، ماء.

الإجراءات :

١– رقِّم ستة أنابيب اختبار وضع في كل منها $11\ g$ من الأملاح التالية على الترتيب (كلوريد الصوديوم - كلوريد البوتاسيوم - نترات البوتاسيوم - كبريتات البوتاسيوم - كلوريد الأمونيوم - كبريتات الباريوم) .

٢– أضف إلى كل أنبوبة من الأنابيب السابقة $25\ mL$ من الماء . رج كل أنبوبة وذلك لإذابة الملح . سجل ملاحظاتك .

٣– رشح محاليل الأملاح الموجودة في الأنابيب من 1 إلى 5 ، ثم جفف الراسب الناتج من كل منها .

٤– زن الراسب الناتج وسجل وزنه ثم احسب وزن المادة الذائبة.

٥– سخن الأنبوبة رقم 6 والمحتوية على محلول كبريتات الباريوم عند درجات حرارة مختلفة ($100^{o}C$, $70^{o}C$, $40^{o}C$)على الترتيب، ولاحظ ماذا يحدث ؟

التحليل والتفسير :

١– رتب المواد السابقة حسب ذوبانيتها في الماء ؟

٢– ارسم شكلاً بيانياً بالأعمدة يوضح العلاقة بين المادة وذوبانيتها في درجة الحرارة العادية .

٣– إذا علمت أن القياسات العملية لذوبانية كبريتات الباريوم عند درجات حرارة مختلفة كما هي موضحة في الجدول التالي :

ذوبانية كبريتات الباريوم بالجرام لكل 100 mL ماء	درجات الحرارة (^{o}C)
0.19	*0*
0.25	*30*
0.34	*50*

أ–ارسم العلاقة البيانية بين درجة الحرارة والذوبانية.

ب–ما العلاقة بين الذوبانية ودرجة الحرارة؟

ج–هل يمكن تعميم العلاقة السابقة على جميع المركبات الأيونية ؟ فسِّر إجابتك.

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 30

لعلك توصلت من الاستكشاف السابق إلى تباين ذوبانية المواد الصلبة في السوائل، ويرجع ذلك إلى طبيعة المادة المذابة وقوى التجاذب بين جزيئاتها وجزيئات المذيب.

ولعلك لاحظت أيضا اختلاف ذوبانية المواد الصلبة في السوائل باختلاف درجات الحرارة ، فمثلا عند إذابة كمية من كلوريد البوتاسيوم في الماء نجد أن الذوبان يكون مصحوبا بانخفاض في درجة الحرارة.وتسمى عملية الذوبان في هذه الحالة ماصة للحرارة Endothermic حسب المعادلة التالية :

$$KCl_{(s)} \longrightarrow K^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)} \qquad \Delta H = +17.8\ kJ/mol$$

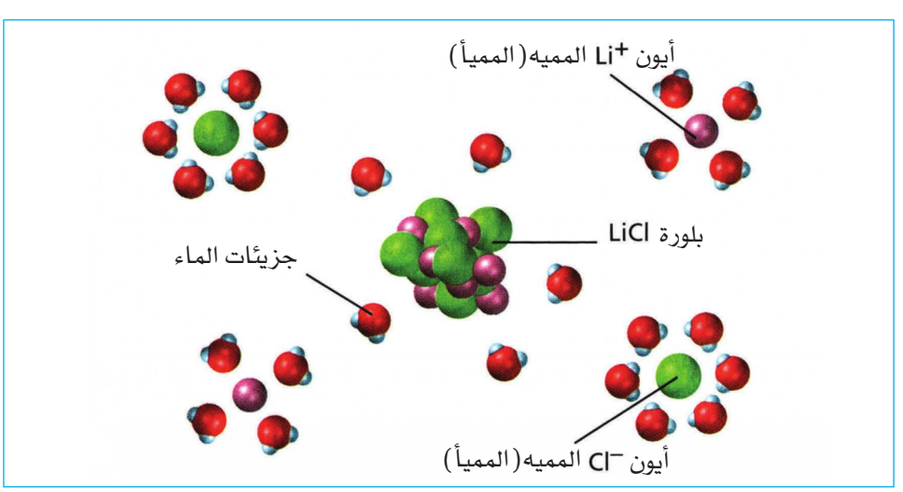
بينما عند إذابة كمية من بروميد الليثيوم في الماء نجد أن الذوبان يكون مصحوبا بارتفاع في درجة الحرارة . وتسمى عملية الذوبان طاردة للحرارة Exothermic وتمثل بالمعادلة التالية :

$$LiBr_{(s)} \longrightarrow Li^{+}_{(aq)} + Br^{-}_{(aq)} \quad \Delta H = -49kJ/mol$$

تكون الأيونات في المركبات الأيونية مرتبة في شكل هندسي معين يعرف بالشبكة البلورية كما بالشكل (٥-٧) الذي يوضِّح تفكك بلورة كلوريد الليثيوم عند ذوبانها في الماء،حيث يرافق إذابة هذه المركبات في الماء قوتان متعاكستا التأثير هما :

١- طاقة الشبكة البلورية : Lattice energy وهي الطاقة اللازمة للتغلب على قوى التجاذب بين الأيونات في الشبكة البلورية.

٢- طاقة الإماهة Hydration energy : وهي الطاقة المنطلقة الناتجة عن إحاطة الأيونات بجزيئات الماء (المذيب) ، وبالتالي فإن جزيئات الماء تقل طاقتها الحركية ويتحرر جزء من طاقة المحلول.



الشكل (٥-٧) : ذوبان كلوريد الليثيوم في الماء

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 31

وتكون الحرارة المصاحبة للذوبان هي المجموع الجبري لطاقة الإماهة وطاقة الشبكة البلورية ، فإذا كانت طاقة إماهة الأيونات أكبر من طاقة الشبكة البلورية يكون الذوبان طاردا للحرارة ، أما إذا كانت طاقة تفكك الشبكة البلورية أكبر من طاقة الإماهة يكون الذوبان ماصا للحرارة.

معلومات تهمك

١ - ذوبانية الفيتامينات

يذوب كل من فيتاميني B و C في الماء ، ولذلك فإنهما غير قابلين للتخزين في الجسم فترة محددة ، ومن الضروري أن تشتمل الوجبات اليومية عليهما.أما فيتامينات (K, E, D, A) فتذوب في مذيبات غير قطبية كالأنسجة الدهنية في الجسم ، ويخزن بعضها في الجسم فترة طويلة فتحفظ من الاصابة بالأمراض التي يسببها نقص هذه الفيتامينات ، والزيادة في تخزينها يسبب ضرراً في الجسم .

٢ - علاقة ذوبانية بعض الأملاح بالزراعة

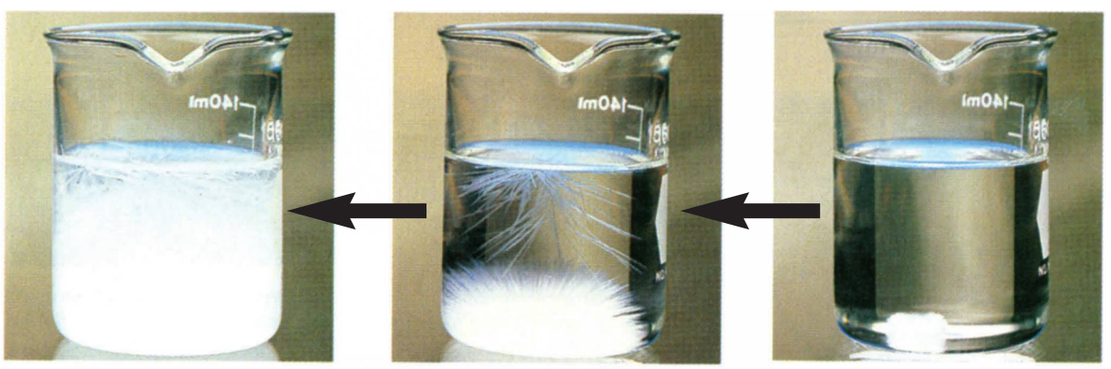
معظم المزارعين يستخدمون أسمدة تحتوي على أملاح مكونة من ثلاث عناصر أساسية وهي البوتاسيوم والفوسفور والنيتروجين، وعند إضافة كمية أكبر عن حاجة التربة من السماد فإن مياه الأمطار والري تقوم بإزالة الأملاح من التربة.وتعتبر هذه العملية ضارة من الناحية الاقتصادية وملوثة للبيئة ، فالماء المذاب فيه تلك الأملاح الزائدة يصب مرة أخرى في البرك والأنهار ويتسبب في ركود مياهها.وهذه المياه الراكدة غنية بالمواد الغذائية ولكنها فقيرة في كمية الأكسجين الذائب،ويمكن ملاحظة ذلك من خلال نمو النباتات المائية والطحالب وتصاعد روائح كريهة بسبب نمو البكتيريا اللاهوائية.

٢ - التبلور *Crystallization*

ماذا يحدث عند إضافة كمية أخرى بشكل تدريجي من كلوريد الصوديوم في محلول الأنبوبة رقم (1) من الاستكشاف السابق؟ بالطبع سوف نصل إلى حالة تكون فيها كمية من الملح غير ذائبة، وهذا معناه أنه قد تكون لدينا محلول مشبع saturated solution، ولكن يمكن إذابة الكمية غير الذائبة بتسخين المحلول.

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 32

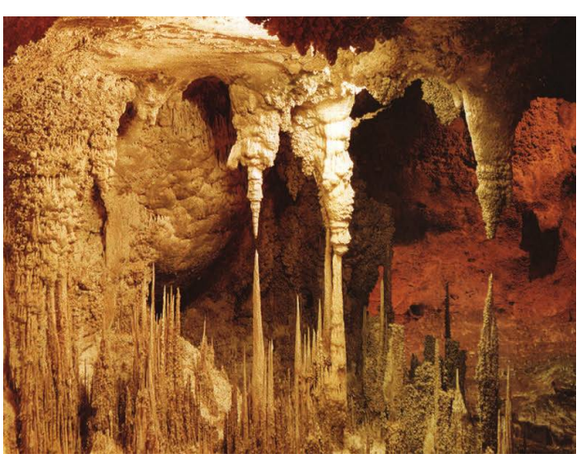
وإذا تركنا هذا المحلول يبرد مع عدم تحريكه فسيتكون محلول جديد يسمى المحلول فوق المشبع supersaturated solution الذي يعرف بأنه «المحلول الذي يحتوي على كمية من المادة المذابة أكثر من الكمية اللازمة لتشبعه عند درجة حرارة معينة».وقد تتساءل ماذا يحدث إذا تمت إضافة بلورة واحدة من المادة المذابة إلى المحلول فوق المشبع؟ في هذه الحالة سيتم ترسيب جميع الكمية الزائدة عن إشباع المحلول وتسمى هذه العملية بالتبلور.الشكل (٥–٨) يوضح مراحل حدوثها.



الشكل (٥–٨) : مراحل حدوث عملية التبلور

ومن الأمثلة على عملية التبلور ما تلاحظه عند شرائك بعض زجاجات العسل التي يكون فيها سائل (محلول) العسل صافيا في طبقته العليا ممزوجا ببعض الدقائق البيضاء في الأسفل كما في الشكل (٥–٩). إن ذلك يحدث في محلول مشبع من السكر (العسل غالبا محلول سكري) عندما يتبخر بعض الماء منه.وهناك مثال آخر على عملية التبلور،وهو ما يحدث من تبلور طبيعي وبشكل تدريجي وبطيء خلال عملية تكون الكهوف الجيرية شكل (٥–١٠).

الشكل (٥–٩) : العسل الصافي



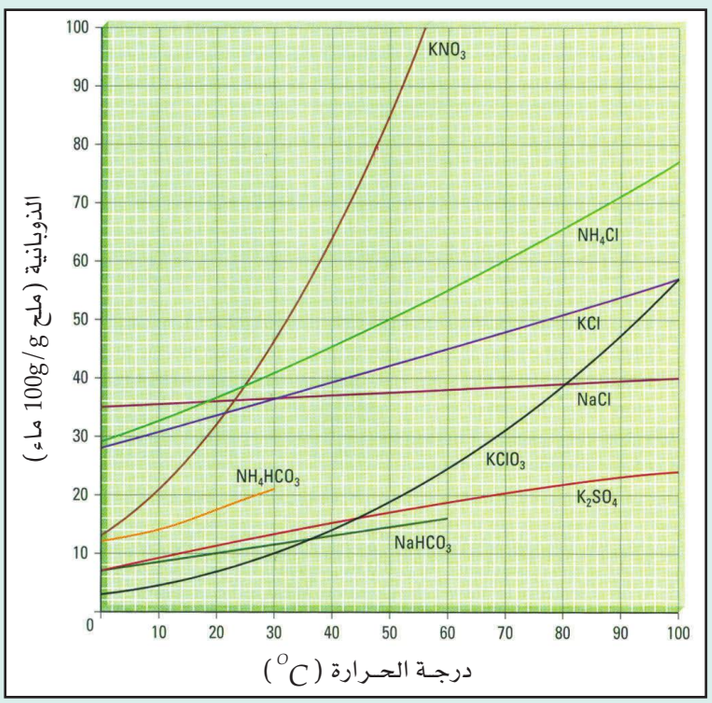
الشكل(٥–١٠) : أحد الكهوف الجيرية

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 33

تنفيذ الدرس العملي رقم (٣)

اختبر فهمك (٣)

دقق النظر في الشكل (٥-١١)، الذي يوضح منحنيات ذوبانية عدد من الأملاح في الماء ، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :



الشكل (٥-١١) : منحنى ذوبانية بعض الأملاح في الماء

أ- صف العلاقة بين ذوبانية الأملاح ودرجة الحرارة .

ب- حدد الأملاح التي لها أكبر وأقل ذوبانية عند درجة حرارة ($0^{o}C$).

ج-حدد من الرسم ذوبانية كل من هذه الأملاح عند درجة حرارة ($40^{o}C$).

٥-٤ تركيز المحاليل *Concentration of a Solutions*

يحرص الطبيب أو الصيدلي دائما على إعطاء المريض الجرعة المناسبة من محلول الدواء لشفائه، أما في حالة حدوث أي خطأ في تحديد تركيز الدواء المناسب للمريض أو إعطائه جرعة زائدة عن حاجته فقد يؤدي ذلك إلى الإضرار بصحته.وفي أغلب الأحيان فإننا نتعامل مع المواد في صورة محاليل ذات تراكيز معلومة.فما التركيز؟ وكيف يمكن التعبير عنه وحسابه ؟

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 34

❋ طرق التعبير عن تركيز المحاليل :

التركيز عبارة عن نسبة المذاب إلى المذيب ويعبر عنه بعدة طرق منها :

١- المولارية (التركيز الجزيئي الحجمي) Molarity

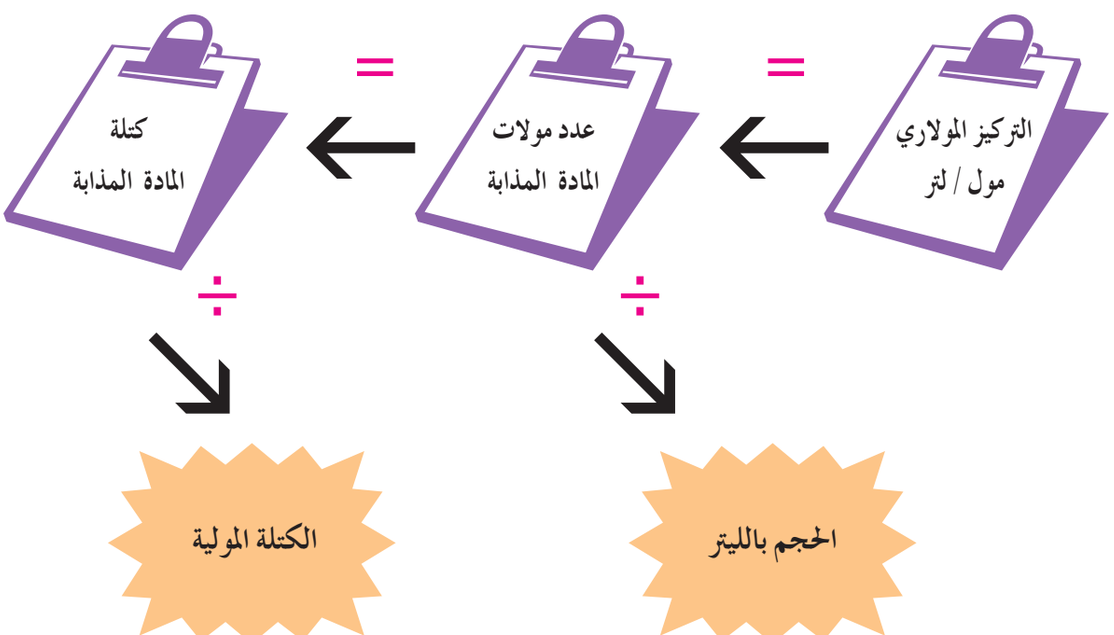
عدد مولات المادة المذابة في لتر واحد من المحلول،ويرمز إلى هذه الطريقة بالرمز M ووحدتها مول/لتر أو مولار (mol/Litre) .

المولارية (M) = عدد مولات المادة المذابة ÷ حجم المحلول باللتر

M = Molarity = moles of solute ÷ liters of solutions

Or Molar C = $n_{solute} \div v_{solution}$ mol/L

ولتسهيل عمليات حساب التركيز المولاري يمكنك الاستعانة بالمخطط التالي :



ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 35

مثال(١) :

محلول مائي حجمه 3.5L ويحتوي على 90g من كلوريد الصوديوم (NaCl)، احسب التركيز المولاري لهذا المحلول.

الحل : نحسب أولا عدد مولات المادة المذابة كالتالي :

عدد مولات المادة المذابة (NaCl)= كتلة المادة المذابة ÷ الكتلة المولية

الكتلة المولية لـ (NaCl) = $23 + 35.5 = 58.5\ g\ /\ mol$

عدد مولات (NaCl) = $90 \div 58.5 = 1.54\ mol$

التركيز المولاري لـ (NaCl) = عدد مولات المادة المذابة ÷ حجم المحلول باللتر

التركيز المولاري لـ (NaCl) = $1.54 \div 3.5 = 0.44\ M$

مثال(٢) :

محلول بيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$ تركيزه 0.5M ، احسب كتلة المادة المذابة الموجودة في 0.8L من هذا المحلول.

الحل : عدد مولات المادة المذابة = تركيز المادة المذابة × حجم المحلول باللتر

الكتلة المولية لـ $NaHCO_3$ $= 23 + 1 + 12 + (3 \times 16) = 84\ g/mol$

عدد مولات $NaHCO_3$ $= 0.5 \times 0.8 = 0.4\ mol$

كتلة $NaHCO_3$ المذابة $= 0.4 \times 84 = 33.6\ g$

٢- المولالية (التركيز الجزيئي الكتلي (Molality)

يعد التعبير عن تركيز المحلول بالمولالية مفيدا وخاصة عند دراسة الخواص التجمعية للمحاليل،لأن هذا التعبير يدل على النسبة بين عدد دقائق المذاب والمذيب في المحلول،أكثر من مجرد معرفة عدد دقائق المذاب في حجم معين كما يحدث عند حساب المولارية.

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 36

وتعرف المولالية لمحلول ما «بأنها عدد مولات المادة المذابة في كيلوجرام من المذيب» ويرمز لها بالرمز m. ووحدتها مول/كجم أو مولال (mol/kg)

المولالية(m) = عدد مولات المادة المذابة ÷ كتلة المذيب بالكيلو جرام

m = Molality = moles of solute ÷ kilogram of solvent

Or Molal C = $n_{solute} \div m_{solvent}$ mole/kg

مثال(٣) :

احسب التركيز المولالي لكلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ ،إذا علمت أنه تمت إذابة 2.22g من كلوريد الكالسيوم في 100 g من الماء .

الحل : المولالية (m) = عدد مولات المادة المذابة ÷ كتلة المذيب بالكيلوجرام

الكتلة المولية لـ $CaCl_2$ $= 40+(2\times 35.5) = 111$ g/mol

عدد مولات $CaCl_2$ $= 2.22 \div 111 = 0.02$ mol

التركيز المولالي لمادة $CaCl_2$ $= 0.02 \div 0.1 = 0.2$ m

اختبر فهمك (٤)

١–إذا كان التركيز الطبيعي لكلوريد البوتاسيوم في بلازما الدم هو 4mM، احسب حجم الدم الذي يحتوي على 1.0 mg من كلوريد البوتاسيوم.

٢– الفورمالين هو محلول مائي من الفورمالدهيد (HCHO) ، ويستخدم بتراكيز عالية كمادة حافظة لبعض المحاليل البيولوجية.احسب كتلة الفورمالدهيد في محلول من الفورمالين حجمه 2.5L وتركيزه 12.3 M.

٣– محلول يتكون من 18.2g من حمض الهيدروكلوريك و 250g من الماء . احسب التركيز المولالي لهذا المحلول .

٣- الجزء من المليون Part Per Million (PPM)

تستخدم هذه الطريقة في التعبير عن تراكيز ملوثات الهواء أو الماء أو المواد الغذائية وهي ذات أهمية خاصة في الدراسات البيئية، كما تستخدم عندما يوجد المذاب بكميات ضيئلة جدًا في المحلول، وعلى سبيل المثال فإن تركيز الكلور في أحواض السباحة هو1ppm وهذا معناه أن1 gمن الكلور يوجد في 1000L من الماء، وكذلك إذا كان معدل تركيز غاز CO_2 في الهواء هو 250ppm فإن ذلك يعني أن 1Kg من الهواء يحتوي على 250mg من غاز CO_2 ويمكن حساب الجزء من المليون (ppm) وحوذلك بقسمة كتلة المادة المذابة (g) على كتلة المذيب في 10^6 g .

الجزء من المليون (ppm) = كتلة المادة المذابة (1g) ÷ كتلة المذيب (10^6 g)

Part per million C = $m_{solute\ (g)}$ ÷ $m_{solvent}$ (10^6 g) ppm

مثال(٤) :

تعتبر ذوبانية غاز الأكسجين في الماء مقياساً مهماً للحياة والأنظمة البيئية، وقد وجد عند إجراء التحليل الكيميائي في الظروف القياسية أن 2.2mg من الأكسجين ذائب في 250mL ماء. احسب تركيز الأكسجين في أجزاء من المليون؟

الحل :

$$m_{O_2} = 2.2\ mg$$

$$V_{H_2O} = 250\ ml \text{ or } 0.250\ L = 250\ g$$

كتلة المذاب بوحدة (g) $= 2.2 \times 10^{-3}$ g

كتلة المذيب بوحدة (g) $= 250$ g

التركيز بوحدة (ppm) $= 2.2 \times 10^{-3} \div 250 = 8.8$ ppm

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 38

اختبر فهمك (٥)

١- إذا كانت نتيجة فحص البول للكشف عن تعاطي المنشطات عند أحد لاعبي الألعاب الأولمبية أعلى بألف مرة من القيمة المقبولة وهي 2mg/L، فما تركيز البول نتيجة الفحص في أجزاء من المليون (ppm) ؟

٢- عينة من ماء أحد الآبار تحتوي على كبريتات الحديد III $\{Fe_2(SO_4)_3\}$ بتركيز 0.24 ppm احسب كتلة كبريتات الحديد III التي توجد في 1.2 L من مياه البئر .

٤- التراكيز المئوية للمحاليل Percent Concentration Solutions

عند تعاملك مع بعض المحاليل الكيميائية في المختبر أو الصيدلية فإنك تقرأ بعض التعبيرات المدونة على زجاجات المحاليل،والتي تدل على تركيز أو نسب مكونات المحلول.الشكل (٥-١٢) يوضح ملصقات لبعض المنتجات الغذائية ويظهر عليها النسب المئوية لمكوناتها.

أ- التركيز المئوي الحجمي (v/v %) Percent by Volume

يستخدم هذا النوع بشكل واسع عند التعبير عن تراكيز محاليل السوائل في السوائل، وتعرف بأنها «عدد وحدات الحجم من المادة المذابة الموجودة في (100) وحدة حجم من المحلول» ، ويرمز لها بالرمز (v/v %).

التركيز المئوي الحجمي = (v/v %) حجم المادة المذابة ÷ حجم المحلول) × 100%

Percent by Volume (v/v %) = C = (V_{solute} ÷ $V_{solution}$) x 100%

مثال(٥) :

أضيف 70 mL من الكحول الإيثيلي (C_2H_5OH) إلى الماء فأصبح حجم المحلول 350 mL. احسب التركيز المئوي الحجمي للكحول الإيثيلي.

الحل :

النسبة المئوية الحجمية= (% v/v)(حجم المادة المذابة ÷ حجم المحلول) × 100 %

Percent by Volume (v/v %) = C = (V_{solute} ÷ $V_{solution}$) x 100%

التركيز المئوي الحجمي للكحول الإيثيلي = (70 ÷ 350) × 100% = 20% v/v

اختبر فهمك (٦)

– محلول حمض النتريك حجمه 30 mL ،ويبلغ تركيزه المئوي الحجمي v/v % 18،ما حجم حمض النتريك النقي الموجود في هذا المحلول؟

ب– التركيز المئوي الكتلي Percent by Volume (m/m %)

ويعرف بأنه «عدد وحدات الكتلة من المادة المذابة الموجودة في (100)وحدة كتلة من المحلول» ويرمز لها بالرمز (m/m %) .

الشكل(٥-١٢) : ملصقات لبعض المنتجات الغذائية

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 40

التركيز المئوي الكتلي (m/m %) = (كتلة المادة المذابة ÷ كتلة المحلول) × 100%

Percent by mass (m/m %) = C = (m_{solute} ÷ $m_{solution}$) x 100%

مثال(٦) :

عملة معدنية مصنوعة من النحاس ومواد أخرى كتلتها 35 g ،إذا علمت أنها تحتوي على 8 g من الخارصين ، فكم يكون التركيز المئوي الكتلي للخارصين في العملة المعدنية؟

الحل :

التركيز المئوي الكتلي (m/m %) = (كتلة المادة المذابة ÷ كتلة المحلول) × 100%

Percent by mass (m/m %) = C = (m_{solute} ÷ $m_{solution}$) x 100%

التركيز المئوي الكتلي للخارصين = (8 ÷ 35) × 100% = 22.86 % m/m

اختبر فهمك (٧)

١- ما كتلة غاز كلوريد الهيدروجين المذاب في 40 g من محلول حمض الهيدروكلوريك المركز،علما بأن التركيز المئوي الكتلي للحمض يساوي 33 % ؟

٢-يعتبر البنزين (C_6H_6) والكلورفورم ($CHCl_3$) مذيبان عضويان سامان جدا يذوبان في بعضهما بعضاً، وفي محلول ما مكون من البنزين والكلورفورم وجد أن عدد مولات البنزين تساوي 0.45 mol ،أوجد التركيز المئوي الكتلي للبنزين في هذا المزيج.

٥-٥ المحاليل المخففة Diluted Solutions

تتوافر المواد الكيميائية في المختبرات على صورة مواد صلبة أو محاليل مركزة معلومة التركيز، مثلا يوجد حمض الكبريتيك على صورة محلول مركّز (98 % بالكتلة) ولكن نحتاج أحيانا إلى تحضير محاليل مخففة من محاليل مركزة .

عند التخفيف تبقى كتلة المادة المذابة ثابتة،وبالتالي فإن عدد المولات يبقى ثابتا، ولكن المادة المذابة تنتشر في حجم أكبر بإضافة المذيب، وهو ما يؤدي إلى نقص في تركيز المحلول المخفف عن المحلول الأصلي وحيث أن عدد مولات المادة المذابة لا تتغير بالتخفيف، فيمكن استنتاج العلاقة التالية :

عدد مولات المادة المذابة (قبل التخفيف) = عدد مولات المادة المذابة (بعد التخفيف)

$$\text{Moles of solute} = M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

ملاحظة : تستخدم وحدة الحجم (V) باللتر .

مثال(٧) :

احسب حجم محلول كبريتات الماغنيسيوم التي تركيزها 2 M واللازمة لتحضير 100 mL من محلول كبريتات الماغنيسيوم تركيزها 0.4 M .

الحل :

$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$ = عدد مولات كبريتات الماغنيسيوم المذابة

حجم كبريتات الماغنيسيوم $V_1 = M_2 \cdot V_2 \div M_1$

$= 100\ mL \times 0.4\ M \div 2\ M$

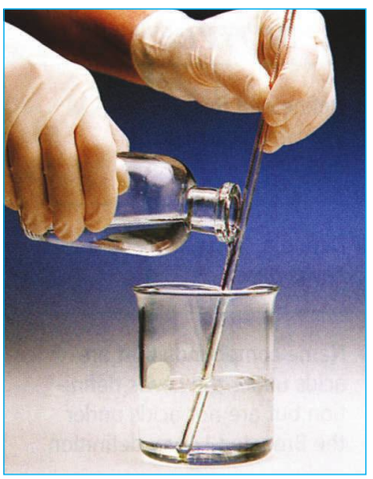
$= 20\ mL = 0.02\ L$

إذن الكمية اللازم أخذها من محلول كبريتات الماغنيسيوم $MgSO_4$ هي 20 mL ويجب تخفيفها بكمية كافية من الماء المقطر ليصل الحجم إلى 100 mL .

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 42

معلومات تهمك **تخفيف الأحماض**

عند تخفيف الأحماض فإن الطريقة الصحيحة لتكوين محلول حمضي تكون بإضافة الحمض المركز تدريجي إلى الماء (وليس العكس)، شكل (٥-١٣)، حيث أن هذا التفاعل هو تفاعل قوي يطلق كميات كبيرة من الحرارة قد تسبب فوران الماء وتناثره خارج الوعاء الذي يحدث فيه التخفيف .



الشكل(٥-١٣) : تخفيف الأحماض

تنفيذ الدرس العملي رقم (٤)

اختبر فهمك (٨)

١- في إحدى التجارب احتاج مجموعة من الطلاب إلى محلول من $Ca(OH)_2$ حجمه 250 mL وتركيزه 0.01 M ، فإذا كان لديهم محلول مركز من نفس المادة تركيزه 4 M ، فاحسب الحجم اللازم بوحدة(mL) من المحلول المركز للحصول على المحلول المطلوب .

٢- أراد محمد تخفيف محلول حمض HCl تركيزه 36 % وذلك لعمل 4 L من محلول هذا الحمض تركيزه 10 % ، فما حجم محلول HCl الذي يحتاجه من المحلول المركز لهذه التجربة ؟

٥-٦ الخواص التجميعية للمحاليل *Colligative Properties*

تختلف الخواص الفيزيائية للمحلول عن الخواص الفيزيائية للمذيب المستخدم في تحضير المحلول، وبشكل عام تشترك المحاليل في بعض الخواص الفيزيائية التي تعتمد على عدد الدقائق (ذرات أو أيونات أو جزيئات) المذابة في المحلول وليس على نوعها. وتسمى هذه الخواص بالخواص التجميعية Colligative Properties، ومن هذه الخواص :

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 43

التغير في كل من : الضغط البخاري ـ درجة الغليان ـ درجة التجمد ـ الضغط الأسموزي للمحلول عن السائل النقي.

فهل تختلف هذه الخواص عند إذابة مادة ما في السائل؟ وما أثر المادة المذابة على خواص المذيب؟ وما هي التطبيقات العملية المستفادة من هذه الخواص في حياتنا العملية؟

وسنركز فيما يلي على خواص محاليل المواد غير المتأينة :

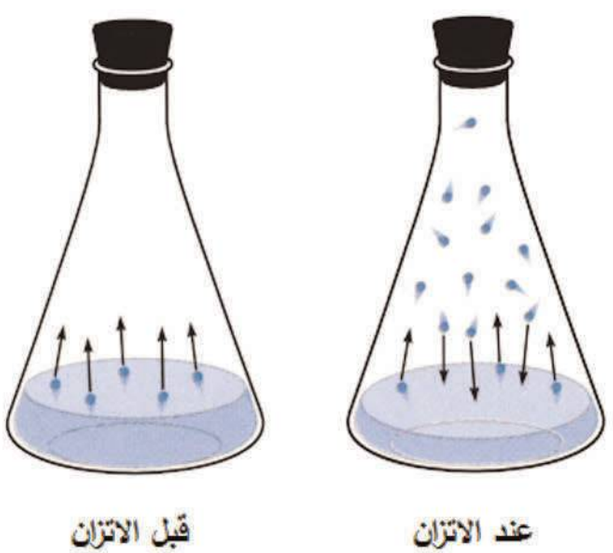
١– الانخفاض في الضغط البخاري Lowering Vapor Pressure

إذا تركت سائلا ما كالماء أو الكحول في وعاء مكشوف (معرض للهواء الجوي) لفترة زمنية كافية،فماذا يحدث للسائل؟

سوف تلاحظ أن الوعاء يخلو من السائل،وذلك لأن السائل سيتبخر تدريجيا تحت تأثير درجة الحرارة .

ولكن ماذا يحدث إذا وضعت السائل في إناء مغلق عند درجة حرارة ثابتة؟

انظر إلى الشكل (٥–١٤) الذي يوضح تبخر السائل في إناء مغلق عند درجة حرارة ثابتة.

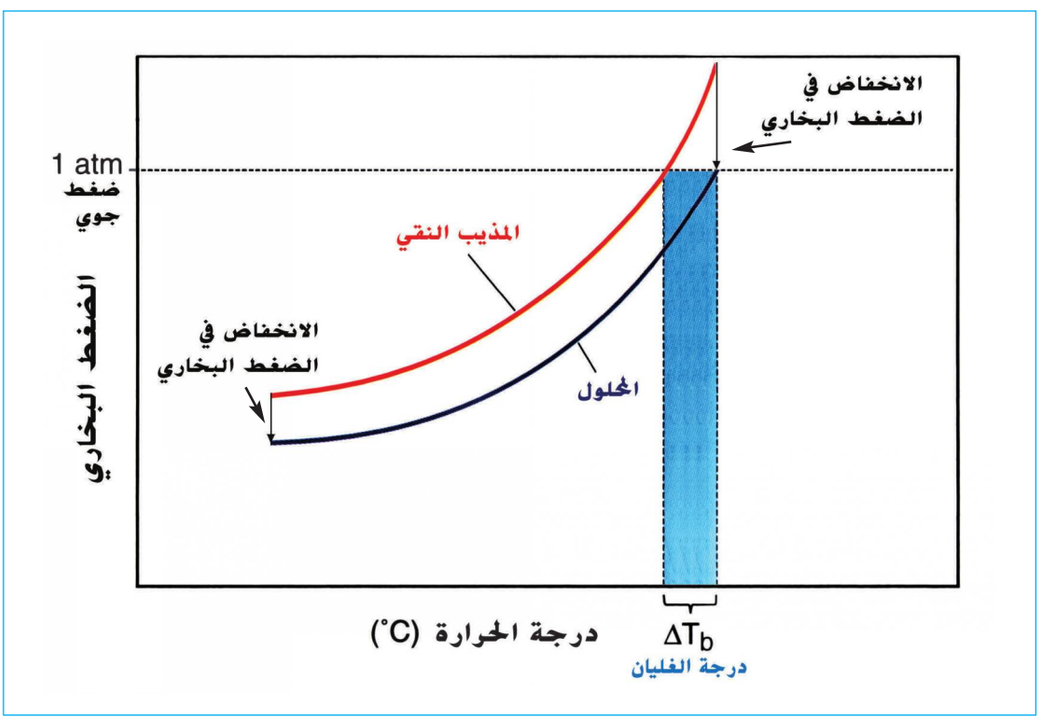


الشكل (٥–١٤) : الضغط البخاري لسائل في إناء مغلق عند درجة حرارة ثابتة

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 44

سوف تلاحظ من الشكل أن البخار الناتج يولد ضغطا على سطح السائل يسمى الضغط البخاري للسائل Vapor Pressure of Liquid الذي يعرف بأنه «ضغط البخار الناتج فوق سطح السائل عند حدوث حالة اتزان بين السائل وبخاره في درجة حرارة معينة» ، ويعتمد الضغط البخاري للسائل على عاملين هما : درجة الحرارة وطبيعة السائل.

وبصورة عامة يمكن القول أن لكل سائل نقي ضغطا بخاريا مميزا عند درجة حرارة معينة ، وقد أثبت عمليا أنه عند إذابة مادة معينة غير متطايرة في سائل (مذيب) فان الضغط البخاري للمحلول يكون دائما أقل من الضغط البخاري للمذيب النقي عند درجة الحرارة نفسها.الشكل (٥-١٥) يوضّح منحنيين للضغط البخاري أحدهما للمذيب النقي والآخر لمحلوله.



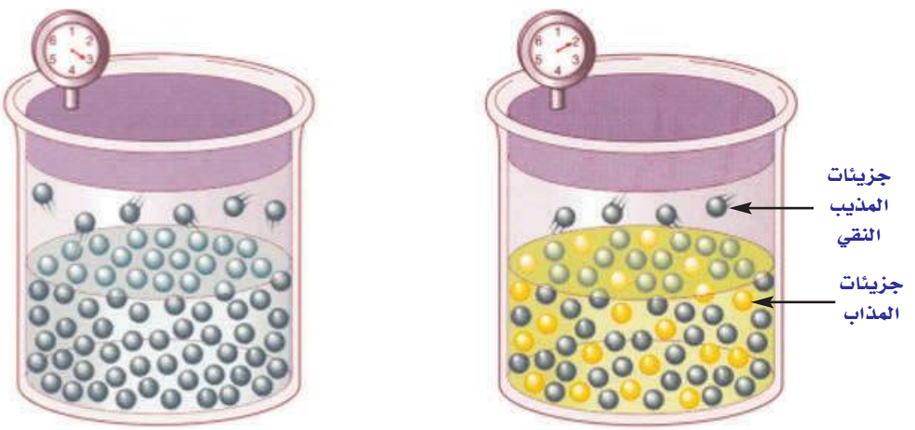
الشكل (٥-١٥) : منحنيي الضغط البخاري للمذيب النقي ومحلوله

لعلك تتساءل عن سبب انخفاض الضغط البخاري للمذيب في حالة وجود مادة غير متطايرة مذابة فيه .

يرجع ذلك إلى أن دقائق المذاب تنتشر بين جزيئات المذيب ، وتقل نسبة عدد جزيئات المذيب عما كانت عليه في حالة المذيب النقي، وبالتالي يقل عدد جزيئات المذيب التي تتحول من سطح السائل

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 45

إلى الحالة البخارية، وعليه فإن ضغط بخار المحلول يصبح أقل من ضغط بخار السائل النقي (المذيب). يوضّح الشكل (٥–١٦) النقص في عدد جزيئات المذيب المتبخرة في المحلول (أ) عنه في حالة المذيب النقي (ب).



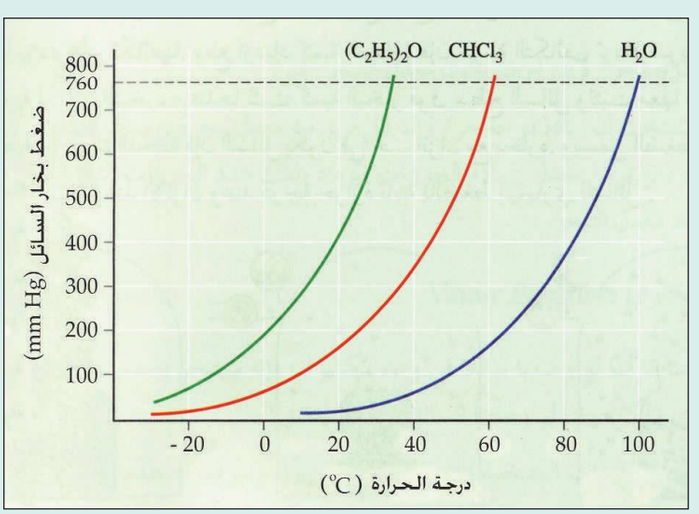
الشكل (٥–١٦) : النقص في عدد جزيئات المذيب المتبخرة في المحلول عنه في حالة المذيب النقي

لقد وجد العالم الفرنسي راؤول أن الانخفاض في الضغط البخاري للسائل (المذيب) يتناسب طرديًا مع تركيز المادة المذابة.

اختبر فهمك (٩)

١– ينضج الطعام في أواني الضغط بسرعة أكبر من الأواني العادية . فسر.

٢– انظر إلى الشكل (٥–١٧) الذي يمثل منحنيات تغير الضغط البخاري مع درجة الحرارة لبعض السوائل ، ثم أجب عن الأسئلة التالية :



الشكل (٥–١٧) : منحنيات التغير في الضغط البخاري مع درجة الحرارة لبعض السوائل

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 46

أ) رتب المواد الموضحة في الشكل ترتيبا تصاعديا حسب قوة التجاذب بين جزيئاتها.

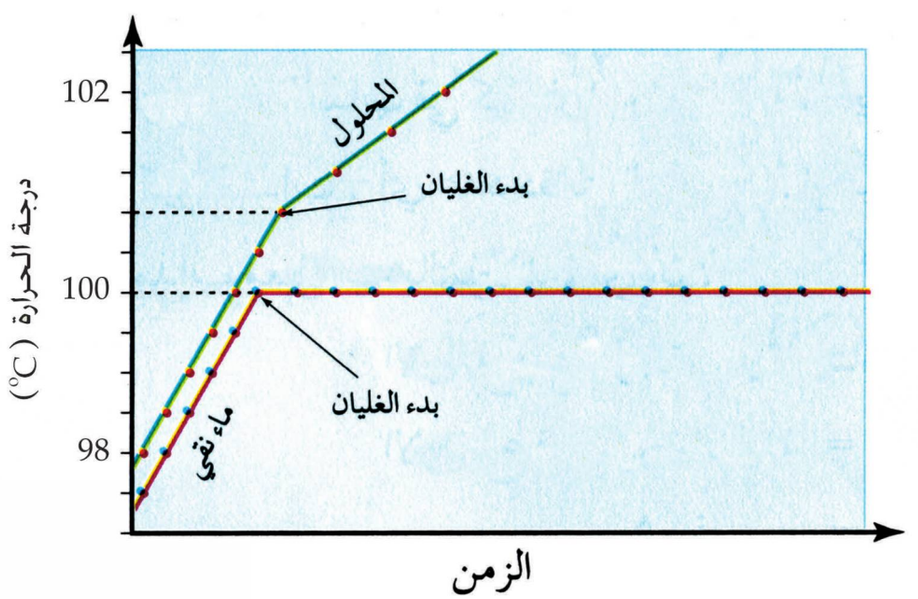
ب) أيهما لـه ضغط بخـاري أعـلى: ثنائي إيثيل الإيثر $(C_2H_5)_2O$ أم الماء H_2O عند درجة الحرارة نفسها ؟ولماذا؟

ج) هل توجد علاقة بين قوى التجاذب بين جزيئات السائل والضغط البخاري له؟ وضح ذلك.

٢- الارتفاع في درجة الغليان Boiling Point Elevation

يغلي المـاء النقي عند درجة حرارة $100^{\circ}C$ تحت الضغط الجـوي العـادي على مستوى سطح البحـر (760 mmHg)، ولكـن مـاذا يحدث لدرجة غليـان الماء عند إذابة كمية معينة من مادة غير متطايرة فيه ؟

أمعن النظر في الشكل (٥-١٨) الذي يبين سلوك كل من الماء النقي ومحلول السكر (ماء + مادة غير متطايرة) عند تسخينهما لدرجة الغليان ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :



الشكل (٥-١٨) : سلوك كل من الماء النقي ومحلول السكر عند تسخينهما لدرجة الغليان

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 47

١– هل تختلف درجة غليان الماء عن درجة غليان محلول السكر ؟ أيهما أكبر ؟

٢– هل تتغير درجة حرارة الماء النقي أثناء الغليان ؟ فسِّر ذلك .

٣– هل تتغير درجة حرارة محلول السكر أثناء الغليان ؟ فسِّر ذلك .

يبين الشكل (٥–١٨) أن درجة غليان محلول السكر أعلى من درجة غليان الماء النقي، فما سبب ذلك ؟

تعلم أن الضغط البخاري لمحلول مادة غير متطايرة مذابة في مذيب أقل من الضغط البخاري للمذيب النقي ، وهو ما يجعل الوصول إلى درجة الغليان يتطلب تسخين المحلول إلى درجة حرارة أعلى من درجة غليان المذيب النقي حتى يتساوى الضغط البخاري له مع الضغط الجوي.ويستفاد من هذا الفرق بين درجتي غليان المحلول والمذيب النقي في تعيين الكتلة المولية للمادة المذابة في المحلول.

وجد عمليا أن الارتفاع في درجة الغليان لا يعتمد على طبيعة المذاب وإنما على عدد الدقائق المذابة، وأن هذا الارتفاع يتناسب طرديا مع التركيز المولالي للمحلول، ويعبر عن ذلك رياضيا كما يلي :

الارتفاع في درجة الغليان = ثابت درجة الغليان × التركيز المولالي للمحلول

$$\Delta T_{bp} = K_{bp} \cdot m$$

ويسمى هذا الثابت بثابت الارتفاع في درجة غليان السائل المذيب ، ويعرف بأنه «**مقدار الارتفاع الثابت في درجة غليان السائل النقي الناتج عن إذابة مول واحد من مادة غير متطايرة في كيلوجرام من السائل**».

مثال (٨) :

أذيب 16.2 g من الجليسرول ($C_3H_8O_3$) في 1.5 kg من الماء،احسب درجة الغليان للمحلول الناتج .

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 48

الحل :

الكتلة المولية للجليسرول $= (3\times 12) + (8\times 1) + (3\times 16) = 92\ g/mol$

عدد مولات الجليسرول $= 16.2 \div 92 = 0.176\ mol$

التركيز المولالي (m) $= 0.176 \div 1.5 = 0.1174\ m$

الارتفاع في درجة الغليان $= 0.512 \times 0.1174 = 0.06\ ^{o}C$

درجة الغليان للمحلول $= 100 + 0.06 = 100.06\ ^{o}C$

تنفيذ الدرس العملي رقم (٥)

٣- الانخفاض في درجة التجمد Freezing Point Depression

يتجمد الماء النقي عند درجة $0\ ^{o}C$ وذلك تحت الضغط الجوي العادي،فهل تتوقع أن تتغير درجة تجمد الماء النقي عند إذابة مادة غير متطايرة فيه؟

لكي يتجمد المحلول يلزم خفض درجة حرارته عن درجة تجمد المذيب النقي حتى يحدث تقارب جزيئات المذيب بعضها من بعض،وتصبح قوى التجاذب بينها كافية للتغلب على طاقة حركتها لتتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة.

كما وجد أيضًا أن مقدار الانخفاض في درجة التجمد يتناسب طرديا مع التركيز المولالي،ويعبر عنه رياضيا كما يلي:

الانخفاض في درجة التجمد = ثابت درجة التجمد × التركيز المولالي للمحلول

$$\Delta T_{fp} = K_{fp} \cdot m$$

يسمى هذا الثابت بثابت الانخفاض في درجة التجمد. ويعرف بأنه **«مقدار الانخفاض في درجة تجمد السائل النقي الناتج عن إذابة مول واحد من مادة غير متطايرة في كيلوجرام من السائل»** . ويستفاد منه أيضا في تعيين الكتلة المولية لمادة صلبة.

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 49

يوضح الجدول (٥-٢) قيم درجات الغليان والتجمد وثوابت الارتفاع في درجات الغليان وثوابت الانخفاض في درجات التجمد لبعض المذيبات.

المذيب	درجة الغليان (^{o}C) تحت الضغط الجوي العادي	ثابت الارتفاع في درجة الغليان $^{o}C\ Kg/mol$ (K_{bp})	درجة التجمد (^{o}C) تحت الضغط الجوي العادي	ثابت الانخفاض في درجة التجمد $^{o}C\ Kg/mol$ (K_{fp})
المـــاء	100	0.512	0	1.86
البنزيـن	80.1	2.61	5.5	5.06
الكحول الإيثيلي	78.4	1.22	-117	5.12
حمض الخليك	117.9	3.07	16.6	3.9
فينـول	181.8	3.6	40.9	7.4
الإيثـير	34.6	2.02	-116.3	1.79
النفثـالين	217.7	5.8	80.2	6.94

الجدول(٥-٢): قيم درجات الغليان والتجمد وثوابت الارتفاع في درجات الغليان وثوابت الانخفاض في درجات التجمد لبعض المذيبات

معلومات تهمك **أهمية خاصية الانخفاض في درجة تجمد المحاليل**

يستفاد من هذه الظاهرة في البلدان الباردة التي تصل درجة الحرارة فيها إلى تحت الصفر، حيث يضاف الإيثيلين جليكول ($C_2H_6O_2$) إلى الماء في نظام تبريد السيارات، وهو ما يؤدي إلى خفض درجة تجمده، وبالتالي يظل في حالته السائلة. كما يستفاد من هذه الظاهرة في نثر بعض المواد الكيماوية مثل كلوريد الصوديوم على الطرقات في البلاد الباردة جدا والتي تتساقط فيها الثلوج، الأمر الذي يؤدي إلى تقليل درجة تجمد الماء، وبالتالي تجنب الانزلاق عليها، كما يضاف ملح كلوريد الصوديوم الطبيعي (ملح صخري) إلى الثلج عند صناعة الآيس كريم، الشكل(٥-١٩)، وذلك لإحداث انخفاض في درجة التجمد.

الشكل (٥-١٩)

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 50

مثال (٩) :

احسب الانخفاض في درجة تجمد محلول السكروز ($C_{12}H_{22}O_{11}$) الذي يتكون من 17.1 g من السكروز، و 200 g من الماء . وما درجة تجمد المحلول ؟

الحل :

الكتلة المولية للسكروز $= (12 \times 12) + (22 \times 1) + (11 \times 16) = 342\ g/mol$

عدد مولات السكروز $= 17.1 \div 342 = 0.05\ mol$

التركيز المولالي (m) $= 0.05 \div 0.2 = 0.25\ m$

الانخفاض في درجة التجمد $= 1.86 \times 0.25 = 0.465\ ^{o}C$

درجة تجمد المحلول $= 0 - 0.465 = -0.465\ ^{o}C$

اختبر فهمك (١٠)

١- باعتقادك هل يمكن أن يغلي الماء ويتجمد عند درجة الحرارة نفسها؟ علل إجابتك.

٢-أذيب 5 g من مادة عضوية في 30 g من الكحول الإيثيلي، فارتفعت درجة غليان الكحول الإيثيلي $0.5\ ^{o}C$، احسب الكتلة المولية للمادة العضوية .

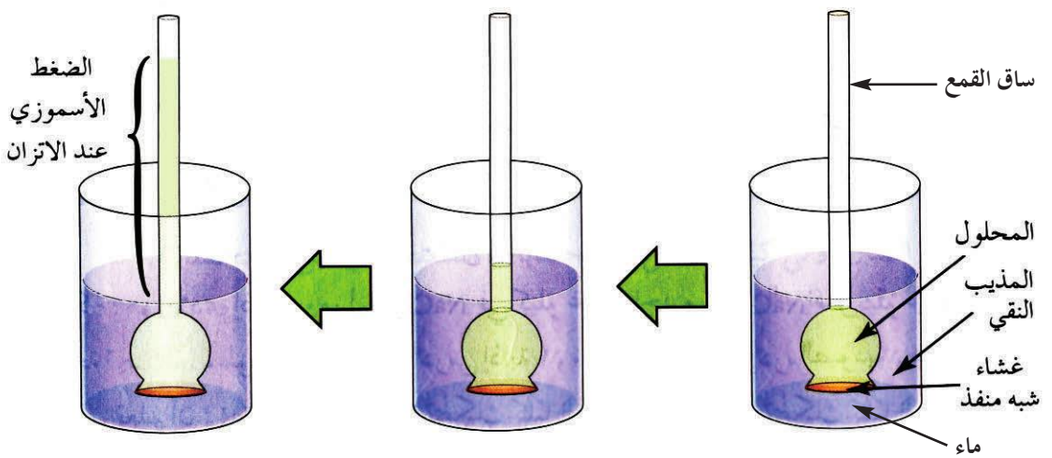
٣- تستخدم مادة الإيثيلين جليكول ($C_2H_6O_2$) كمادة مانعة لتجمد الماء في مشعاع السيارة (الراديتر)، احسب كتلة الإيثيلين جليكول اللازمة إضافتها إلى 1 kg من الماء لتكوين محلول يتجمد عند $-12\ ^{o}C$.

٤- الضغط الأسموزي Osmotic Pressure

درست سابقاً أن ظاهرة الضغط الأسموزي تساعد النباتات على امتصاص الماء من التربة خلال الغشاء البروتوبلازمي لخلايا الجذور، والذي يعتبر نوعًا من الأغشية شبه المنفذة Semipermeable Membrane، فما معنى الضغط الأسموزي؟ وما المقصود بالأغشية شبه المنفذة؟

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 51

نستطيع توضيح الخاصية الأسموزرية من خلال التجربة البسيطة الموضحة في الشكل (٥–٢٠).



الشكل (٥–٢٠) : الخاصية الأسموزية

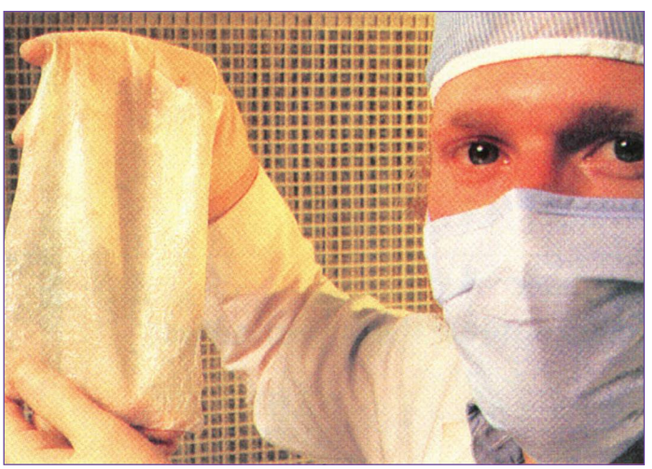
يبين الشكل السابق أنه عند وضع غشاء شبه منفذ بين محلول ومذيب نقي فان جزيئات المذيب تنتقل من المذيب النقي في الكأس إلى المحلول الموجود في القمع،وهو ما يجعل السائل يرتفع في ساق القمع عن مستوى سطح السائل المذيب في الكأس – ويحدث الشيء نفسه إذا وضع الغشاء شبه المنفذ بين محلولين مختلفين في التركيز حيث تنتقل جزيئات المذيب من المحلول الأقل تركيزا إلى المحلول الأكثر تركيزا –وعندما يتوقف ارتفاع السائل فإن هذا المقدار من الارتفاع يشكل ضغطا يسمى الضغط الأسموزي Osmotic Pressure. تعرف هذه الظاهرة بظاهرة الانتشار الغشائي أو الخاصية الأسموزية (التناضح) Osmosis التي تعرف بأنها «**العملية التي يتم فيها السماح لجزيئات المذيب بالانتقال خلال الغشاء شبه المنفذ دون السماح لجزيئات المذاب بالمرور**» .

وللخاصية الأسموزية دور مهم في العمليات الحيوية للكائنات الحية،ففي خلايا الدم الحمراء يجب أن توجد في محلول متساوي التركيز مع الوسط الداخلي للخلية حتى لا تصاب بالامتلاء أو الانكماش بسبب مرور الماء منها وإليها،لذا فإنه يتم إدخال محاليل الأملاح عن طريق الأوردة بتركيز معين عند تغذية المرضى، وذلك حتى يظل المحلولان متساويين في التركيز.كما يستفاد من الخاصية الأسموزية في الحصول على الماء العذب من ماء البحر بواسطة ما يسمى بظاهرة الانتشار الغشائي المعاكس أو التناضح العكسي Reverse Osmosis .

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 52

معلومات تهمك **محلول الفشل الكلوي**

كثير من الناس يعانون من مرض الفشل الكلوي،لذا يجب تنظيف دمهم باستمرار من خلال عملية الغسيل الكلوي،وهي عبارة عن عملية ترشيح الدم خارج الجسم،حيث يستخدم جهاز غسيل الكلى الذي يتكون من كلية صناعية ينتقل فيها الدم من شريان المريض المصاب بالفشل الكلوي خلال أنبوبة ويدخل الدم جهاز غسيل الكلى الذي يمر خلال غشاء شبه منفذ مغمور في محلول يحتوي على نفس الأيونات والمواد المذابة الأخرى كالموجودة في دم الانسان، وبنفس التراكيز يسمى محلول الديلزة حيث لا يحتوي على مخلفات،ولهذا فالمخلفات الموجودة في دم الانسان تتحرك بسرعة خارج الدم خلال غشاء الديلزة (غشاء شبه منفذ)،ثم إلى محلول الديلزة،وخلال عملية الغسيل الكلوي يعاد تدوير محلول الديلزة مرة أخرى للتنقية ومنع عودة المخلفات إلى دم المريض،لذا ينصح الأشخاص المرضى بالفشل الكلوى مراجعة مراكز غسل الكلى كلما لزم الأمر.



الشكل (٥-٢١) : محلول الفشل الكلوي

ظاهرة التناضح العكسي Reverse Osmosis

ماذا يحدث عند تعرض المحلول لضغط خارجي أكبر من ضغطه الأسموزي ؟

للإجابة عن هذا السؤال أمعن النظر إلى الشكل (٥-٢٢) الذي يوضح ظاهرة التناضح العكسي.

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 53

الشكل (٥-٢٢) : ظاهرة التناضح العكسي

تلاحظ من الشكل أن معدل انتقال جزيئات المذيب من المحلول إلى المذيب النقي خلال الغشاء شبه المنفذ أكبر من معدل انتقاله من المذيب النقي إلى المحلول،وتسمى هذه الظاهرة بالتناضح العكسي Reverse Osmosis التي تعرف بأنها **«العملية التي يتم فيها انتقال جزيئات المذيب من المحلول إلى المذيب النقي خلال الغشاء شبه المنفذ عندما نؤثر على المحلول بضغط أكبر من الضغط الأسموزي له»** .

ومن التطبيقات العملية لهذه الظاهرة تحلية مياه البحر،وتوجد في سلطنة عُمان محطات لتحلية مياه البحر مثل محطة تحلية المياه بالغبرة في محافظة مسقط،كما تنتشر محطات تحلية المياه بدول مجلس التعاون الخليجي.

أسئلة الفصل

السؤال الأول

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة من بين البدائل المعطاة لكل من الفقرات الآتية:

١- إحدى المواد التالية تعتبر مادة غير إلكتروليتية:

أ- HNO_3 ب- $NaCl$ ج- $C_6H_{12}O_6$ د- KOH

٢- يعتبر حمض الخليك CH_3COOH حمضاً ضعيفاً لأنه :

أ- يذوب تماماً في الماء

ب- لا يؤثر في درجة تجمد الماء

ج- يكون أيونات H^+ وأيونات OH^- في المحلول المائي

د- يتأين بشكل قليل في المحلول المائي

٣- قام أحد الطلاب بإذابة 170 g من KBr في 100 g من الماء عند درجة حرارة $100\ ^oC$ وبعد ترشيح المحلول الساخن وجد أن كتلة الملح غير الذائبة تساوي 51 g ،فإن تركيز المحلول الناتج يساوي:

أ- 1 M ب- 4.2 M ج- 10 M د- 14.2 M

٤- عملية الذوبان الماصة للحرارة هي العملية التي تكون فيها :

أ- طاقة الشبكة البلورية < طاقة الإماهة

ب- طاقة الشبكة البلورية > طاقة الإماهة

ج- طاقة الشبكة البلورية = طاقة الإماهة

د- طاقة الإماهة ≥ طاقة الشبكة البلورية

٥- أي الصفات التالية لا يعتبر من الصفات التجميعية للمحاليل :

أ- المولالية
ب- الانخفاض في الضغط البخاري
ج- الارتفاع في درجة الغليان
د- الضغط الأسموزي

٦- لديك محلولان (A ، B) تركيز كل منهما 0.1 M ، المحلول A عبارة عن محلول السكروز، والمحلول B عبارة عن محلول كلوريد الصوديوم ، أي العبارات التالية صحيحة :

أ- الضغط البخاري لكلا المحلولين متساو.
ب- درجة غليان المحلول A أعلى من درجة غليان المحلول B .
ج- يتجمد المحلول A عند درجة حرارة أعلى من المحلول B
د- يغلي كل من المحلولين عند درجة الحرارة نفسها .

٧- تزداد ذوبانية محلول غاز في سائل بواسطة أحد من العوامل التالية :

أ- إضافة مادة إلكتروليتية
ب- زيادة درجة حرارة المحلول
ج- تحريك المحلول
د- زيادة الضغط الجزيئي

٨- أي أنواع المركبات التالية يعتبر إلكتروليت قوي :

أ- مركب قطبي
ب- مركب غير قطبي
ج- مركب تساهمي
د- مركب أيوني

٩– يكون السائلان عديمي الامتزاج إذا :

أ– كانت جزيئات كل منهما تمتلك خواصاً قطبية

ب– كانت جزيئات كل منهما غير قطبية

ج– كانت جزيئات أحدهما قطبية والآخر غير قطبية

د– كان أحد السائلين هو الماء والآخر هو الكحول الميثيلي

١٠–كتلة هيدروكسيد الصوديوم الموجودة في 2.5 L من محلولها الذي تركيزه 0.010 M هي :

أ– 0.010 g ب – 0.40 g ج– 1.0 g د– 2.5 g

١١– يمكن الحصول على محلول فوق مشبع من محلول مشبع لأحد الشروط التالية :

أ– احتوائه على مادة إلكتروليتية ب– تسخين المحلول وتبريده

ج– إضافة كمية أكثر من المذاب د– إضافة كمية أكثر من المذيب

١٢–إذا علمت أن ثابت الارتفاع في درجة غليان الماء يساوي 0.512 ^{o}C KJ/mol

فإن المحلول المائي للسكر الذي تركيزه 2 m يغلى عند درجة حرارة :

أ– 100 ^{o}C ب– 101.021 ^{o}C

ج– 1.024 ^{o}C د– 98.96 ^{o}C

ch11 f3 (12-61)-new 10/14/15 12:35 AM Page 57

١٣– أي العبارات التالية غير صحيحة :

أ– تكون ذوبانية الغازات في الماء تحت الضغوط العالية أكثر مما هي تحت الضغوط المنخفضة.

ب– بارتفاع درجة الحرارة تزداد ذوبانية بعض المواد الصلبة في الماء وتقل ذوبانية مواد أخرى.

ج– يذيب الماء المركبات الأيونية وذلك لقدرته على تميؤ الأيونات.

د– كثير من المواد الصلبة يذوب بسرعة في المذيب البارد أكثر من المذيب الساخن.

١٤–محلول من الجليسرول $C_3H_8O_3$ تركيزه الكتلي % 40 ، فإن التركيز المولالي للمحلول بوحدة (m) هو:

أ– 0.00725 ب– 7.25 ج– 0.00435 د– 43.5

السؤال الثاني

١– ما تأثير طاقة الشبكة البلورية على ذوبانية المركبات الأيونية ؟

٢– ماذا نعني بقولنا إن لدينا % 3.5 من محلول كلوريد الصوديوم ؟

٣– محلولان مائيان (A) و (B) كتلة كل منهما 80 g ،يتكون محلول (A) من كبريتات الأمونيوم كتلته 8 g ، ويتكون محلول (B) من اليوريا كتلته 8 g:

أ– اكتب الصيغة الجزيئية للمركبين (A) و (B) .

ب– احسب تركيز كل من (A) و (B) بدلالة النسبة المئوية الكتلية .

ج– احسب عدد مولات المادة الذائبة في كل من المحلولين (A) و (B) .

٤– الكافور مادة بيضاء ذات رائحة طيبة تستخرج من جذور وسيقان نبات الكافور، افرض أنك أذبت 45 g من الكافور ($C_{10}H_{16}O$) في 425 mL من الإيثانول، احسب مولالية ومولارية المحلول علماً بأن كثافة الإيثانول 0.785 g/mL .

٥– أكمل الجدول التالي لمحاليل مائية من الجلوكوز ($C_6H_{12}O_6$) .

كتلة المذاب	عدد مولات المذاب	حجم المحلول	المولارية
12.5 g	.....	219 mL	.....
.....	1.08 mol	.....	0.519 M
.....	.....	1.62 L	1.12 M

٦– إذا علمت أن ذوبانية الأكسجين في الدم أكبر من ذوبانيته في الماء، فما سبب ذلك في اعتقادك ؟

السؤال الثالث

١– إذا علمت أن النسبة المئوية الحجمية لمحلول حمض H_2SO_4 تساوي 10 % v/v فكيف يمكنك تحضير 250 mL من حمض H_2SO_4 إذا كانت نسبته المئوية الحجمية تساوي 1.5 % v/v ؟

٢- احسب التركيز المولاري لكل مما يلي :

أ- 0.35 mol نترات النحاس (II) في 500 mL من المحلول .

ب- 10 g هيدروكسيد الصوديوم في 2 L من المحلول .

ج- 25 mL من محلول حمض HCl تركيزه 11.6 mol/L ، ثم تم تخفيفه حتى أصبح حجم المحلول 145 mL .

٣- محلول Na_2SO_4 حجمه 250 mL تفاعلت مع كمية زائدة من $BaCl_2$ ، ما مولارية Na_2SO_4 إذا ترسبت كمية من $BaSO_4$ مقدارها 5.28 g ؟

٤- إذا علمت أن الحرارة الناتجة من ذوبان نترات الفضة في الماء تساوي +22.8 kJ / mol .

أ- اكتب معادلة كيميائية توضح ذوبانية نترات الفضة في الماء .

ب-هل عملية الذوبان طاردة أم ماصة للحرارة ؟وهل عملية التبلور طاردة أم ماصة للحرارة؟

ج- ما التغيرات الحادثة في درجة حرارة المحلول عندما تذوب نترات الفضة في الماء؟

د- إذا تم تسخين محلول نترات الفضة كيف ستتأثر كل من عمليتي الذوبان والتبلور للمحلول. فسِّر ذلك .

٥-في إحدى التجارب دوّن الطلاب البيانات في الجدول التالي لذوبانية كلورات البوتاسيوم $KClO_3$:

درجات الحرارة (^{O}C)	ذوبانية كلورات البوتاسيوم ($KClO_3$ g/100 g H_2O)
10	5.0
20	7.1
30	10.1
40	14.5
50	19.7
60	24.6

أ– ارسم منحنى ذوبانية كلورات البوتاسيوم عند درجات الحرارة المختلفة.

ب– ما العلاقة بين ذوبانية $KClO_3$ ودرجات حرارة ذوبانها في الماء ؟

ج– قدّر ذوبانية $KClO_3$ عند درجات $25\ ^{O}C$ ، $33\ ^{O}C$ ، $55\ ^{O}C$.

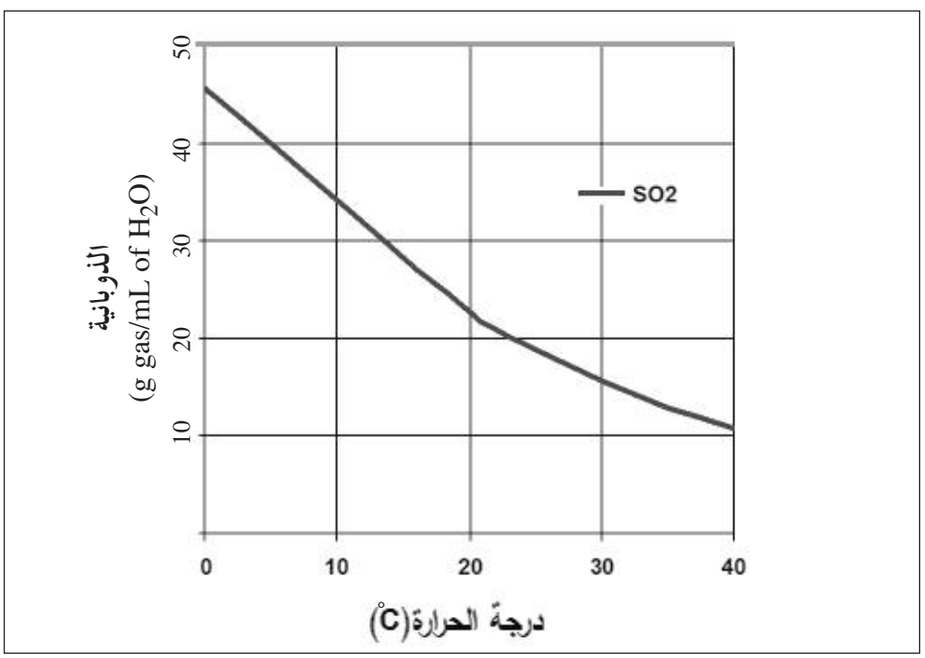
د– كم تكون درجة الحرارة عندما تكون ذوبانية $KClO_3$ تساوي 12.6 g في 100 g من الماء .

هـ–إذا تمت إضافة 100 g من الماء عند درجة حرارة $15\ ^{O}C$ فإن نوع المحلول الناتج في هذه الحالة:

(مشبع – غير مشبع – فوق مشبع) اختر.

و– ماذا يحدث إذا أضيف 13.5 g من $KClO_3$ إلى 100 g من الماء عند درجة حرارة $35\ ^{O}C$ ؟

٦– ادرس الشكل البياني التالي الذي يوضّح منحنى ذوبانية غاز (SO_2)،ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :



أ– ما أكبر كمية يمكن إذابتها من SO_2 في 100 mL من الماء عند درجة حرارة $30\ ^oC$ ؟

ب– ما درجة حرارة الماء الذي يمكن إذابة 35 g من SO_2 في 100 mL منه ؟

ج– ما كمية الماء اللازمة لإذابة 40 g من SO_2 عند $20\ ^oC$ ؟

د– ماذا تتوقع أن يحدث إذا ارتفعت درجة حرارة محلول يحتوي على 20 g من SO_2 في 100 mL من الماء من $10\ ^oC$ إلى $40\ ^oC$ ؟

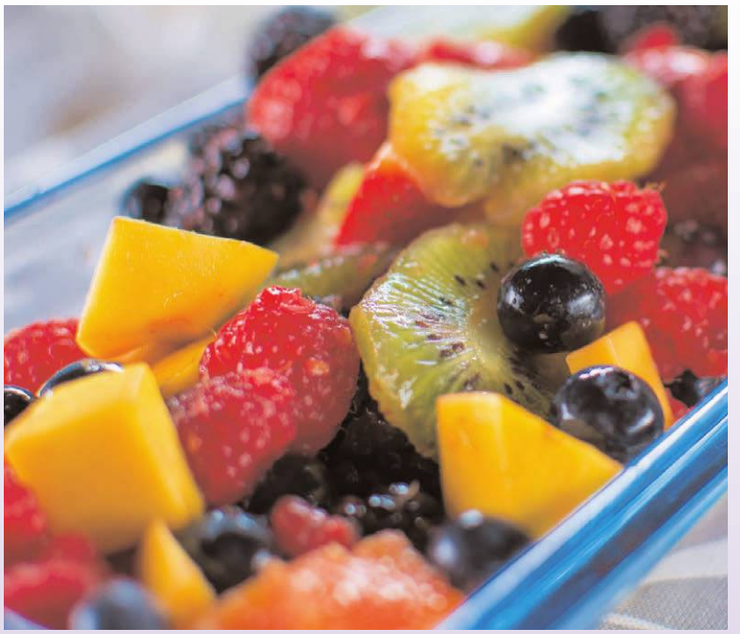
ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:37 AM Page 62

الفصل السادس

الأحماض والقواعد

Acids and Bases

مقدمة الفصل



عرفت الأحماض والقواعد منذ زمن طويل، فقد عرف الإغريق القدماء أن هناك فروقاً بين المواد من حيث طعمها الحامضي والمر، كما تمكن العالم المسلم جابر بن حيان من تقطير الخل وتحضير حمض الكبريتيك وحمض النيتريك التي استعملها علماء وكيميائيو ذلك العصر في إذابة مواد كثيرة.

وقد تتساءل لماذا نلبس قفازات عندما نتعامل مع الأحماض والقواعد أو مع أي مادة تشترك هذه المواد في مكوناتها؟

درست في الصفوف السابقة أن الأحماض والقواعد من المركبات الكيميائية المهمة التي تأخذ مكاناً بارزاً في حياتنا اليومية، فلا يقتصر وجودها على المختبر فقط، فهي توجد في كثير من الأغذية التي نتناولها كالخضروات والفواكه والألبان والمشروبات الغازية. فالليمون والبرتقال والكيوي تحتوي على حمض الستريك ، لذا فهي تتميز بطعم حمضي. وتفرز معدة الإنسان حمض الهيدروكلوريك عند تناول الطعام، وقد هيأ الله عز وجل الوسائل الكفيلة بحماية جدار المعدة من التأثر بهذا الحمض. من هذه الوسائل إفراز طبقة سميكة من المخاط تغطي سطحه الداخلي. كما يدخل حمض الكبريتيك في صناعة الأسمدة وبطاريات السيارات والدهان والبلاستيك ومساحيق الغسيل والمتفجرات، في حين تتميز القواعد بطعم مر يشبه إلى حد ما طعم القهوة، وهي ذات ملمس انزلاقي.توجد القواعد في كثير من المنظفات الكيميائية، كما أنها تدخل في صناعة الورق والمنظفات والصابون والأسمدة وغيرها.

وفي هذا الفصل سوف نحاول الإجابة عن الأسئلة التالية: ما المقصود بكل من الأحماض والقواعد؟وما أنواعها وكيف نستطيع الكشف عنها ؟ وما ناتج تفاعل محاليلها مع بعضها بعضا؟

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:37 AM Page 63

مصطلحات علمية جديدة

١–حمض قوي ——— 1- *Strong Acid*

٢–حمض ضعيف ——— 2- *Weak Acid*

٣–قاعدة قوية ——— 3- *Strong Base*

٤–قاعدة ضعيفة ——— 4- *Weak Base*

٥–حمض أحادي البروتون ——— 5- *Monoprotic Acid*

٦–حمض عديد البروتونات ——— 6- *Polyprotic Acid*

٧–قاعدة أحادية الهيدروكسيل 7- *Monohydroxylic Base*

٨–قاعدة عديدة الهيدروكسيل 8- *Polyhydroxylic Base*

٩–أيون الهيدرونيوم ——— 9- *Hydronium Ion*

الموضوعات الرئيسية

١ - تسمية الأحماض والقواعد

٢ - خواص الأحماض والقواعد

٣ - نظرية أرهينيوس

٤ - المحاليل: حمضية أو قاعدية أو متعادلة

٥ - قوة الأحماض والقواعد

عناوين الاستكشافات

(١): الأحماض والقواعد.

(٢): طبيعة محاليل المواد

(٣): قوة الأحماض أو القواعد وقيم pH

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:37 AM Page 64

٦-١ تسمية الأحماض والقواعد *Nomenclature of Acids and Bases*

عرفت من دراستك في الصفوف السابقة كيف تسمي كلا من الأحماض والقواعد، ولاسترجاع ذلك قم بحل اختبر فهمك (١).

اختبر فهمك (١)

أ) سم المركبات التالية:

١- HF
٢- H_2SO_4
٣- $HClO_4$
٤- H_3PO_4
٥- NH_4OH
٦- $Mg(OH)_2$

ب) اكتب الصيغ الكيميائية للمركبات التالية:

١- حمض الهيدرويوديك
٢- حمض الكربونيك
٣- حمض الكلوريك
٤- حمض النيتريك
٥- هيدروكسيد البوتاسيوم
٦- هيدروكسيد الألومنيوم

ولكن كيف نسمي الحمض إذا كان الشق السالب عبارة عن مجموعة ذرية تنتهي بالحرفين يت (مثل النيتريت NO_2^-)؟ يسمى الحمض في هذه الحالة باستبدال الحرفين يت بالحرفين وز (مثل حمض النيتروز HNO_2). ويوضح الجدول التالي (٦-١) أمثلة على مجموعات ذرية سالبة.

اسم المجموعة الذرية	الصيغة الكيميائية	اسم المجموعة الذرية	الصيغة الكيميائية
نترات	NO_3^-	بيركلورات	ClO_4^-
نيتريت	NO_2^-	كلورات	ClO_3^-
كبريتات	SO_4^{2-}	كلوريت	ClO_2^-
كبريتيت	SO_3^{2-}	هيبوكلوريت	ClO^-

الجدول (٦-١) : مجموعات ذرية سالبة

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:37 AM Page 65

اختبر فهمك (٢)

أ) سم المركبات التالية:

١- $HClO_2$ ٢- $HClO$ ٣- H_2SO_3

معلومات تهمك **الأسماء الشائعة لبعض الأحماض والقواعد**

الاسم العلمي	الاسم الشائع	الاسم العلمي	الاسم الشائع
حمض الميثانويك	حمض النمليك (الفورميك)	هيدروكسيد الصوديوم	الصودا الكاوية
حمض الإيثانويك	حمض الخليك (الأسيتيك)	هيدروكسيد البوتاسيوم	البوتاسا الكاوية
هيدروكسيد الماغنيسيوم	حليب المغنيسيا	هيدروكسيد الكالسيوم	ماء الجير

٦-٢ خواص الأحماض والقواعد *Acids and Bases Properties*

للأحماض والقواعد خواص تميزها عن غيرها من المركبات الكيميائية وقد تعرفت على بعضها سابقاً ، وسوف تتعرف في هذا الاستكشاف على خواص أخرى.

الأحماض والقواعد

الهدف: التعرف على بعض خواص الأحماض والقواعد وتفاعلاتها.

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:37 AM Page 66

إجراءات الأمن والسلامة :

يجب التعامل مع الأحماض والقواعد بحرص شديد فهي مواد حارقة وكاوية،فإذا وقعت على الجلد أو الملابس فيجب غسلها بكميات كبيرة من الماء فوراً.

المواد والأدوات : أنابيب اختبار، محلول مخفف من حمض الأسيتيك (الخليك)، محلول مخفف من حمض الهيدروكلوريك، محلول مخفف من هيدروكسيد الأمونيوم (محلول أمونيا مخففة)، محلول مخفف من هيدروكسيد الصوديوم، ماء مقطر، شريط من الماغنيسيوم، ورق تباع شمس (أحمر وأزرق)، دليل البروموثايمول الأزرق، قطارة أو ساق تحريك زجاجية، شريحة زجاجية.

الإجراءات : ١– انقل الجدول التالي إلى دفترك لتدوين النتائج التي تحصل عليها.

المواد	حمض الهيدروكلوريك	حمض الأسيتيك	هيدروكسيد الأمونيوم	هيدروكسيد الصوديوم
ورقة تباع شمس زرقاء				
ورقة تباع شمس حمراء				
دليل البروموثايمول الأزرق				
شريط الماغنيسيوم				

٢–ضع حوالي $5\ mL$ من محلول حمض الهيدروكلوريك في أنبوبة اختبار، ورقِّم هذه الأنبوبة برقم (١).

٣–باستخدام الساق الزجاجية ضع قطرة من محلول حمض الهيدروكلوريك على كل من :

أ) ورقة تباع شمس زرقاء.

ب) ورقة تباع شمس حمراء، وسجل ملاحظاتك.

٤–ضع قطرة من الحمض على الشريحة الزجاجية وأضف إليها قطرة من محلول دليل البروموثايمول الأزرق،وسجل ملاحظاتك.

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:37 AM Page 67

٥- كرر الخطوات السابقة مستخدماً حمض الخليك في أنبوبة اختبار مرقمة برقم (٢) وسجل ملاحظاتك.(بعد استعمال حمض الهيدروكلوريك تأكد من غسل الساق الزجاجية والشريحة الزجاجية جيداً بالماء المقطر).

٦-أضف قطعة صغيرة من شريط الماغنيسيوم إلى كلتا الأنبوبتين وسجل ملاحظاتك.

٧-كرر الخطوات ٢-٦ ولكن باستخدام محاليل القواعد (هيدروكسيد الأمونيوم، هيدروكسيد الصوديوم).

التحليل والتفسير :

١- ما تأثير الحمض على الفلز ؟ فسِّر ذلك.

٢- ما الغاز الذي ينتج عند وضع الماغنيسيوم في محاليل الأحماض، موضحا ذلك بالمعادلات الكيميائية ؟

٣- كيف يمكنك التحقق من تصاعد هذا الغاز؟

٤- لماذا تمتلك جميع القواعد خواص عامة ؟

٥- في أي المواد التي تستخدمها في حياتك اليومية تجد كلا من:

أ) حمض الأسيتيك

ب) هيدروكسيد الصوديوم

ج) هيدروكسيد الأمونيوم.

٦-٣ نظرية أرهينيوس للأحماض والقواعد

Arrhenius Theory of Acids and Bases

تعرض مفهوم الأحماض والقواعد قبل مطلع القرن السابع عشر لتعريفات متعددة ، منها على سبيل المثال تعريف (لافوازييه Lavoisier) الذي عرف الحمض بأنه المركب الذي يحتوي على الأكسجين .

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:37 AM Page 68

إلا أن أول نظرية وضحت مفهوم كل من الحمض والقاعدة في المحاليل المائية هي نظرية الكيميائي السويدي (سفانت أرهينيوس Svante Arrhenius) التي نشرت في أطروحة رسالة الدكتوراه عام ١٨٨٤م، حيث افترض أن جزيئات الأحماض والقواعد تذوب في الماء لتتفكك جزئياً أو كلياً إلى أيونات، وأطلق على هذه العملية (التأين أو التفكك Ionization or Dissociation) .

وبناءً على ذلك يعرف أرهينيوس الحمض بأنه المادة التي تنتج أيونات هيدروجين موجبة (H^+)عند ذوبانها في الماء،والقاعدة هي المادة التي تنتج أيونات هيدروكسيل سالبة (OH^-) عند ذوبانها في الماء.

مثال(١) : يتفكك حمض الهيدروكلوريك في الماء إلى أيونات H^+ ، Cl^- كما يلي:

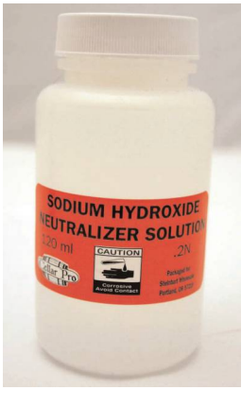
$$HCl_{(g)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

مثال(٢) : عند ذوبان هيدروكسيد البوتاسيوم في الماء، فإنه ينتج أيونات هيدروكسيل سالبة وأيونات بوتاسيوم موجبة كما في التفاعل التالي:

$$KOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O_{(l)}} K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

معلومات تهمك **هيدروكسيد الصوديوم وهيدروكسيد البوتاسيوم**

هى مواد صلبة تستعمل في الصناعة وخاصة صناعة الصابون والمنظفات وقد يحدث التسمم من إحداها سواء بحالتها الصلبة أو في حالة المحلول، محدثة ألماً وحروقاً شديدة في الفم والبلعوم والمريء.وتكون الجرعة القاتلة حوالي 5 mg من هذه المواد وتحدث الوفاة بعد ٢٤ ساعة من التعاطي بسبب الصدمة العصبية والدموية الناجمة عن الألم المحرق أو الجفاف نتيجة القيء المتكرر. وقد تتأخر الوفاة إلى بضعة أسابيع من الإنهاك والضعف العام عن نقص التغذية الناتج بسبب انسداد المريء.



ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:37 AM Page 69

اختبر فهمك (٣)

– اكتب معادلات تفكك الأحماض والقواعد الآتية في الوسط المائي:

حمض الكبريتيك،حمض النيتريك،حمض الفوسفوريك،هيدروكسيد البوتاسيوم، هيدروكسيد الأمونيوم،هيدروكسيد الكالسيوم.

معلومات تهمك

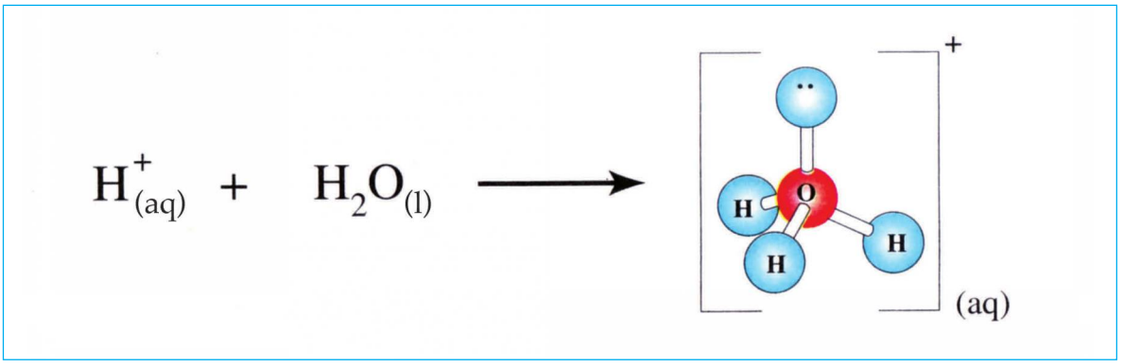
حمض الكبريتيك

حمض الكبريتيك النقي يختلف عن الحمض التجاري، فالحمض النقي سائل زيتي القوام عديم اللون،أما الحمض التجاري فبني اللون،وكلا الحمضين يتفاعل مع الماء بشدة ويطلق حرارة شديدة.ويستعملان في الصناعة كثيراً مثل صناعة إنتاج المعادن والأوراق والأصباغ والمنظفات والبطاريات.تبلغ الجرعة القاتلة من الحمض حوالي 4 – 5 mL وتؤدي إلى الوفاة بعد ١٢–٤٨ ساعة من التعاطي بسبب الصدمة العصبية والدموية الناجمة عن الألم المحرق أو الجفاف نتيجة القيء المتكرر.وقد تتأخر الوفاة إلى بضعة أسابيع حيث يموت المريض بسبب الإنهاك والضعف وانسداد المريء.

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:37 AM Page 70

ولكن هل يمكن أن يوجد أيون الهيدروجين منفردا في الماء ؟ من خلال دراستك للتركيب الإلكتروني لذرة الهيدروجين التي عددها الذري (١) ستجد أنها تحتوي على بروتون واحد في النواة وإلكترون واحد خارج النواة في المستوى الأول للذرة ، يكوِّن هذا الإلكترون رابطة مع إلكترون الشق الآخر من الحمض، وعند ذوبان الحمض في الماء يتكون أيون الهيدرونيوم أو الأكسونيوم (H_3O^+) طبقاً للمعادلة التالية:

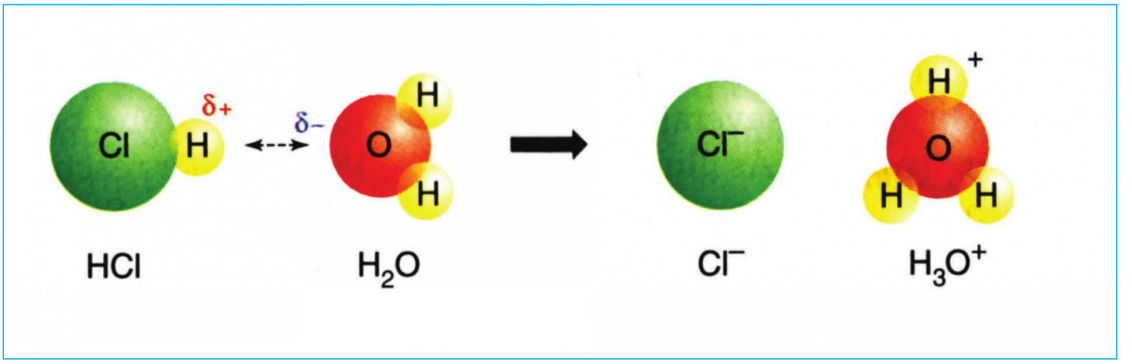
$$H^+_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)}$$



الشكل (٦-١) : تكوين أيون الهيدرونيوم

وعليه يمكن كتابة معادلة تأين (تفكك) حمض الهيدروكلوريك كما يلي:

$$HCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$



الشكل (٦-٢) : تأين حمض الهيدروكلوريك في الماء

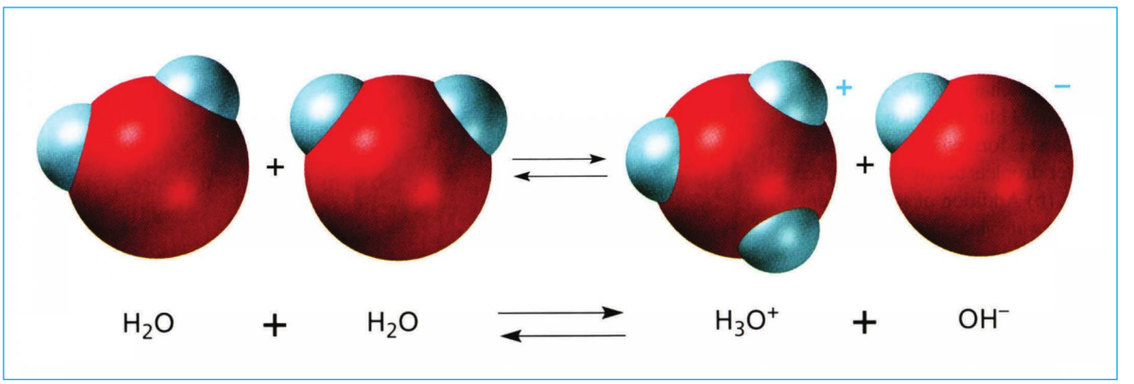
مما سبق يمكن القول أن الحمض حسب نظرية أرهينيوس هو المادة التي تعمل على زيادة تركيز أيونات الهيدرونيوم في الماء.

أما الماء النقي فهو من الناحية العملية غير موصل للكهرباء ، ولكن التجارب والقياسات الدقيقة أثبتت أن الماء يتأين بمقدار ضئيل جدا، ولذلك يعبر عن تأينه كما يلي :

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

أو

$$2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$



الشكل (٦-٣) : التأين الذاتي للماء

وقد وجد عمليا أن تركيز أيونات الهيدروجين الموجبة في الماء يساوي تركيز أيونات الهيدروكسيل السالبة وأن كل منهما يساوي (10^{-7} M) .

أي أن : $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ M

وأن حاصل ضرب تركيزيهما في أي محلول مائي يساوي دائما مقداراً ثابتاً $= 10^{-14}$ ويسمى ثابت الماء K_w .

فإذا كان تركيز أيونات الهيدروجين في أي محلول أكثر من (10^{-7}) فسوف يكون هذا المحلول حمضياً، وإذا كان أقل من (10^{-7}) فسيكون المحلول قاعدياً.

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:37 AM Page 72

اختبر فهمك (٤)

إذا كانت لديك محاليل يكون فيها تركيز أيونات الهيدروجين أو الهيدروكسيل كما يأتي:

أ) $[H^+] = 10^{-6}\ M$ ب) $[H^+] = 10^{-9}\ M$

ج) $[OH^-] = 10^{-8}\ M$ د) $[OH^-] = 10^{-4}\ M$

١- صنّف المحاليل السابقة إلى حمضي وقاعدي.

٢- احسب تركيز الأيون الآخر.

٦-٤ المحاليل: حمضية أو قاعدية أو متعادلة

Solutions : Acidic or Basic or Neutral

بالإضافة إلى الأحماض والقواعد التي درستها فإن هنالك مواد محاليلها المائية ذات تأثير حمضي أو قاعدي،وبعضها ليس له تأثير حمضي أو قاعدي (متعادل).كما أن بعض الأملاح عند ذوبانها في الماء تسلك سلوك الحمض أو القاعدة من حيث التأثير.

الشكل (٦-٤) : بعض الأحماض والقواعد والأملاح الشائعة

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:37 AM Page 73

اختبر فهمك (٥)

١- من خلال دراستك في الصفوف السابقة، صنف المحاليل إلى حمضية أو قاعدية أو متعادلة باستخدام الرقم الهيدروجيني (pH values) لهذه المحاليل. بين ذلك.

٢- ما الأداة أو الجهاز المستخدم لقياس الرقم الهيدروجيني للمحاليل ؟

٣- هل يمكن قياس الرقم الهيدروجيني (pH) بواسطة أوراق تباع الشمس أو محلول دليل البروموثايمول الأزرق ؟ فسِّر ذلك.

استكشاف ٢

طبيعة محاليل المواد

الهدف : التمييز بين المحاليل الحمضية والقاعدية والمتعادلة.

إجراءات الأمن والسلامة :

تعامل بحرص شديد مع الأحماض والقواعد، وعند ملامستها للجلد أو الملابس يجب غسلها بكميات كبيرة من الماء فوراً.

المواد والأدوات : أنابيب اختبار عدد (٧)، محلول مخفف من حمض الهيدروكلوريك، محلول مخفف من هيدروكسيد الصوديوم،محاليل الأملاح التالية:كلوريد الصوديوم،كلوريد الأمونيوم،نترات البوتاسيوم،بيكربونات الصوديوم،ماء مقطر،ورق تباع شمس (أحمر وأزرق)،قطارة أو ساق تحريك زجاجية،مجس قياس الحموضة(pH probe) جهاز حاسب آلي،أو أوراق pH،جهاز pH الإلكتروني (pH meter)

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:37 AM Page 74

الإجراءات: ١– انقل الجدول التالي إلى دفترك لتدوين النتائج التي تحصل عليها.

المواد / الأجهزة	ماء مقطر	حمض الهيدروكلوريك	هيدروكسيد الصوديوم	كلوريد الصوديوم	كلوريد أمونيوم	بيكربونات الصوديوم	نترات البوتاسيوم
ورقة تباع شمس زرقاء							
ورقة تباع شمس حمراء							
أوراق pH							
مجس pH							

٢– ضع حوالي $5\ mL$ من كل من الماء المقطر، محلول حمض الهيدروكلوريك، محلول هيدروكسيد الصوديوم، محلول كلوريد الصوديوم، محلول كلوريد الأمونيوم،محلول نترات البوتاسيوم،محلول بيكربونات الصوديوم،في كل أنبوبة على الترتيب واكتب عليها اسم المادة الموجودة فيها.

٣– باستخدام القطارة أو الساق الزجاجية ضع قطرة من كل أنبوب على كل من:
(أ) ورقة تباع شمس زرقاء (ب) ورقة تباع شمس حمراء (ج) أوراق pH، وسجل ملاحظاتك في الجدول. اغسل القطارة أو الساق الزجاجية جيدا بالماء المقطر بعد كل استعمال.

ملاحظة: عند استخدام أوراق pH, قارن اللون الذي يظهر بجدول ألوان pH لتحدد قيم pH.

٤–بمساعدة المعلم،صل مجس pH بجهاز الحاسب الآلي واغمس المجس في المحاليل ثم دوِّن النتائج (قيم pH) التي تحصل عليها من الحاسب الآلي.أو باستخدام جهاز pH الإلكتروني، قس قيم pH للمحاليل المختلفة ودوِّن الملاحظات.

التحليل والتفسير: ١–هل تختلف النتائج التي حصلت عليها بواسطة أوراق تباع الشمس عن النتائج التي استخدمت فيها أوراق pH ؟ فسِّر ذلك.

٢–صنف المحاليل السابقة اعتماداً على الرقم الهيدروجيني (قيم pH) إلى محاليل حمضية أو قاعدية أو متعادلة.

٣–أي الأدوات التي استخدمتها كانت أكثر دقة؟

٤–ما سبب الاختلاف في النتائج التي حصلت عليها عند استخدامك لمجس pH ؟

الشكل (٦-٥) : تغير لون أوراق pH بتغير قيم pH المحلول

معلومات تهمك **أوراق الكتب العتيقة**

إن سبب تحول أوراق الكتب العتيقة يرجع إلى احتواء هذه الأوراق على كميات ضئيلة من الحمض،وعلى مر السنين يتفاعل الحمض مع ألياف السيليلوز المكون للورق فيعطبها فيتحول لون الورق من البياض إلى الصفرة.

تنفيذ الدرس العملي رقم (٥)

٦-٥ حساب تركيز أيون الهيدرونيوم

Calculating the Concentration of Hydronium Ion

لعلك استنتجت من الاستكشاف السابق أن استخدام الكواشف كورق تباع الشمس ودليل البروموثايمول الأزرق يكشف عن طبيعة المحلول حمضيًا أو قاعديًا أو متعادلاً ولكن لا يكشف عن تركيز أيونات الهيدروجين $[H^+]$ أو الهيدرونيوم $[H_3O^+]$ وقد عرفت أن تركيز أيونات الهيدروجين غالباً يكون بأرقام أسية يصعب تخيلها ، ولذلك تم تحويل التراكيز إلى مقياس أكثر سهولة ووضوحاً يسمى بالرقم الهيدروجيني (pH) ويعبر عنه بالصورة الرياضية التالية :

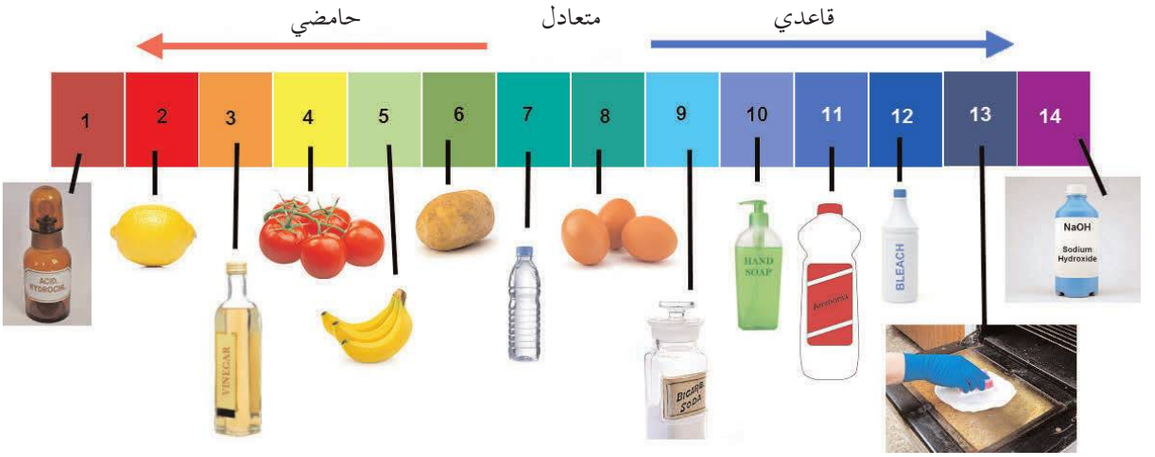
$$pH = -\text{Log}\,[H^+]$$

حيث Log تعني لوغارتم العدد وستعرفه عند دراستك للرياضيات.

فإذا كان تركيز أيونات الهيدروجين في محلول معين هو 1×10^{-5} M فإن pH لهذا المحلول تساوي 5 ، وإذا كان تركيز أيونات الهيدروجين 1×10^{-4} M فإن pH تساوي 4 ، أي أن نقص pH درجة واحدة يعني أن تركيز أيونات الهيدروجين تضاعف 10 مرات .

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:37 AM Page 76

وإذا نقص pH درجتين فإن تركيز أيونات الهيدروجين تضاعف 100 مرة. وهكذا فإن النقص في قيمة pH يدل على الزيادة في تركيز أيوناتها.



الشكل (٦-٦) : مقياس الرقم الهيدروجيني وقيم pH لبعض السوائل والمحاليل

يوضح الشكل (٦-٦) مقياس الرقم الهيدروجيني وقيم pH لبعض السوائل والمحاليل.

وكما أن قيمة pH هي مقياس لحمضية المحلول فإن قيمة pOH هي مقياس لقاعدية المحلول ويمكن حسابها مباشرة من المعادلة التالية:

$$pOH = -\text{Log}\,[OH^-]$$

وبالتالي فإن $pH + pOH = 14$ في أي محلول.

اختبر فهمك (٦)

١- أكمل الجدول التالي:

$[H_3O^+]$	$[OH^-]$	pH	pOH	طبيعة المحلول
1				
	1×10^{-6}			
		2		
			7.4	
1×10^{-12}				

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:37 AM Page 77

٢- قامت المديرية العامة للأرصاد والملاحة الجوية بالهيئة العامة للطيران المدني بقياس الرقم الهيدروجيني pH للأمطار على منطقتين مختلفتين (أ،ب)، فوجدت أن الرقم الهيدروجيني للمنطقة أ = 6.8 أما للمنطقة ب = 3.5

أ- في أي المنطقتين يكون المطر أكثر حمضية؟

ب- في اعتقادك ما أسباب سقوط المطر الحمضي في تلك المنطقة؟

٦-٦ التعادل *Neutralization*

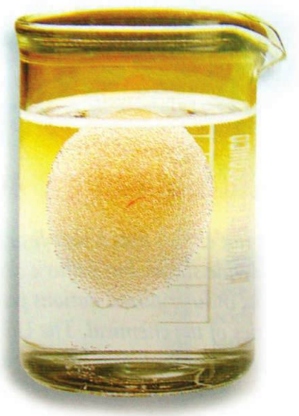
يصف الأطباء للأشخاص الذين يصابون بالحموضة دواءً فعالاً يسمى مضاد الحموضة،وتحتوي مثل هذه الأدوية على هيدروكسيد الماغنيسيوم وبيكربونات الصوديوم.

تفرز معدة الانسان حمض الهيدروكلوريك،وعند تناول هذه الأقراص، تعمل القواعد الموجودة في الأقراص على معادلة حمض المعدة وتنتج ملح وماء.وتسمى هذه التفاعلات بين الحمض والقاعدة بتفاعلات التعادل.وستتعرف على هذه التفاعلات وحساباتها في الوحدة الرابعة.

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:37 AM Page 78

معلومات تهمك

قشرة البيضة والخل



لو وضعت بيضة نيئة في خل فإن تفاعلا سيحدث بين حمض الأسيتيك وقشرة البيض المحتوية على كربونات الكالسيوم فتتآكل القشرة كما في المعادلة الكيميائية التالية:

$$2CH_3COOH_{(aq)} + CaCO_{3(s)} \longrightarrow CO_{2(g)} + Ca(CH_3COO)_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$$

اختبر فهمك (٧)

١- تعرض مزارعون أثناء جني محصول الرطب للدغ بعض الحشرات، فأصيب سالم بلدغة نحلة (إبرة النحلة تحوي حمضاً) بينما أصيب عبدالله بقرصة دبور (قرصة الدبور تحوي سائلاً قاعدياً). بماذا تنصح كلاً من سالم و أحمد لعلاج هذه اللدغات في المزرعة بطريقة سريعة ؟

٢- يشكو بعض المزارعين أحياناً من عدم ملاءمة التربة للزراعة نتيجة لزيادة حموضتها، اقترح طريقة يمكنك من خلالها مساعدة المزارع للتغلب على هذه المشكلة.

معلومات تهمك

مطفأة الحريق

تعمل بعض مطافئ الحريق اعتماداً على تفاعل الحمض والقاعدة، فهي تحوي حمض الكبريتيك وبيكربونات الصودا اللذين يمتزجان عند قلب المطفأة رأساً على عقب، وينتج الماء وثاني أكسيد الكربون من التفاعل. ويدفع ضغط الغاز رغوة سائلة وفقاقيع ثاني أكسيد الكربون من منفث المطفأة.

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:37 AM Page 79

مثال :

عند إضافة محلول حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى محلول هيدروكسيد البوتاسيوم المخفف ينتج محلول ملح كلوريد البوتاسيوم والماء كما في المعادلة الكيميائية الآتية:

$$HCl_{(aq)} + KOH_{(aq)} \longrightarrow KCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

ونتيجة لإضافة أحد المحلولين (الحمض والقاعدة) إلى الآخر فإن قيمة pH ستتغير حتى يصبح المحلول الناتج متعادلاً (pH=7) .

ماذا سيحدث لقيمة pH عند إضافة مزيد من القاعدة إلى المحلول المتعادل ؟

اختبر فهمك (٨)

١–أثناء قيام إحدى الطالبات بتجربة في المختبر أصيبت يدها بحرق بسيط نتيجة لوقوع محلول حمض الهيدروكلوريك المخفف عليها،فقامت المعلمة بعلاجها وذلك بغسل يدها بمحلول بيكربونات الصوديوم.فسِّر هذا التصرف مع كتابة المعادلة الكيميائية للتفاعل الحادث.

٢–تفاعل محلول حمض النيتريك المخفف مع محلول هيدروكسيد الباريوم.

أ) أكتب معادلة التفاعل الموزونة.

ب) ما عدد مولات الحمض اللازمة للتعادل مع (2) مول من القاعدة ؟

معلومات تهمك

التعادل في الطبيعة

تنثر البراكين أطناناً من حمض الهيدروكلوريك وثاني أكسيد الكبريت وبعض المركبات الحمضية التأثير في الهواء الجوي، وتتفاعل هذه الأحماض مع القواعد الموجودة في الطبيعة مثل كربونات الكالسيوم المكون للصخور.

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:38 AM Page 80

استكشاف ٣

قوة الأحماض والقواعد

الهدف: دراسة العلاقة بين قوة الأحماض والقواعد وقيم pH .

إجراءات الأمن والسلامة :

تعامل بحرص شديد مع الأحماض والقواعد وعند ملامستها للجلد أو الملابس يجب غسلها بكميات كبيرة من الماء فوراً.

المواد والأدوات: محاليل تركيزها (0.1 M) من: حمض الكبريتيك، حمض الأسيتيك (الخليك)، حمض الهيدروفلوريك، هيدروكسيد الصوديوم، هيدروكسيد الباريوم، أمونيا، ماء مقطر، أنابيب اختبار عدد (٧)، مجس قياس الحموضة (pH probe) ، جهاز حاسب آلي، أو جهاز pH الإلكتروني (pH meter) .

الإجراءات:

١- رقِّم عدداً من أنابيب الاختبار من ١-٧ .

٢- ضع في الأنبوب رقم (١) حوالي 5 mL من الماء المقطر، وفي بقية الأنابيب 5 mL من محاليل الأحماض والقواعد المذكورة.

٣- بمساعدة المعلم، صل مجس pH بجهاز الحاسب الآلي وأغمس المجس في المحاليل ثم دوِّن النتائج (قيم pH) التي تحصل عليها من الحاسب الآلي. أو باستخدام جهاز pH الإلكتروني، قس قيم pH للمحاليل المختلفة ودوِّن الملاحظات.

التحليل والتفسير:

١- أ) من خلال النتائج السابقة، صنف محاليل المواد السابقة إلى أحماض وقواعد حسب قوتها.

ب) قارن النتائج التي حصلت عليها بالجدولين رقم (٦-٢) و(٦-٣).

٢- اقترح طريقة أخرى يمكنك تصنيف قوة الأحماض والقواعد بموجبها.

٣- إذا تغيرت تراكيز محاليل الأحماض والقواعد، فهل تبقى العلاقة بين قوة الحمض والقاعدة وقيم pH ثابتة ؟ فسِّر ذلك.

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:38 AM Page 81

٧-٦ قوة الأحماض والقواعد Strength of Acids and Bases

هل تساءلت يوماً عن سبب خطورة لمس بعض الأحماض (حمض الهيدروكلوريك وحمض الكبريتيك) والقواعد (هيدروكسيد الصوديوم وهيدروكسيد البوتاسيوم) بينما باستطاعتنا إضافة بعضها الآخر إلى طعامنا كالخل والليمون أو بيكربونات الصودا ؟

من خلال الاستكشاف السابق وجدت أنه يمكن تصنيف الأحماض إلى أحماض قوية وأخرى ضعيفة وعلى أساس درجة تأينها في الماء، فالأحماض القوية تتأين كلياً في الماء مثل حمض الهيدروكلوريك:

$$HCl_{(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

ويكون التفاعل تاما ويعبر عنه بسهم في اتجاه واحد.بينما حمض الأسيتيك حمض ضعيف يتأين جزئياً في الماء وبالتالي يسير التفاعل في اتجاهين (الأمامي والعكسي) أي أن المحلول يحتوي على أيونات كل من الهيدرونيوم والخلات وجزيئات حمض الخليك كما في المعادلة الكيميائية التالية:

$$CH_3COOH_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$$

وبالمثل فإن القاعدة القوية تتأين كلياً في الماء بينما القاعدة الضعيفة تتأين بشكل جزئي في الماء، مثل الأنيلين:

$$C_6H_5NH_{2(l)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

الشكل (٦-٧ أ): معظم الأطعمة والمنتجات المنزلية تحتوي على أحماض ضعيفة مثل حمض الأسيتيك الموجود في الخل،وحمض السيتريك الموجود في الفواكه

الشكل (٦-٧ ب): مواد التنظيف والصابون تحتوي على مواد قاعدية مثل هيدروكسيد الصوديوم

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:38 AM Page 82

الجداول التالية تبين عددا من الأحماض والقواعد القوية والضعيفة.

أحماض قوية	الصيغة الكيميائية	أحماض ضعيفة	الصيغة الكيميائية
البيركلوريك	$HClO_4$	الكبريتوز	H_2SO_3
الكبريتيك	H_2SO_4	الفسفوريك	H_3PO_4
الهيدرويوديك	HI	الهيدروفلوريك	HF
الهيدروكلوريك	HCl	النيتروز	HNO_2
النيتريك	HNO_3	الفورميك	HCOOH
الهيدروبروميك	HBr	الخليك	CH_3OOH
		الهيدروسيانيك	HCN
		الكربونيك	H_2CO_3
		الأوكساليك	$H_2C_2O_4$

الجدول (٦-٢) : بعض الأحماض القوية والضعيفة

قواعد قوية	الصيغة الكيميائية	قواعد ضعيفة	الصيغة الكيميائية
هيدروكسيد الليثيوم	LiOH	أمونيا	NH_3
هيدروكسيد الصوديوم	NaOH	هيدرازين	$H_2N_2H_2$
هيدروكسيد البوتاسيوم	KOH	أنيلين	$C_6H_5NH_2$
هيدروكسيد الباريوم	$Ba(OH)_2$	ميثيل أمين	CH_3NH_2
هيدروكسيد الماغنيسيوم	$Mg(OH)_2$	إيثيل أمين	$C_2H_5NH_2$
هيدروكسيد الكالسيوم	$Ca(OH)_2$	ثنائي إيثيل أمين	$(C_2H_5)_2NH$

الجدول (٦-٣) : القواعد القوية والضعيفة

اختبر فهمك (٩)

– اكتب معادلة تأين كل من:

أ) حمض النيتريك. ب) حمض الهيدروسيانيك.

ج) الهيدرازين. د) هيدروكسيد البوتاسيوم.

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:38 AM Page 83

٦-٨ الأحماض وعدد البروتونات *Acids and the number of Protons*

يمكن تقسيم الأحماض إلى أحماض أحادية البروتون Monoprotic Acids (HCl) أو عديدة البروتون Polyprotic Acids ومنها ثنائية البروتون (H_2SO_4) Diprotic Acids وثلاثية البروتون (H_3PO_4) Triprotic Acids. ولكن ما الفرق بين الأحماض أحادية البروتون والأحماض عديدة البروتون؟ الأحماض التي تحتوي على أكثر من بروتون واحد تتفكك في الماء على أكثر من خطوة بحيث أنها تفقد بروتوناً في كل خطوة.

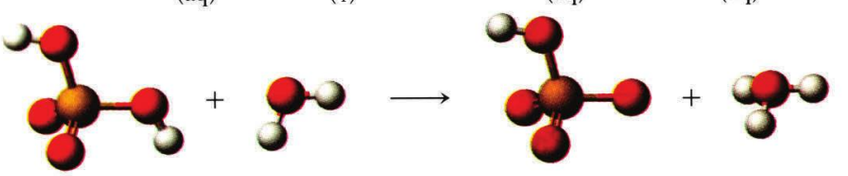
مثال : ١) حمض النيتريك أحادي البروتون يتأين في الماء كما يلي:

$$HNO_{3(l)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

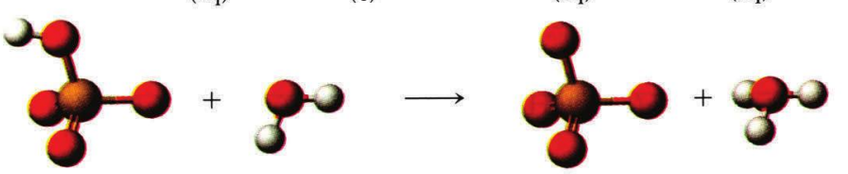
الشكل (٦-٨) : تفاعل حمض النيتريك مع الماء

٢) حمض الكبريتيك يتأين في خطوتين كما يلي:

(1) $H_2SO_4{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow HSO_4^-{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$



(2) $HSO_4^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow SO_4^{2-}{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$



الشكل (٦-٩): تأين حمض الكبريتيك في خطوتين

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:38 AM Page 84

٣) حمض الفسفوريك حمض عديد البروتونات، يتأين في الماء في ثلاث خطوات كما يلي:

(1) $H_3PO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + H_2PO_4^-{}_{(aq)}$

(2) $H_2PO_4^- + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + HPO_4^{2-}{}_{(aq)}$

(3) $HPO_4^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + PO_4^{3-}{}_{(aq)}$

اختبر فهمك (١٠)

اكتب معادلات تأين الأحماض التالية:

أ) H_2CO_3 ب) $HClO_4$ ج) H_2SO_3

٦-٩ القواعد وعدد مجموعات الهيدروكسيل

Bases and number of Hydroxyl groups

تقسم القواعد بحسب عدد مجموعات الهيدروكسيل التي تنتجها القاعدة عند ذوبانها في الماء إلى أحادية الهيدروكسيل Monohydroxylic Bases وعديدة الهيدروكسيل Polyhydroxylic Bases .

مثال : ١) هيدروكسيد الصوديوم أحادي الهيدروكسيل يتأين في الماء بشكل تام كما يأتي:

$$NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

٢) هيدروكسيد الكالسيوم ثنائي الهيدروكسيل يتأين في الماء كما يأتي:

$$Ca(OH)_{2(aq)} \longrightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:38 AM Page 85

اختبر فهمك (١١)

صنف الأحماض التالية حسب عدد البروتونات، والقواعد حسب عدد مجموعات الهيدروكسيل، التي تنتجها عند ذوبانها في الماء، وأكتب معادلات التأين لكل منها:

أ) هيدروكسيد الماغنيسيوم

ب) هيدروكسيد الأمونيوم

ج) حمض الأوكساليك

د) حمض الهيدرويوديك

ch11 f4 (62-91)-new 10/14/15 12:38 AM Page 86

السؤال الأول

أولا : اختر الإجابة الصحيحة من بين البدائل المعطاة لكل من الفقرات الآتية :

١- يسمى الحمض $HClO_3$ بحمض:

أ) بيركلوريك ب) هيبوكلوروز

ج) كلوريك د) كلوروز

*** استخدم المعلومات التالية للإجابة عن الأسئلة (٢ ، ٣ ، ٤) التالية:**

الجدول التالي يوضح قيم pH لعدد من المحاليل:

المحلول	المحلول (1)	المحلول (2)	المحلول (3)	المحلول (4)
قيمة pH	2.2	8.0	5.7	1.2

٢- أي المحاليل يملك أعلى تركيز لأيونات الهيدرونيوم ؟

أ) 1 ب) 2 ج) 3 د) 4

٣- المحلول الذي يكون تركيز أيونات OH^- فيه 1×10^{-6}، قيمة pH له تساوي:

أ) 1 ب) 2 ج) 3 د) 4

٤- يتضاعف $[H^+]$ عشر مرات بين المحلولين:

أ) 1 ، 2 ب) 1 ، 3 ج) 1 ، 4 د) 3 ، 4

٥- المادة التي يمكن أن تضاف إلى حمض الهيدروبروميك 1×10^{-3} M بنفس حجم الحمض ليصبح المحلول متعادلاً هي:

أ) هيدروكسيد البوتاسيوم 0.5×10^{-3} M .

ب) هيدروكسيد الباريوم 0.5×10^{-3} M .

ج) هيدروكسيد الكالسيوم 1×10^{-3} M .

د) هيدروكسيد الصوديوم 2×10^{-3} M .

٦- إذا كان تركيز كل من المحاليل الآتية هو 0.1 M فأي منها أكثر توصيلاً للتيار الكهربائي :

أ) C_6H_5COOH

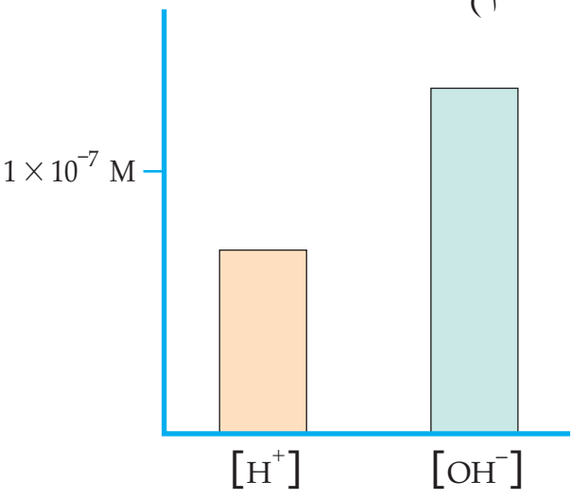
ب) CH_3NH_2

ج) CH_3COOH

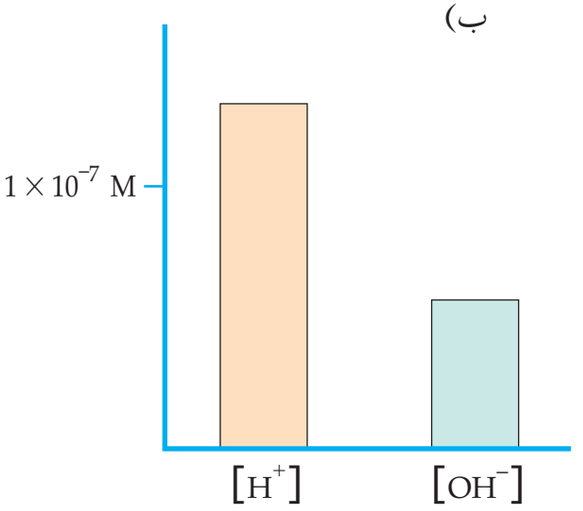
د) HNO_3

٧- أي الرسوم البيانية تمثل المحلول القاعدي :

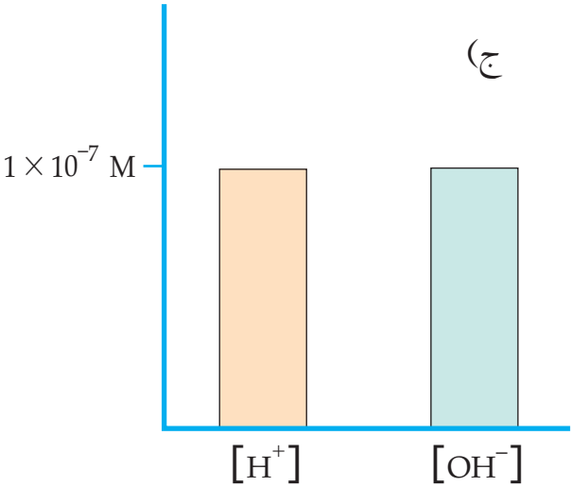
أ)



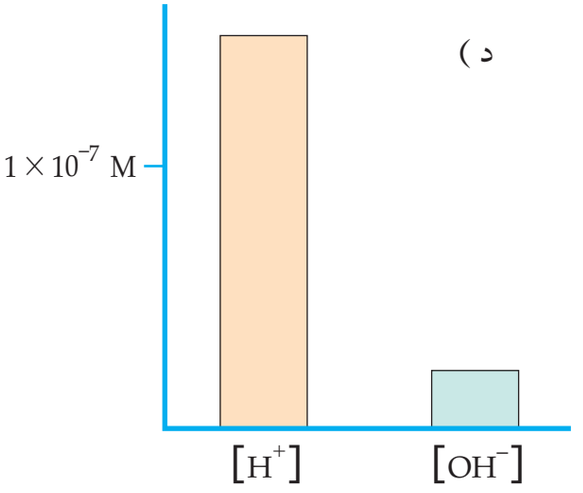
ب)



ج)



د)



السؤال الثاني

في الجدول التالي لديك محاليل لمواد مختلفة بتركيز 0.1 M إملأ الفراغات في هذا الجدول:

م	اسم المادة	الصيغة الكيميائية	طبيعة المحلول	القدرة على التوصيل الكهربائي	قيمة pH المتوقعة	تأثيره على ورقة تباع الشمس	الأيونات الموجودة في المحلول
١	حمض الهيدروكلوريك	HCl	حمض	قوية	أقل من 7	يحول ورقة تباع الشمس الزرقاء إلى اللون الأحمر	H^+ Cl^-
٢	حمض الأسيتيك						
٣	أمونيا						
٤		LiOH					
٥							H^+ NO_3^-
٦	هيدروكسيد بوتاسيوم						
٧					أكبر من 7		Ca^{2+} OH^-
٨	حمض الفوسفوريك						

السؤال الثالث

١– (أ) حمض الهيدروكلوريك تركيزه (0.1 M)، احسب قيمة pH له.

(ب) إذا علمت أن قيمة pH لمحلول حمض أسيتيك تركيـزه (0.1 M) تساوي (2.9) فسِّر ذلك ؟

٢– إذا كان لديك محلولين وقيم pH لهما 9.8 و 11.8 .فأي المحلولين أكثر قاعدية وبكم مرة ؟

٣– لديك ثـلاثـة كـؤوس كـل واحـدة منهـا تحتوي عـلى حمـض مختلف تركيـزه 0.1 M . فإذا أضفت 2g من الخارصين إلى كل كأس، نتج غاز الهيدروجين بأحجام متساوية في كل الكؤوس. هل نستطيع القول أن قوة جميع هذه الأحماض متساوية ؟ فسِّر ذلك ؟

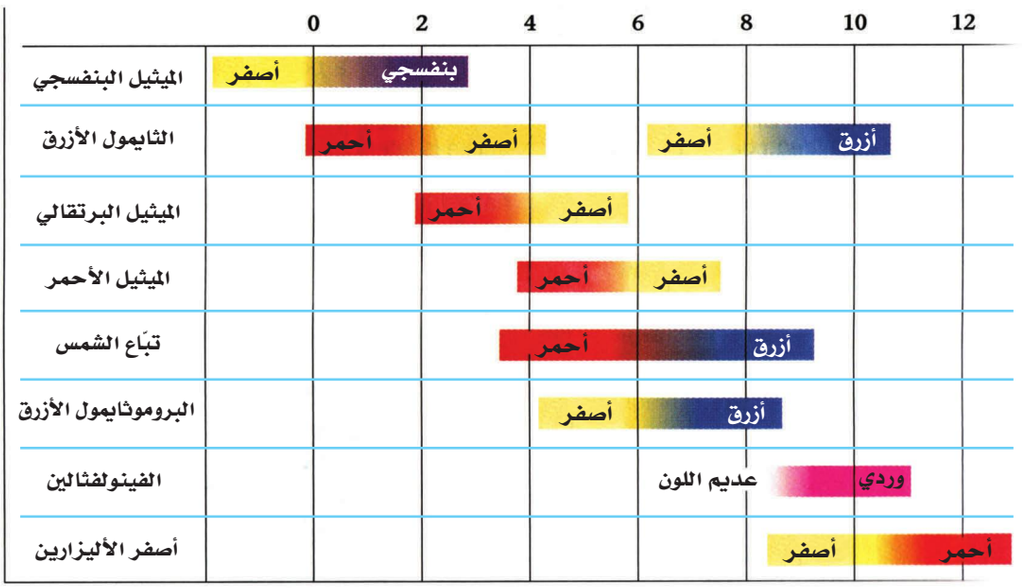
٤– من المواد المكونة للجسور كربونات الكالسيوم والأسمنت وهي تتآكل نتيجة المطر الحمضي. من خلال هذه العبارة أجب عما يلي:

(أ) ما الأحماض المتكونة من ذوبان غازيِّ CO_2 و SO_2 بماء المطر ؟

(ب) اكتب معادلات تفاعل هذه الأحماض مع كربونات الكالسيوم.

(ج) كيف يمكن التقليل من أثر هذه الظاهرة ؟

٥- استخدم الشكل التالي الذي يوضح التغير في قيمة pH لبعض الأدلة، للإجابة عن الأسئلة التالية:



أ) ما حدود قيمة pH لمحلول ما إذا استخدمت دليل الميثيل الأحمر والبروموثايمول الأزرق للكشف عنه، وأعطت جميعها اللون الأصفر؟

ب) ما طبيعة محلول تحول إلى اللون البنفسجي باستخدام دليل الميثيل البنفسجي ولم يتأثر باستخدام دليل الفينولفثالين ؟

ج) فسِّرعدم إمكانية استخدام دليل الميثيل البرتقالي للكشف عن القيمة التقريبية لـ pH في محلول حمضي .

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:39 AM Page 92

الوحدة الرابعة ٤

الحسابات الكيميائية

Stoichiometry

الفصل السابع: المعادلات الكيميائية وحساباتها

Chemical Equations & Calculations

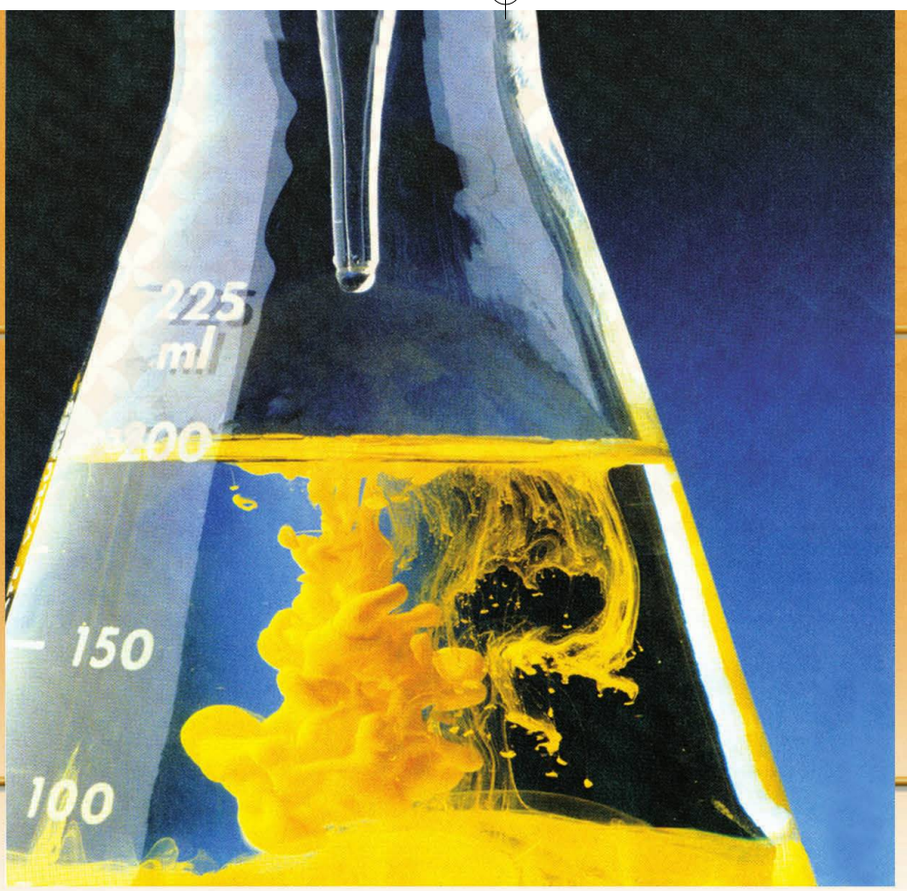
الفصل الثامن: المادة المحددة للتفاعل الكيميائي والمعايرة

Limiting Reagent for Chemical Reaction & Titration

مقدمة الوحدة

ربما يكون موضوع الحسابات الكيميائية غير مألوف لديك في دراستك للكيمياء باستثناء المعلومات التي عرفتها في الصف العاشر، ولكنه من أهم الموضوعات الكمية في الكيمياء ، فهو ذو فائدة كبيرة في تحديد القيمة الغذائية للطعام اللازم لأجسامنا، وفي قياس تركيز الملوثات في الهواء الجوي، وفي تحديد الفائدة الاقتصادية للعمليات الصناعية بمعرفة تكلفة المواد المتفاعلة وقيمة النواتج.

إذا أردت أن تحضر غذاء أو دواء فإنك غالبا تتبع وصفة معينة تحدد نوع المواد اللازمة لتحضير هذا الغذاء أو الدواء ، وكميات هذه المواد وطريقة التحضير، وذلك لكي تكون هذه المنتجات طيبة ومفيدة ، ولا بد أنك لاحظت عند شرائك لبعض الأدوية أن الصيدلاني يقوم أحيانًا بمزج بعض المواد بنسب محددة للحصول على الدواء المناسب ، وهذا ما يحدث في جميع التفاعلات الكيميائية حيث لا بد من معرفة المواد اللازمة للتفاعل وحساب كمياتها



وذلك لكي يسهل التعرف على نواتج التفاعل وكمياتها،ولذلك فإنه من الضرورة بمكان للكيميائي أن يدرس موضوع الحسابات الكيميائية stoichiometry.

إن مصطلح stoichiometry مشتق من كلمتين باللغة اليونانية الأولى (stoicheion) ومعناها عنصر،والثانية (metron) ومعناها قياس وبالتالي فإن هذا المصطلح يعني علم قياس اتحاد العناصر (الحسابات الكيميائية).

وتشكل حسابات تحويل المولات إلى كتل أو عدد دقائق أو حجم والعكس جزءا من هذا الموضوع، والجزء الثاني يتعلق بالتفاعلات الكيميائية والعلاقة بين المواد المتفاعلة والناتجة في التفاعل.

الأفكار الرئيسية

في هذه الوحدة سوف تتمكن من الإجابة عن الأسئلة التالية:

١- كيف يمكن التعبير عن التفاعلات الكيميائية بمعادلات أيونية كلية وأيونية صافية ؟

٢- كيف تعين المادة المحددة للتفاعل الكيميائي ؟

٣- هل تتوقع أن يكون الناتج الفعلي للتفاعل مساويا للناتج النظري ؟ وضح ذلك .

٤-كيف تحسب تركيز حمض أو قاعدة مجهول التركيز نتيجة لعملية معايرة ؟

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 94

الفصل السابع

المعادلات الكيميائية وحساباتها

Chemical Equations & Calculations

مقدمة الفصل

يحدث دائما من حولنا وفي داخل أجسامنا كثير من التفاعلات الكيميائية، فاحتراق البترول، وصدأ الحديد، ونضج الفواكه، وصنع الخبز هي تفاعلات كيميائية. وما عملية استهلاك جسمك للأكسجين عند تنفسك، ولا قيام النبات بعملية التمثيل الضوئي لصنع غذائه في الأوراق إلا تفاعلات كيميائية.

يعمل الكيميائيون في جميع المختبرات تفاعلات كيميائية لإنتاج مواد ذات فائدة في الطب والزراعة والصناعة. تشترك هذه التفاعلات في أن هنالك نوعين من المواد في التفاعل هما المواد التي توجد قبل التفاعل وتسمى المواد المتفاعلة (reactants) والمواد التي تتكون في نهاية التفاعل وتسمى المواد الناتجة (products)، وفي هذا الفصل سوف تناقش الإجابة عن الأسئلة التالية: كيف نعبر عن التفاعل الكيميائي بصورة معادلة أيونية؟ وكيف نجري حسابات كميات المواد المتفاعلة والناتجة؟

الموضوعات الرئيسية

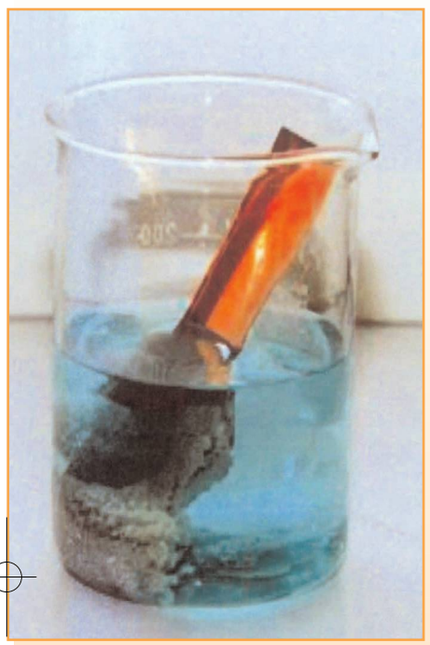
١ - معادلات التفاعلات الكيميائية

٢ - المعادلات الأيونية الكلية والنهائية

٣ - الأيونات المتفرجة

٤ - تفاعلات الترسيب

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 95

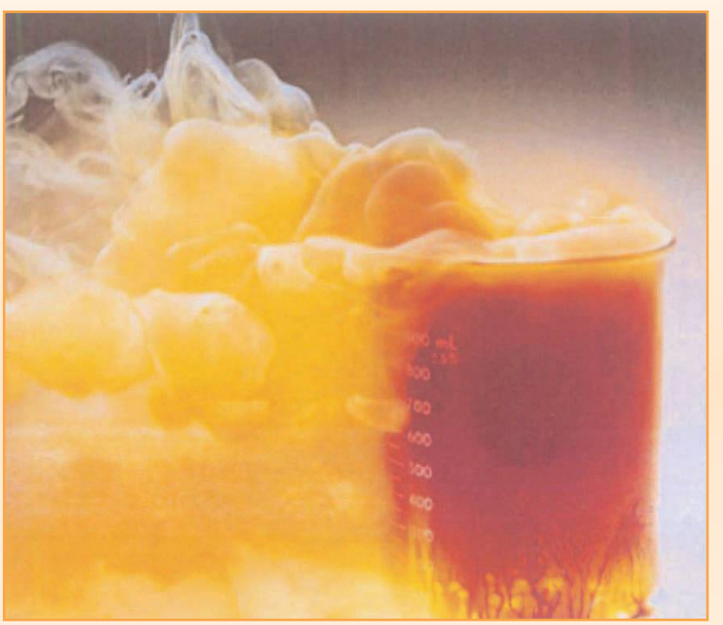


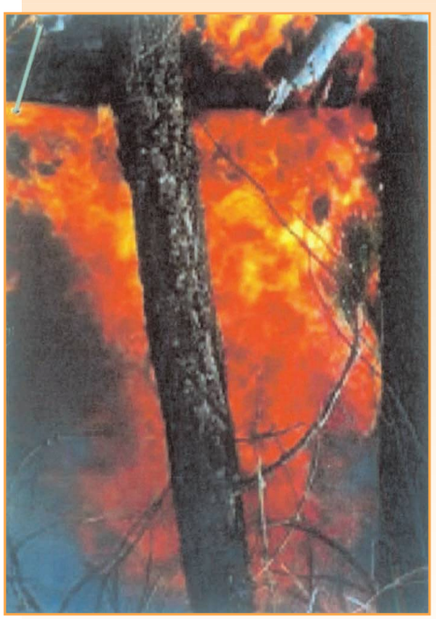
مصطلحات علمية جديدة

١- المعادلة الأيونية الكلية ——— *1- Total ionic equation*

٢- المعادلة الأيونية النهائية ——— *2- Net ionic equation*

٣- الأيونات المتفرجة ——— *3- Spectator ions*





عناوين الاستكشافات

الاستكشاف (١): أنواع التفاعلات الكيميائية

الاستكشاف (٢): تفاعلات الترسيب

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 96

١-٧ أنواع التفاعلات الكيميائية *Types of Chemical reactions*

يُصنّف الكيميائيون التفاعلات الكيميائية لتنظيم الأعداد الكبيرة من هذه التفاعلات التي تحدث في أنظمتنا الحيوية وفي الصناعة وفي المختبرات. إن معرفة أنواع التفاعلات الكيميائية يمكن أن يُساعدك على تذكرها وفهمها. كما أنه يساعدك على تعرّف أنواعها وتوقع نواتج الكثير منها. وهناك عدة طرق لتصنيف التفاعلات الكيميائية من أبسطها التي تُصنّف التفاعلات إلى أربعة أنواع، وهي: التكوين، والتفكك، والإحلال، والإحتراق.

معلومات تهمك

تحدث بعض تفاعلات الإحلال البسيط ببطء وهدوء كما في تفاعل الحديد مع محلول كبريتات النحاس، وبعضها يحدث بسرعة وبشدة وذلك عند وضع قطرات من الماء على قطعة من الصوديوم.

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 97

استكشاف ١

أنواع التفاعلات الكيميائية

الهدف: التنبؤ بنوع التفاعل الكيميائي.

المواد والأدوات: شريط ماغنيسيوم (*10 cm*)، محلول محلول حمض الهيدروكلوريك المخفف (HCl) 0.1M كربونات البوتاسيوم (K_2CO_3)، كربونات النحاس ($CuCO_3$)، كلوريد الباريوم ($BaCl_2$)، أنابيب اختبار، كؤوس زجاجية (*50 mL*)، مصدر لهب، جفنة، ميزان حساس.

الإجراءات:

١- اجر كلا من التفاعلات التالية ولاحظ ماذا يحدث، ثم دون ملاحظاتك في الجدول التالي:

المواد المتفاعلة	الملاحظة	النواتج	نوع التفاعل

٢- أشعل *5 cm* من شريط الماغنيسيوم وضعه في كأس.

٣- ضع *5 cm* أخرى من شريط الماغنيسيوم في كأس تحتوي على *25 mL* من محلول HCl المخفف.

٤- سخن حوالي *1 g* من كربونات النحاس في جفنة البورسلان لمدة خمس دقائق.

٥- ضع *10 mL* من محلول كلوريد الباريوم في كأس زجاجية، وأضف إليها *10 mL* من محلول كربونات البوتاسيوم.

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 98

التحليل والتفسير : ١– اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة التي تمثل كل تفاعل.

٢– ما نوع التفاعل المرجح حدوثه عندما يتفاعل محلول كربونات النحاس مع محلول كلوريد الباريوم؟ اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل الحاصل.

إذا أردت وصف التفاعل بدقة لا بد من موازنة معادلة التفاعل،وبيان الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والناتجة ، فإذا كانت المادة صلبة (solid) يوضع بالجانب الأيمن وأسفل الرمز الحرف (s)، وإذا كانت سائلة (liquid) يوضع الحرف (*l*) ، إذا كانت غازية (gas) يوضع الحرف (*g*) ، أما إذاكانت مذابة في الماء (aqueous solution) فيوضع الحرفان (*aq*). كما اتفق الكيميائيون على أن تشمل المعادلة أيضًا الظروف السائدة أثناء التفاعل كالحرارة والعوامل المساعدة.

مثال :

الأمونيا سائل يستخدم في صناعة الأسمدة وسوائل التنظيف ومواد كيميائية أخرى شكل(٧–١)، وتحضر الأمونيا صناعيا بمفاعلة غاز النيتروجين وغاز الهيدروجين عند درجة حرارة $450^{o}C$-$500^{o}C$ وضغط مرتفع بوجود أكسيد الحديد (III) كعامل مساعد. يمثل هذا التفاعل بالمعادلة التالية :

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

الشكل (٧–١): استخدام أملاح الأمونيا كسماد مخصّب لزيادة إنتاج المحصول الزراعي

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 99

اختبر فهمك (١)

١– اكتب معادلات كيميائية موزونة تمثل كلا من التفاعلات التالية مبينًا فيها الحالة الفيزيائية لكل من المواد المتفاعلة والناتجة:

(أ) تفكك مادة كلورات البوتاسيوم الصلبة لتكون كلوريد البوتاسيوم الصلب وغاز الأكسجين باستخدام مسحوق ثاني أكسيد المنغنيز كعامل مساعد .

(ب) تفاعل سائل الهيدرازين (N_2H_4) مع ثاني أكسيد النيتروجين السائل (N_2O_4) لتكوين غاز النيتروجين والماء .

٢–٧ المعادلة الموزونة والحسابات الكيميائية

Balanced Equation & Chemical calculations

لقد درست في العام الماضي كيفية وزن المعادلة الكيميائية ، تمعن في المعادلة الكيميائية التالية وأجب عن الأسئلة التي تليها:

$$Na_{(s)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow NaCl_{(s)}$$

١–هل هذه المعادلة موزونة ؟

٢–إذا لم تكن موزونة قم بوزنها وبين التغيرات التي حدثت عليها.

٣–ماذا تعني الأرقام التي توجد عادة على يسار الرمز في المعادلة الكيميائية؟

٤–ما العلاقة بين عدد الذرات أو الجزيئات وعدد المولات ؟

٥–عند إجراء التفاعلات الكيميائية في المختبر أو الصناعة أيهما أفضل: التعامل مع ذرات المواد وجزيئاتها أم مع كتل المواد بالغرام أو الكيلوغرام ؟ بعد إجابتك عن الأسئلة السابقة ستعرف أنواع الحسابات الكيميائية المستخدمة في التفاعلات الكيميائية.

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 100

تنفيذ الدرس العملي رقم (٧) : التحليل الكمي لكربونات الصوديوم

أ- حسابات المول - مول Mole-Mole Calculations

إذا أردت طلاء جدران بيتك بلون زهري ولم تجد طلاء بهذا اللون، فوصف لك البائع مزج (3 L) من الدهان الأبيض مع (1 L) من الدهان الأحمر فيتكون (4 L) من الدهان الزهري، وبين لك أن اللون الزهري يتكون بمزج هذين النوعين من الأصباغ، وبالنسبة نفسها بغض النظر عن الكميات المستخدمة. هذا مايحدث في التفاعلات الكيميائية، فبمعرفة نسب عدد مولات المواد المتفاعلة يمكن حساب عدد مولات أي من المواد المتفاعلة أو الناتجة، فمثلا عند تفكك نترات الأمونيوم ينتج بخار الماء وغاز أكسيد النيتروز الذي يستخدم في التخدير من خلال قناع التخدير العام في طب الأطفال المرضى. حيث يتم دمجها مع الأكسجين وزيادة الجرعات تدريجيّا بحيث يصبح أكثر فعالية عند الاستنشاق، شكل (٧-٢).

الشكل (٧-٢) : استخدام أكسيد النيتروز في تسكين آلام أسنان الأطفال

مثال :

احسب عدد مولات N_2O ، H_2O الناتجين من تفكك 2.25 mol من نترات الأمونيوم .

الحل :

١- كتابة معادلة موزونة للتفاعل :

$$NH_4NO_{3(s)} \longrightarrow N_2O_{(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 101

٢– نقارن أعداد مولات المادة المعلومة والمادة المجهولة من معادلة التفاعل، ثم نحسب عدد مولات المادة المجهولة بإجراء التناسب كما يلي:

النسبة المولية بين N_2O : NH_4NO_3

هي 1 mol : 1 mol

? : 2.25 mol

$(2.25 \times 1) \div 1 = 2.25$ mol of N_2O

النسبة المولية بين H_2O : NH_4NO_3

هي 2 mol : 1 mol

? : 2.25 mol

$(2.25 \times 2) \div 1 = 4.5$ mol of H_2O

اختبر فهمك (٢)

١–احسب عدد مولات حمض الهيدروكلوريك اللازمة للتفاعل مع 2.3 mol من الخارصين.

٢–ما عدد مولات نترات الألومنيوم الناتجة من تفاعل 0.75 mol من نترات الفضة مع كمية كافية من الألومنيوم ؟

ب- حسابات الكتلة - كتلة Mass-Mass Calculations

لقد عرفت في الأمثلة السابقة الحسابات التي اعتمدت على كمية المواد مقدرة بالمول، فكيف نجري الحسابات إذا كانت كمية المادة مقدرة بالغرامات ؟

لمعرفة ذلك، نأخذ المثال التالي :

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 102

مثال :

غاز البروبان C_3H_8 هو أحد مكونات غاز الطبخ الذي يستخدم في البيوت والمصانع، وهو يحترق بوجود غاز الأكسجين O_2 احتراقًا تامًا.

احسب كتلة الأكسجين اللازمة لإحراق (17.6 g) من البروبان حرقًا تامًا.

لحل هذا المثال نتبع الخطوات التالية :

١- نكتب معادلة التفاعل الموزونة لأنها هي أساس الحسابات الكيميائية.

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

٢- نحول كتلة المادة المعلومة من كتلة بالغرام إلى عدد مولات من العلاقة:

عدد المولات = الكتلة بالغرام ÷ الكتلة المولية.

Number of moles = Mass (g) ÷ Molar mass (g/mol)

الكتلة المولية للبروبان = $12 \times 3 + 1 \times 8 = 44$ g/mol.

عدد مولات البروبان = $17.6 \div 44 = 0.4$ mol.

٣-بالاستفادة من المعادلة الموزونة نحسب عدد مولات المادة المطلوبة بمعرفة عدد مولات المادة المعلومة وبإجراء التناسب الصحيح.

C_3H_8 : O_2

1 mol : 5 mol

0.4 mol : ?

$(0.4 \times 5) \div 1 = 2$ mol. of O_2

٤- نحول عدد مولات المادة المطلوبة إلى كتلة بالغرامات .

الكتلة المولية للأكسجين =$2\times 16= 32$ g/mol.

كتلة الأكسجين = $32 \times 2 = 64$ g

ch11f5 (92-117)-NEW 10/15/15 11:59 AM Page 103

طريقة أخرى :

النسبة المولية	O_2	:	C_3H_8
	5 mol	:	1 mol
	5×32 g	:	44 g
	?	:	17.6 g

كتلة الأكسجين اللازمة = $(17.6 \times 5 \times 32) \div 44 = 64g$

اختبر فهمك (٣)

١- احسب كتلة أكسيد الكالسيوم الناتجة من تحلل 50 g كربونات كالسيوم .

٢- يتكون حديد منصهر عند اختزال Fe_2O_3 بواسطة الألومنيوم في تفاعل الثيرمايت، ويستخدم هذا المصهور في إصلاح السكك الحديدية، احسب كتلة الألومنيوم اللازمة لتكوين 100 g من الحديد المنصهر .

معلومات تهمك

تفاعل الثيرمايت (Thermite).

تفاعل الثيرمايت هو تفاعل طارد للحرارة تستخدم فيه الحرارة الناتجة للحام الحديد. ويحدث عند تفاعل الألومنيوم مع أكسيد الحديد الثلاثي.

$$2Al_{(S)} + Fe_2O_{3(S)} \longrightarrow 2Fe_{(S)} + Al_2O_{3(S)} + \text{حرارة}$$

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 104

ج- حسابات الكتلة - حجم Mass-Volume Calculations

هنالك كثير من التفاعلات الكيميائية سواء التي تحدث للمواد الصلبة أو للمحاليل تنتج عنها غازات، ويمكن معرفة حجوم هذه الغازات الناتجة بإجراء خطوات الحساب السابقة نفسها مع الأخذ بعين الاعتبار حجم المول الواحد من أي غاز في الظروف القياسية.

لقد وجد عمليًّا أن حجم المول الواحد من أي غاز في الظروف القياسية (درجة حرارة *273* **درجة مطلقة) وضغط جوي واحد) يساوي** *22.4L* **ويسمى هذا الحجم بالحجم المولي للغاز.**

مثال :

تستخدم في السيارات الحديثة أكياس هوائية (Air Bag) تملأ بغاز النيتروجين عند تعرض السيارة للصدمات، ويتكون هذا الغاز نتيجة لتفكك مادة أزايد الصوديوم حسب التفاعل التالي:

$$2NaN_{3(s)} \longrightarrow 2Na_{(s)} + 3N_{2(g)}$$

فإذا تفكك 13 g من NaN_3 في كيس هوائي، احسب حجم غاز النيتروجين الناتج في الظروف القياسية.

وباتباع خطوات الحل السابقة :

١- نحسب عدد مولات NaN_3

الكتلة المولية لـ $NaN_3 = 3\times 14 + 23 = 65\ g/mol.$

عدد مولات $NaN_3 = 13 \div 65 = 0.2\ mol.$

٢- نحسب عدد مولات النيتروجين من النسبة المولية

NaN_3 : N_2

2 mol : 3 mol

0.2 mol : ?

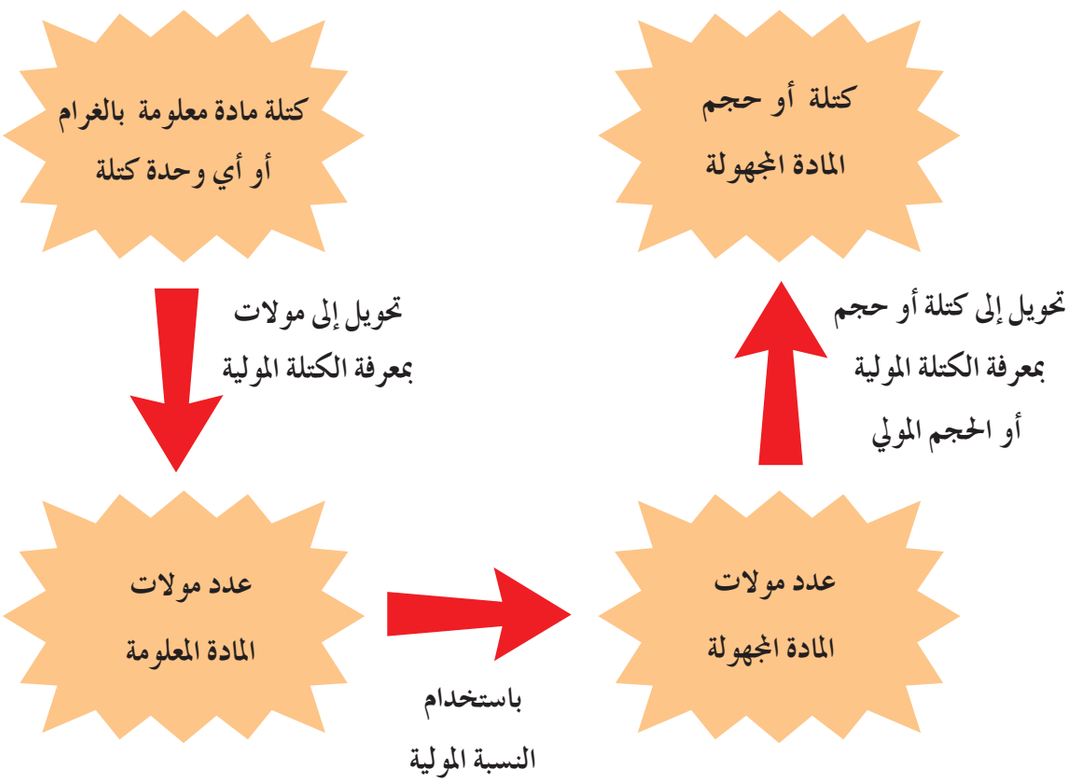
عدد مولات النيتروجين الناتجة $= (0.2 \times 3) \div 2 = 0.3\ mol.$

٣- نحسب حجم غاز النيتروجين بمعرفة الحجم المولي

حجم غاز النيتروجين $= 0.3 \times 22.4 = 6.72\ L$

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 105

ولحل هذه الأنواع من المسائل يمكن الاستفادة من المخطط التالي:



اختبر فهمك (٤)

١- ما عدد لترات الأكسجين اللازمة لحرق 340 g من الإيثانول (C_2H_6O) في الظروف القياسية ؟

٢- يستخدم مسحوق بيكربونات الصوديوم في إطفاء الحرائق لأنه ينتج عند تفككه غاز ثاني أكسيد الكربون.احسب حجم غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من تفكك 0.4 g من بيكربونات الصوديوم في الظروف القياسية.

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 106

د- حسابات الحجم - حجم Volume -Volume Calculations

هنالك كثير من التفاعلات الكيميائية يتم بين مواد في الحالة الغازية وقد ينتج أيضا مواد غازية مثل بخار الماء و H_2S ,HCN, CO_2 ، ولأن هنالك علاقة بين حجم الغاز وعدد مولاته فإن ذلك يسهل إجراء حسابات حجوم الغازات.

معلومات تهمك

إن الطاقة الناتجة من حدوث صاعقة البرق يمكن أن تقسّم جزيئات النيتروجين في الهواء الجوي، حيث تتفاعل كل ذرة نيتروجين مع الأكسجين لتكوين أكاسيد النيتروجين، وهي من إحدى الطرق التي تحدث في الطبيعة لتثبيت النيتروجين الجوي.

مثال :

احسب حجم بخار الماء الناتج من تفاعل 0.04 g من الهيدروجين مع الأكسجين في الظروف القياسية.

الحل : $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)}$

الكتلة المولية للهيدروجين $= 2 \times 1 = 2\ g/mol.$

عدد مولات الهيدروجين $= 0.04 \div 2 = 0.02\ mol.$

	H_2 :	H_2O
(النسبة المولية)	2 mol :	2 mol
	0.2 mol :	?

عدد مولات بخار الماء الناتج $= (2 \times 0.02) \div 2 = 0.02\ mol.$

حجم بخار الماء الناتج $= (0.02 \times 22.4) = 0.448\ L$

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 107

مثال :

في الظروف القياسية احسب حجم غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من احتراق كمية من الميثان (CH_4) إذا كانت كمية الأكسجين المستهلكة 3.2 L .

الحل :

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

	CO_2 :	O_2
(النسبة المولية)	1 mol :	2 mol
	? :	3.2 L

حجم غاز CO_2 الناتج $= (1 \times 3.2) \div 2 = 1.6$ L

اختبر فهمك (٥)

١- ما حجم ثاني أكسيد الكربون في الظروف القياسية الذي يلزم لإنتاج 1.8 g من سكر الجلوكوز في عملية التمثيل الكلوروفيلي؟

٢- ما حجم كل من الهيدروجين والنيتروجين اللازمين لإنتاج 3.2 L من الأمونيا في الظروف القياسية؟

٣-٧ المعادلة الأيونية *Ionic equation*

لتوضيح تفاصيل التفاعلات التي تتضمن أيونات في المحاليل المائية، يستخدم الكيميائيون المعادلة الأيونية، وهي تختلف عن المعادلة الكيميائية في أن المواد التي تكون على شكل أيونات في المحلول تكتب كأيونات في المعادلة. فإذا أردنا وصف التفاعل بين محلول مائي من كلوريد الباريوم ومحلول مائي من كبريتات الصوديوم لتكوين كبريتات الباريوم غير الذائبة في الماء فإننا سنكتبها على النحو التالي:

$$2Na^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + Ba^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} \longrightarrow BaSO_{4(s)} + 2Na^+_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)}$$

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 108

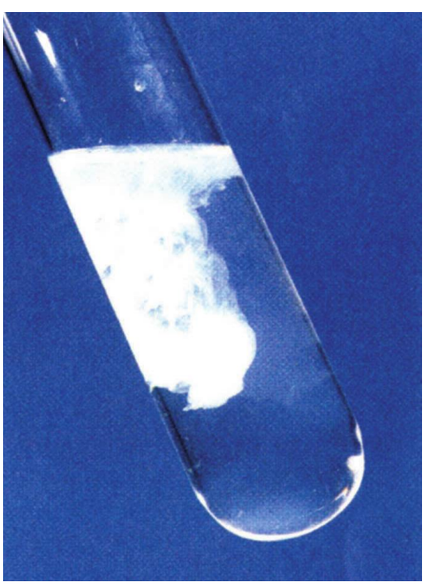
وبذلك نجد أنه لكتابة المعادلة الأيونية في المحلول المائي لا بد مما يلي:

١- كتابة أيونات جميع المواد الأيونية الذائبة في الماء متبوعة بالرمز (aq) .

٢- المواد الأيونية الصلبة شحيحة الذوبان في الماء تكتب متبوعة بالرمز (s) .

٣- المواد غير المتأينة الذائبة في الماء تكتب بصورتها الجزيئية متبوعة بالرمز (aq) .

إذا تمعنت في المعادلة السابقة تجد أن الأيونات الموجودة على الطرف الأيسر موجودة أيضًا على الطرف الأيمن سواء بصورتها الأيونية أو بصورة مادة جديدة صلبة تترسب في المحلول،كما في الشكل (٧-٣) وتسمى هذه المعادلة بالمعادلة الأيونية الكلية (Total ionic equation) .



الشكل (٧-٣) : راسب أبيض من كبريتات الباريوم الناتج من تفاعل $BaCl_2$ و Na_2SO_4.

لاحظ أن كلا من أيونات Na^+ و Cl^- مواد متفاعلة وناتجة في الوقت نفسه، أي انها لم تشارك في التفاعل ولهذا تسمى الأيونات المتفرجة (Spectator ions) ، فإذا تم حذف هذه الأيونات من طرفي المعادلة الأيونية تحصل على ما ايسمي المعادلة الأيونية النهائية(Net ionic equation) أي معادلة التغير الصافي الذي حدث والتي تشتمل على الجسيمات المشاركة في التفاعل فقط:

$$Ba^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} \longrightarrow BaSO_{4(s)}$$

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 109

ولكتابة المعادلة الأيونية النهائية لا بد من أخذ كل من الملاحظات التالية بعين الاعتبار:

١- تفاعلات التعادل وهي التفاعلات التي تحدث بين الأحماض والقواعد حيث يتكون الماء والملح، فإذا كان الملح ذائبا في الماء فإن أيوناته تكون أيونات متفرجة.

٢- تفاعلات الترسيب وهي تفاعلات تتم بين محاليل الأملاح المختلفة التي تنتج مواد شحيحة أو عديمة الذوبان في الماء، وهي التي لا تكون أيونات متفرجة، ويمكن تحديدها كما في الجدول التالي:

مركبات أيونية ذائبة	عدا:
الفلزات القلوية، NH_4^+ $C_2H_3O_2^-$، ClO_4^-، ClO_3^-، NO_3^-	لا يوجد (اسيتات الفضة $AgC_2H_3O_2$ ذائبة جزئيا في الماء)
الهاليدات: I^-، Br^-، Cl^-، و SCN^-	Ag^+، Hg_2^{2+}، Pb^{2+} (HgI_2 غير ذائب في الماء، $PbCl_2$ يذوب في الماء الساخن)
SO_4^{2-}	Sr^{2+}، Ba^{2+}، Pb^{2+} (Hg_2SO_4، Ag_2SO_4، $CaSO_4$ تذوب جزئيا في الماء)
مركبات أيونية غير ذائبة	**عدا:**
CO_3^{2-}، PO_4^{3-}، SiO_3^{2-}، O^{2-}، SO_3^{2-}، CrO_4^{2-}	الفلزات القلوية، NH_4^+
S_2^-	الفلزات القلوية، NH_4^+ Ca^{2+}، Ba^{2+}، Sr^{2+}، Mg^{2+}
OH^-	الفلزات القلوية، NH_4^+ (Ca^{2+}، Ba^{2+}، Sr^{2+} ذائبة قليلا في الماء)

جدول (١) : قواعد الذوبانية

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 110

اختبر فهمك (٦)

اكتب المعادلة الكيميائية والأيونية الكاملة، والأيونية النهائية لتفاعل محلولي نترات الباريوم $(Ba(NO_3)_2)$ وكربونات الصوديوم (Na_2CO_3).

استكشاف ٢

تفاعلات الترسيب

الهدف: ملاحظة وتعيين تفاعلات الترسيب وكتابة المعادلات الأيونية النهائية.

المواد والأدوات: نترات الفضة، نترات الرصاص، كلوريد الكالسيوم، كربونات الصوديوم، هيدروكسيد الصوديوم، كبريتات الصوديوم، كلوريد الصوديوم، أنابيب اختبار، كؤوس زجاجية (*50 mL*) عدد (*7*)،ميزان.

الإجراءات:

١–حضر محلولاً مخففًا من كل من الأملاح السابقة في كأس زجاجية بإذابة حوالي *0.2 g* من كل من الأملاح السابقة في *30 mL* من الماء .

٢–رقِّم ثلاثة أنابيب اختبار نظيفة بأرقام *1*، *2*، *3* وضع حوالي *5 mL* من كل من محاليل $AgNO_3$ ، $Pb(NO_3)_2$ ، $CaCl_2$ في هذه الأنابيب .

٣–أضف إلى كل من الأنابيب الثلاثة حوالي *5 mL* من محلول Na_2CO_3 .

٤– استعمل أنابيب اختبار أخرى مكررا الخطوتين ٢، ٣ ولكن بإضافة محاليل كل من NaOH ، Na_2SO_4 ، NaCl وسجل مشاهداتك في الجدول التالي:

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 111

	$AgNO_3$	$Pb(NO_3)_2$	$CaCl_2$
Na_2CO_3			
NaOH			
Na_2SO_4			
NaCl			

التحليل والتفسير : ١– اكتب معادلات أيونية كاملة لكل من التفاعلات السابقة.

٢– أي التفاعلات السابقة يكوِّن راسبا ؟ اكتب المعادلة الأيونية النهائية لكل من هذه التفاعلات.

اختبر فهمك (٧)

١– لكل من المعادلات الأيونية التالية:

أ) حدد الأيون/ الأيونات المتفرجة .

ب) اكتب المعادلة الأيونية النهائية:

$$Fe_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} \longrightarrow Cu_{(s)} + Fe^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

$$Al_{(s)} + 6H^{+}_{(aq)} + 6Cl^{-}_{(aq)} \longrightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 6Cl^{-}_{(aq)} + 3H_{2(g)}$$

٢– أكمل المعادلات الآتية باستخدام قواعد الذوبانية وبين هل يتكون راسبًا أو لا، وحدده:

$$Mg_{(s)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow$$

$$Ca(NO_3)_{2(aq)} + Na_2CO_{3(aq)} \longrightarrow$$

إن التفاعلات في المحاليل تتم بين الأيونات، وفي مثل هذه التفاعلات فإننا نتعامل مع محاليل بتراكيز معينة. ولإجراء الحسابات في هذه التفاعلات نستخدم عادة التركيز الأكثر استعمالاً وهو التركيز المولاري (Molarity).

ولعلك عرفت من علاقة التركيز المولاري أنه يمكن الإستفادة منها في حساب عدد المولات .

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 112

مثال (١) :

احسب عـدد مـولات كـل من حمض الكبريتيك وأيـونـات الكبريتـات وأيونـات الهيدروجين في محلول من حمض الكبريتيك حجمه 0.2 L وتركيزه 0.1 mol/L(M) .

عدد المولات = التركيز المولاري × حجم المحلول باللتر

Number of moles = Molarity × Volume of solution(Litres)

عدد مولات حمض الكبريتيك = 0.2 × 0.1 = 0.02 mol.

يتأين حمض الكبريتيك في المحلول كما يلي :

$$H_2SO_{4(l)} \longrightarrow 2H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

كما تلاحظ في معادلة التأين فإن عدد مولات أيونات الكبريتات يساوي عدد مولات الحمض وتساوي 0.02 mole بينما عدد مولات أيونات الهيدروجين يساوي ضعف عدد مولات الحمض وتساوي:

0.02 × 2 = 0.04 mol.

مثال (٢) :

احسب حجم محلول نترات الفضة (بالمليمتر) تركيزه 0.1 M اللازم لترسيب جميع أيونات الكرومات في 50 mL محلول كرومات البوتاسيوم تركيزه 0.2 M .

الحل :

١- معادلة التفاعل :

$$2AgNO_{3(aq)} + K_2CrO_{4(aq)} \longrightarrow 2KNO_{3(aq)} + Ag_2CrO_{4(s)}$$

عدد مولات الكرومات المترسبة = 0.2 × (50 ÷ 1000) = 0.01 mol.

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 113

٢- النسبة المولية من معادلة التفاعل :

$AgNO_3$	:	Ag_2CrO_4
2 mol	:	1 mol
?	:	0.01 mol

عدد مولات نترات الفضة اللازمة $= (0.01 \times 2) \div 1 = 0.02$ mol.

حجم محلول نترات الفضة $= 0.02 \div 0.1 = 0.2$ L

$= (0.2 \times 1000) = 200$ mL

اختبر فهمك (٨)

احسب تراكيز جميع الأيونات في كل من المحاليل التالية :

أ) محلول $Co(NO_3)_2$ تركيزه 0.5 M .

ب) محلول $Fe(ClO_4)_3$ تركيزه 1.0 M .

أسئلة الفصل

السؤال الأول

اختر الإجابة الصحيحة لكل من الأسئلة التالية :

١ـ المعادلة الكيميائية والنهائية الموزونة التي تعبر عن تفاعل حمض الأسيتيك (CH_3COOH) وهيدروكسيد الصوديوم (NaOH) هي :

أ) $H^+_{(aq)} + CH_3COOH_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} + O^-_{(aq)}$

ب) $CH_3COO^-_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow C_2H_3O_2^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

ج) $H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$

د) $Na^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow CH_3CO_2Na_{(s)}$

٢ـ أي المعادلات التالية تمثل المعادلة الموزونة لتحضير الأمونيا ؟

أ) $N_{2(g)} + H_{2(g)} \longrightarrow NH_{3\,(g)}$

ب) $N_{2(g)} + H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3\,(g)}$

ج) $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3\,(g)}$

د) $N_{(g)} + 3H_{(g)} \longrightarrow NH_{3\,(g)}$

٣ـ عند حرق 3 L من الميثان CH_4 حرقًا تامًا فإن حجم غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج (باللتر) في الظروف القياسية يساوي :

أ) 3 ب) 6

ج) 44 د) 132

السؤال الثاني

١- صنف كلا من التفاعلات التالية إلى تفاعلات (تكوين،تفكك،إحلال بسيط،إحلال مزدوج،احتراق).

أ) $2Li_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow 2LiOH_{(aq)} + H_{2(g)}$

ب) $2NaNO_{3(s)} \longrightarrow 2NaNO_{2(s)} + O_{2(g)}$

ج) $2C_6H_{14(l)} + 19O_{2(g)} \longrightarrow 12CO_{2(g)} + 14H_2O_{(l)}$

د) $NH_4Cl_{(s)} \longrightarrow NH_{3(g)} + HCl_{(g)}$

هـ) $BaO_{(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow Ba(OH)_{2(aq)}$

و) $AgNO_{3(aq)} + NaCl_{(aq)} \longrightarrow AgCl_{(s)} + NaNO_{3(aq)}$

٢- اكتب المعادلات الأيونية الكلية لكل من التفاعلات التالية :

أ) $NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow AgCl_{(s)} + NaNO_{3(aq)}$

ب) $Sr_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow Sr(OH)_{2(aq)} + H_{2(g)}$

ج) $H_2SO_{4(aq)} + 2KOH_{(aq)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} + K_2SO_{4(aq)}$

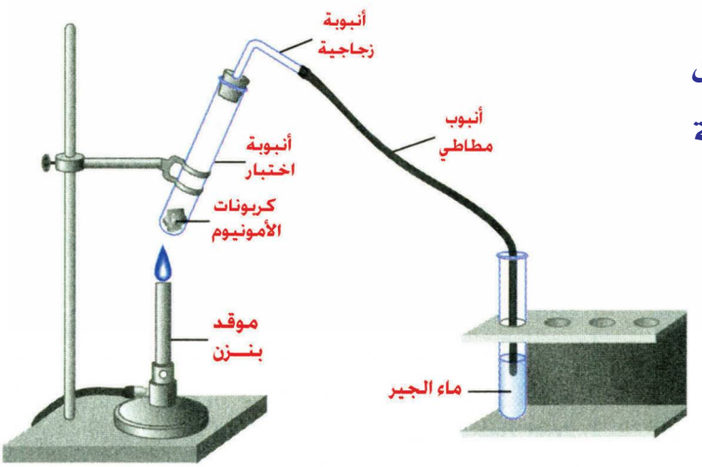
٣- اكتب المعادلات الأيونية النهائية الموزونة علمًا بأن الناتج الموجود بصورة جزيئية أو راسب هو في (أ): H_2O وفي (ب): CdS وفي (ج) : $Fe(OH)_3$.

أ) $H_2C_2O_4 + KOH \longrightarrow$

ب) $CdBr_2 + Na_2S \longrightarrow$

ج) $NaOH + FeCl_3 \longrightarrow$

٤- انظر الى مخطط التفاعل المجاور، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :



أ) عند تسخين كربونات الأمونيوم قليلاً ينتج الماء والأمونيا وغاز ثاني أكسيد الكربون. ما نوع التفاعل الحادث؟

ب) اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل مبينا حالة المواد المتفاعلة والناتجة .

ج) ماذا يحدث عند إمرار غاز ثاني أكسيد الكربون في ماء الجير (محلول هيدروكسيد الكالسيوم) ؟ اكتب المعادلة الأيونية النهائية للتفاعل.

ch11f5 (92-117)-NEW 10/14/15 12:40 AM Page 117

٥- تستخدم مادة بيكربونات الصوديوم كمادة مضادة للحموضة حيث تتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك في المعدة كما يلي:

$$NaHCO_{3(aq)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

كما يستخدم حليب الماغنيسيا (محلول معلق من هيدروكسيد الماغنيسيوم) كمادة مضادة للحموضة أيضا عند تفاعله مع حمض الهيدروكلوريك وفق المعادلة :

$$Mg(OH)_{2(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow MgCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

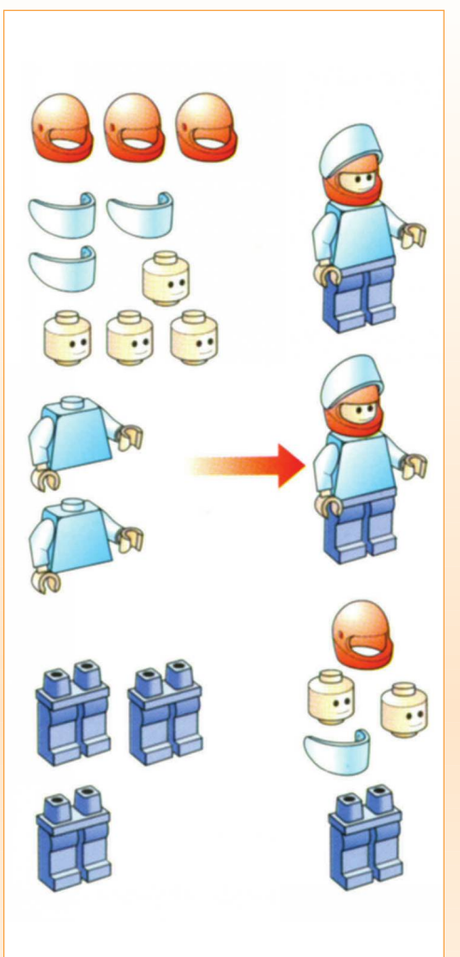
فأي هاتين المادتين أكثر فعالية في مقاومة الحموضة ؟ وضِّح ذلك باستخدام غرام واحد من كل منهما.

ch11f6 (118-139)-new 10/14/15 12:43 AM Page 118

الفصل الثامن

المادة المحددة للتفاعل الكيميائي والمعايرة

Limiting reagent for Chemical reaction & titration



مقدمة الفصل

لحسابات كتل المواد الناتجة والمتفاعلة ومعرفة المواد التي تحدد كمية النواتج أو ما يسمى بالمادة المحددة في التفاعلات الكيميائية أهمية كبيرة في الأنشطة الحيوية والصناعية، حيث يستخدمها الكيميائيون في المصانع لتحديد الكميات المناسبة للحصول على كميات محددة من النواتج المهمة كالصابون والعطور والأدوية والأسمدة وغيرها.

الموضوعات الرئيسية

حسابات المادة المحددة للتفاعل

حسابات المادة الفائضة

المعايرة وحسابات التعادل

مصطلحات علمية جديدة

١- التحليل الكمي ——— 1- *Quantitative Analysis*

٢- التحليل الكيفي ——— 2- *Qualitative Analysis*

٣- المادة المحددة ——— 3- *limiting reagent*

٤- المردود النظري ——— 4- *Theoritical yield*

٥- المردود الحقيقي ——— 5- *Actual yield*

٦- نقطة النهاية ——— 6- *End point*

٧- نقطة التكافؤ ——— 7- *Equivalent point*

عناوين الاستكشافات

الاستكشاف (١): ما حجم الغاز؟

الاستكشاف (٢): الناتج النظري والناتج الفعلي

الاستكشاف (٣): منحنى المعايرة

ch11f6 (118-139)-new 10/14/15 12:43 AM Page 120

٨-١ التحليل الكيفي والكمي *Qualitative & Quantitative Analysis*

لابد أنك تستعمل مواد غذائية معلبة ولديك في المنزل عددا منها،كما يوجد لديك علب ألبان وقوارير مياه.اجمع بعض هذه العلب وأمعن النظر في الملصقات الموجودة عليها وأجب عن الأسئلة التالية:

– ما أسماء المواد الغذائية على كل علبة ؟

– ما النسبة المئوية لكل من المواد المكونة لكل مادة غذائية ؟

– كيف تتم معرفة هذه المواد وتحديد كمياتها أو نسبتها المئوية ؟

إن معرفة أنواع المواد (عناصر أو مركبات) المكونة لأي مادة تتم من خلال إجراء عمليات كيميائية تسمى «التحليل الكيميائي» الذي يشمل التحليل الكيفي والتحليل الكمي.

التحليل الكيفي : يكشف عن وجود مادة أو عنصر أو أيونات عنصر في عينة ما،كأن نجري تحليلاً للبحث عن وجود أيونات النحاس Cu^{2+} في العينة.

أما التحليل الكمي فيجرى لتحديد كمية مادة ما (مركب أو عنصر أو أيون) في العينة،كأن نقول مثلا إن خام الفضة يحتوي على 42 % من وزنه فضة،وهذه العمليات تتطلب الجمع بين المفاهيم العلمية والخبرة العملية والأدوات الدقيقة.

ch11f6 (118-139)-new 10/14/15 12:43 AM Page 121

تنفيذ الدرس العملي رقم (٨) : تحليل مسحوق الخبز (بيكنج باودر)

هنالك استراتيجيات مختلفة تستخدم في التحليل الكمي فإذا كانت المادة المراد تحليلها موجودة في حالة المحلول فيمكن قياس كميتها عن طريق ترسيبها بتفاعلها مع مادة أخرى،وفي هذه الحالة يجب التأكد أن المادة المراد تحليلها قد تفاعلت كليا ولم يبق منها أي شيء في المحلول،ولكي يتم ذلك يجب إضافة كميات كافية من المواد المتفاعلة الأخرى إلى المحلول الذي يحتوي على المادة المراد قياس كميتها، وفي هذه الحالة فإن التفاعل سوف يستمر حتى يتم تفاعل (استهلاك) المادة المراد قياسها كليًّا، وتكون كمية المادة المستهلكة كليًّا قبل انتهاء المواد الأخرى هي العامل المحدد للتفاعل، وتسمى المادة المحددة (limiting reagent)وتسمى المواد الأخرى بالمواد الزائدة أوالفائضة (excess reagents) . فكيف يمكن تحديد المادة المحددة للتفاعل وحساب كميتها وكميات المواد الفائضة بوحدات المول أو الوحدات الكتلية .

استكشاف ١

ما حجم الغاز؟

الهدف : تحديد المادة المحددة في التفاعل.

المواد والأدوات : (20 *g*) بيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$ صلبة، 300 *mL* من محلول الخل (حمض الخليك CH_3COOH بتركيز مئوي وزني 5 %)، أكياس بلاستيكية ذاتية الغلق سعة (500 *mL*) عدد (3)، مخبار مدرج،ميزان.

الإجراءات : ١–ضع (0.6 *g*) من بيكربونات الصوديوم في الزاوية السفلية لأحد الأكياس البلاستيكية واكتب عليه رقم (1) ، اثن هذه الزاوية والصقها بشريط لاصق بحيث لا يسمح للمادة الموجودة في هذه الزاوية بالامتزاج بمواد أخرى تضاف للكيس .

ch11f6 (118-139)-new 10/14/15 12:43 AM Page 122

٢- اسكب بعناية 3 mL من محلول الخل في الزاوية السفلية الثانية للكيس، وقم بتفريغ الهواء من الكيس ما أمكن ثم اغلق الكيس.

٣- انزع الشريط اللاصق وحرك محتويات الكيس البلاستيكي لكي يحدث تفاعل بين المواد الموجودة في الكيس، واترك التفاعل يستمر حتى يتوقف تصاعد فقاعات الغاز .ضع هذا الكيس جانبًا وحافظ عليه مغلقًا.

٤- كرر الخطوات ١، ٢ ، ٣ باستخدام كيس بلاستيكي آخر - اكتب عليه رقم (2) والكمية نفسها من بيكربونات الصوديوم و 6 mL من محلول الخل .

٥- كرر الخطوات ١ ، ٢ ،٣ باستخدام الكيس البلاستيكي الثالث - اكتب عليه رقم (3) ، والكمية نفسها من بيكربونات الصوديوم و 12 mL من محلول الخل .

التحليل والتفسير :

١- سجل الحجوم النسبية للغازات الموجودة في الأكياس الثلاثة . هل هنالك دليل يشير إلى المادة المتفاعلة التي حددت كمية الغاز الناتج ؟

٢- هل هنالك دليل على أن بعضًا من بيكربونات الصوديوم لم يتفاعل في أحد الأكياس الثلاثة ؟

٣- افتح الأكياس الثلاثة وأضف إلى كل منها 1.5 mL من محلول الخل، هل لاحظت أن النقص في محلول الخل حد من تكون غاز ثاني أكسيد الكربون في بعض الأكياس ؟ سجل رقم هذا الكيس .

٤- أضف (0.6 g) من بيكربونات الصوديوم إلى كل من الأكياس الثلاثة ، هل لاحظت أن النقص في مادة بيكربونات الصوديوم حد من تكون غاز ثاني أكسيد الكربون في بعض الأكياس ؟ سجل رقمه .

٥- ما المادة المحددة للناتج في كل من الأكياس الثلاثة ؟ وما المادة الفائضة عن التفاعل في كل منها ؟

ch11f6 (118-139)-new 10/14/15 12:43 AM Page 123

تنفيذ الدرس العملي رقم (٩) : المادة المحددة للتفاعل

٨-٢ حسابات المادة المحددة *Limiting reagent calculations*

لعلك لاحظت أن الحسابات السابقة قد اعتمدت على وجود كتلة معلومة من المواد المتفاعلة أو الناتجة،مع وجود كتلة وافرة من المواد الأخرى تكفي لاستهلاك جميع المادة المعلومة،ولكن عند إجراء التفاعلات الكيميائية بين مادتين أو أكثر فإنه يتم خلط هذه المواد بنسب قد تختلف عن النسب التي تحددها المعادلة الموزونة، فقد توجد مواد بمقدار أكثر مما يلزم للتفاعل، فكيف يمكن حساب كميات المواد اللازمة للتفاعل؟ وكيف يمكن حساب كميات المواد الناتجة؟ لمعرفة ذلك أدرس المثال التالي:

مثال :

يتفاعل حمض الساليسيليك مع أندريد حمض الأسيتيك لإنتاج الأسبرين aspirin كما في المعادلة التالية:

$$2C_7H_6O_{3(aq)} + C_4H_6O_{3(aq)} \longrightarrow 2C_9H_8O_{4(s)} + H_2O_{(l)}$$

حمض الساليسيليك — أندريد حمض الأسيتيك — أسبرين — ماء

فإذا تم مزج (40g) من كل من المواد المتفاعلة فأي منها سيكون المادة المحددة للتفاعل ؟ وماكتلة الأسبرين الناتج؟

الحل :

١- نحول الكتلة بالغرامات إلى عدد مولات الكتلة المولية لكل من :

$$\text{حمض الساليسيليك} = 16 \times 3 + 1 \times 6 + 12 \times 7 = 138\ \text{g/mol.}$$

$$\text{أندريد حمض الأسيتيك} = 16 \times 3 + 1 \times 6 + 12 \times 4 = 102\ \text{g/mol.}$$

ch11f6 (118-139)-new 10/14/15 12:43 AM Page 124

وعدد مولات كل من :

حمض الساليسيليك = 40 ÷ 138 = 0.29 mol.

أندريد حمض الأسيتيك = 40 ÷ 102 = 0.39 mol.

٢- نقارن نسبة عدد المولات الموجودة في التفاعل

حمض الساليسيليك : أندريد حمض الأسيتيك

0.29 mol : 0.39 mol

ثم نجعل نسبة أندريد حمض الأسيتيك تساوي (1) كما في معادلة التفاعل وذلك بقسمة النسبتين على 0.39 فتصبح النسبة بين الحمضين :

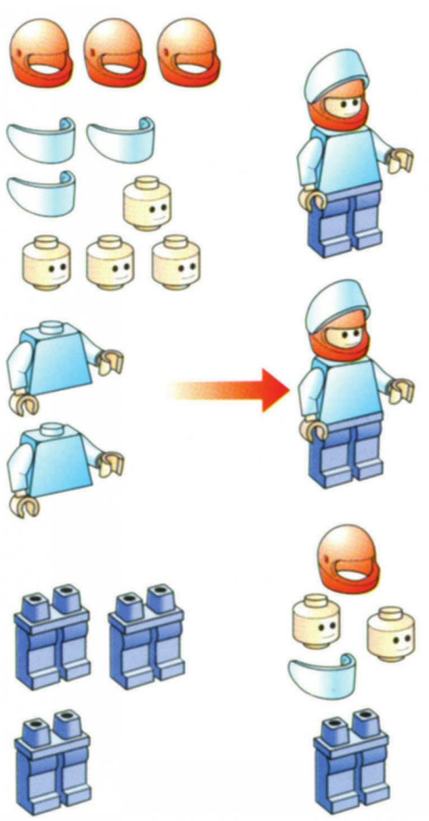
0.744 mol : 1 mol

ولكن نسبة عدد المولات بين الحمضين في المعادلة هي :

2 mol : 1 mol

وبما أن نسبة عدد مولات حمض الساليسيليك **أقل** مما هو موجود في المعادلة، فإن حمض الساليسيليك سيكون هو **المادة المحددة** بينما سيكون أندريد حمض الأسيتيك هو **المادة الفائضة**.

إن معرفة المادة المحددة مهمة جدًا حيث إن حساب كميات نواتج التفاعل يعتمد على كمية المادة المحددة، وهذا يشبه تركيب جسم ما من عدة قطع، الشكل (٨-١).



الشكل (٨-١) : قطع منفصلة لجسم

ch11f6 (118-139)-new 10/14/15 12:43 AM Page 125

٣–نحسب عدد مولات الأسبرين الناتج بالاستفادة من المعادلة الموزونة وعدد مولات المادة المحددة

أسبرين : حمض ساليسيليك

2 mol : 2 mol

? : 0.29 mol

عدد مولات الأسبرين الناتج = 0.29 mol

الكتلة المولية للأسبرين = $4 \times 16 + 1 \times 8 + 12 \times 9 = 180\ g/mol.$

كتلة الأسبرين الناتج = $180 \times 0.29 = 52.2\ g$

اختبر فهمك (١)

أضيف (50g) من الماء إلى (50g) من كربيد الكالسيوم لإنتاج الأسيتيلين حسب المعادلة التالية :

$$CaC_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow Ca(OH)_{2(aq)} + C_2H_{2(g)}$$

١– ما المادة المحددة للتفاعل ؟ وما المادة الفائضة؟

٢– احسب كتلة الأسيتيلين الناتج .

٣– احسب كتلة المادة الفائضة.

٣–٨ المردود النظري والفعلي والمئوي للتفاعل

Theoritical , Actual and percent yields of reaction

لكي نفهم ما يحدث في تفاعل كيميائي، فإننا نكتب معادلة هذا التفاعل ثم نقوم بوزن هذه المعادلة تحقيقا لقانون حفظ الكتلة، حيث نعرف من وزن المعادلة ماذا نحتاج من المواد المتفاعلة وماذا يتكون من المواد الناتجة. وكلمة المردود في الكيمياء تحمل المعنى ذاته الذي تحمله في حقول المعرفة الأخرى، وهو الكمية الناتجة من التفاعل.

ch11f6 (118-139)-new 10/14/15 12:43 AM Page 126

ويستخدم الكيميائيون المولات أو الذرات أو الجزيئات للتعبير عن كميات المواد في التفاعل، فمثلاً عند تفاعل النحاس مع حمض النيتريك المخفف لإنتاج نترات النحاس (II) وثاني أكسيد النيتروجين والماء ،كما في المعادلة التالية :

$$Cu_{(s)} + 4HNO_{3(aq)} \longrightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2NO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

إذا بدأ التفاعل بكمية من النحاس مقدارها (1.27 g) مع كمية وافرة من محلول حمض النيتريك المخفف فإنه يمكن حساب كتلة نترات النحاس (II) التي يتوقع الحصول عليها كما يلي:

عدد مولات النحاس = 1.27 ÷ 63.5 = 0.02 mol.

وحسب وزن المعادلة فإن نسبة عدد المولات هي:

نترات النحاس (II)	:	النحاس
1	:	1

وعليه فإن عدد مولات نترات النحاس التي يتوقع الحصول عليها يساوي 0.02 mol.

كتلة نترات النحاس التي يتوقع الحصول عليها = 187.5 × 0.02 = 3.75 g

وتمثل هذه الكمية أكبر كمية يمكن الحصول عليها من هذا التفاعل، وذلك إذا تفاعلت جميع كتلة النحاس المستخدمة في التفاعل فإن كمية المادة الناتجة تسمى **المردود النظري** (Theoretical yield) .

ولكن ما حدث في التفاعل هو أن كتلة نترات النحاس (II) المتكونة كانت 1.5 g وتسمى هذه الكمية **بالمردود الفعلي**(Actual yield)، ولكن لماذا يختلف المردود الفعلي للتفاعل عن المردود النظري؟ إن كثيرًا من التفاعلات الكيميائية لا يصل إلى نهايته بالرغم من استمرار التفاعل، وذلك لعدة أسباب منها احتمال وجود شوائب في المواد المتفاعلة كلها أو بعضها، وقد تنتج بعض التفاعلات نواتج جانبية مصاحبة (Byproducts) وبعض هذه التفاعلات تسير في اتجاهين متعاكسين (تصل إلى حالة اتزان)، إضافة إلى بعض الأخطاء التجريبية كنقل المواد والترشيح أو عدم تنفيذ إجراءات التجربة بدقة.

ch11f6 (118-139)-new 10/14/15 12:43 AM Page 127

ولأن المردود الفعلي أقل من المردود النظري فقد اعتاد الكيميائيون على التعبير عن التفاعل بالمردود المئوي (percent yield) كما يلي:

$$\text{المردود المئوي} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\ \%$$

وعليه فإن المردود المئوي لنترات النحاس (II) في التفاعل السابق هو :

$$\text{المردود المئوي} = (1.5 \div 3.75) \times 100\ \% = 40\ \%$$

ويعتبر مردود التفاعل مقبولا إذا زاد عن 70 % وممتازًا إذا وصل إلى 90 % .

اختبر فهمك (٢)

١- يتفاعل الهيدروجين مع غاز أول أكسيد الكربون لإنتاج الميثانول صناعيًّا حسب المعادلة:

$$CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \longrightarrow CH_3OH_{(g)}$$

فإذا تفاعل (200 g) من الهيدروجين مع كمية وافرة من أول أكسيد الكربون ونتج (1000 g) من الميثانول فاحسب كلاً من المردود النظري والمئوي للميثانول؟

٢- عند تسخين مسحوق الخارصين يتفاعل بشدة مع الكبريت مكونًا كبريتيد الخارصين كما في المعادلة

$$8Zn_{(s)} + S_{8(s)} \longrightarrow 8ZnS_{(s)}$$

أ) احسب كمية الكبريت اللازمة للتفاعل مع (25 g) من الخارصين.

ب) احسب المردود الفعلي للتفاعل إذا كان المردود المئوي له 80 % .

ch11f6 (118-139)-new 10/14/15 12:43 AM Page 128

استكشاف ٢

المردود النظري والفعلي للتفاعل

الهدف : قياس كتل المواد قبْل وبعد التفاعل وحساب المردود المئوي للتفاعل واستقصاء عدم وصوله إلى 100 % .

المواد والأدوات : دورق مخروطي 500 mL ،كربونات الكالسيوم 3.5 g ، محلول حمض الهيدروكلوريك 3M (15 mL) ، زجاجة ساعة ، ميزان، عصا تحريك .

أسئلة قبلية : اكتب إجاباتك بدقة على ورقة منفصلة موضحا جميع خطوات حساباتك. تأكد من عمل الحسابات قبل التجربة وإعادتها إذا لم تكن دقيقة وسهلة القراءة.

١– اكتب معادلة تفاعل كربونات الكالسيوم وحمض الهيدروكلوريك.

٢– احسب الكتلة المولية لكل من المواد المتفاعلة والناتجة ؟

٣– ما أكثر النسب المولية أهمية في هذه التجربة ؟

٤–ما عدد مولات كربونات الكالسيوم في 3.5 g منها ؟

٥–إذا كان (15 mL) من محلول حمض الهيدروكلوريك 3M يعبر عن 0.09 mol فأي المواد تكون فائضة ؟ وأيها يكون المادة المحددة؟ وكم مقدار المادة الفائضة بالمولات ؟

٦– اعتمادا على إجابتك عن السؤال السابق، ما عدد مولات ثاني أكسيد الكربون التي تتوقع أن تنتج من التفاعل ؟ وما كتلتها بالغرام ؟

٧– بفرض أن مقدار النقص في الكتلة كان 0.25 g (بمعنى أن 0.25 g من ثاني أكسيد الكربون قد تسربت) فما النسبة المئوية للناتج ؟

ch11f6 (118-139)-new 10/14/15 12:43 AM Page 129

الإجراءات:

١- نظف الدورق المخروطي وزنه بدقة وسجل كتلته .

٢- زن $3.5\ g$ من كربونات الكالسيوم وضعها في الدورق المخروطي .

٣- أضف $15\ mL$ محلول حمض الهيدروكلوريك إلى الدورق. إحرص على عدم تناثر الحمض من الدورق،وزنه ثانية وسجل الكتلة الجديدة للدورق ومحتوياته،ثم احسب كتلة المواد المتفاعلة.

٤- حرك المزيج من وقت لآخر لمدة 10 دقائق على الأقل حتى تلاحظ عدم خروج المزيد من الفقاقيع،وزن الدورق ومحتوياته بعد تمام التفاعل.

٥- احسب الناتج الفعلي لغاز ثاني أكسيد الكربون.

التحليل والتفسير:

١- احسب المردود المئوي للتفاعل حسب الفرضية التي سبقت التجربة وبعد إجراء التجربة.

٢- ما الأخطاء المتوقعة التي تقلل من المردود المئوي ، وكيف يمكن تحسين هذا الناتج .

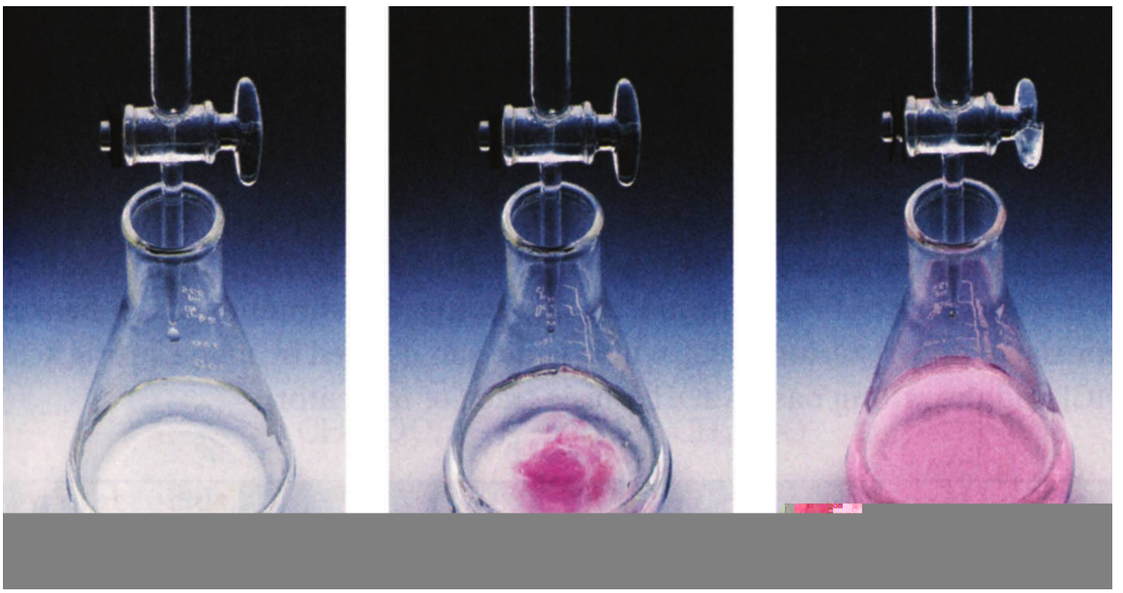
٨-٤ منحنيات وحسابات المعايرة للأحماض والقواعد

Acid-Base Titration Curves & Calculations

عرفت أن الأحماض تتميز بأنها تطلق أيونات الهيدروجين الموجبة (H^+) في محاليلها المائية، وأن القواعد تطلق أيونات الهيدروكسيل (OH^-) في محاليلها المائية أيضًا، ووجود هذه الأيونات هو المسؤول عن اكتساب كل من الحمض والقاعدة الصفات التي يتصف بها. وتعرف تفاعلات الأحماض والقواعد بتفاعلات التعادل (neutralization) شكل (٨-٢) حيث يتكون الماء كما يلي:

$$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$$

ch11f6 (118-139)-new 10/14/15 12:43 AM Page 130



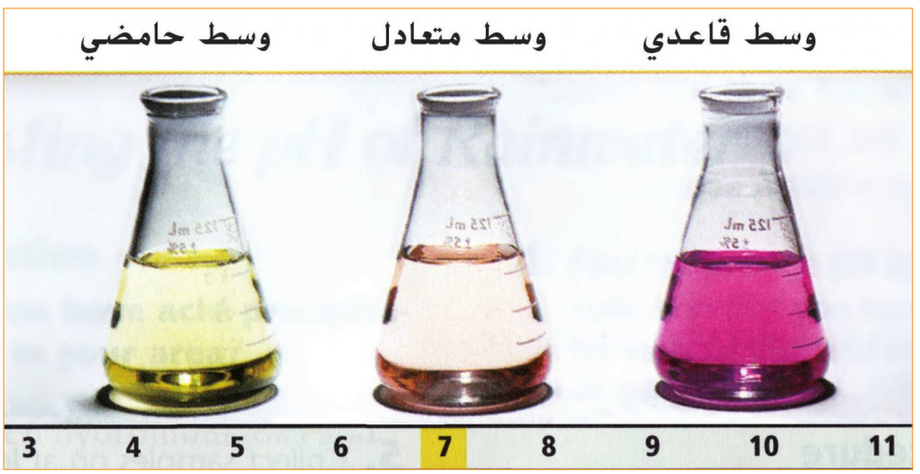
الشكل (٨-٢) : تعادل حمض وقاعدة

إن مصطلح المعايرة في الكيمياء يعني تعيين التركيز الجزيئي (المولاري) لحمض أو لقاعدة ، وذلك بإجراء تفاعل بين حجم معلوم من محلول مجهول التركيز (حمض مثلا) وحجم معلوم من محلول آخر معلوم التركيز (قاعدة مثلا) إلى النقطة التي يتساوى فيها عدد مولات الحمض بعدد مولات القاعدة (الكميات متكافئة) فإننا نصل إلى ما يسمى التكافؤ (Equivalence) ، وتسمى هذه النقطة **بنقطة التكافؤ (Equivalence point)** وعند مفاعلة حمض أحادي البروتون مع قاعدة أحادية الهيدروكسيل، فإذا كان كل من الحمض والقاعدة قويا فإن نقطة التكافؤ تحدث عند درجة حموضة (Hp =7) وعندها تسمى أيضا **نقطة التعادل (Neutralization point)** ولمعرفة هذه النقطة تستخدم مواد كيميائية تسمى **الكواشف أو الأدلة (Indicators)** فما هذه المواد وكيف تعمل؟

الكاشف (الدليل) هو عبارة عن حمض أو قاعدة ضعيفة أي أنها تتفكك جزئيا في المحلول (يتأين جزء ضئيل من جزيئاتها)، ويختلف لون الجزء المتأين عن الجزء غير المتأين من الدليل، وقد عرفت عند دراستك للعلوم في الصفوف السابقة بعض هذه الأدلة مثل تباع الشمس والفينول الأحمر.

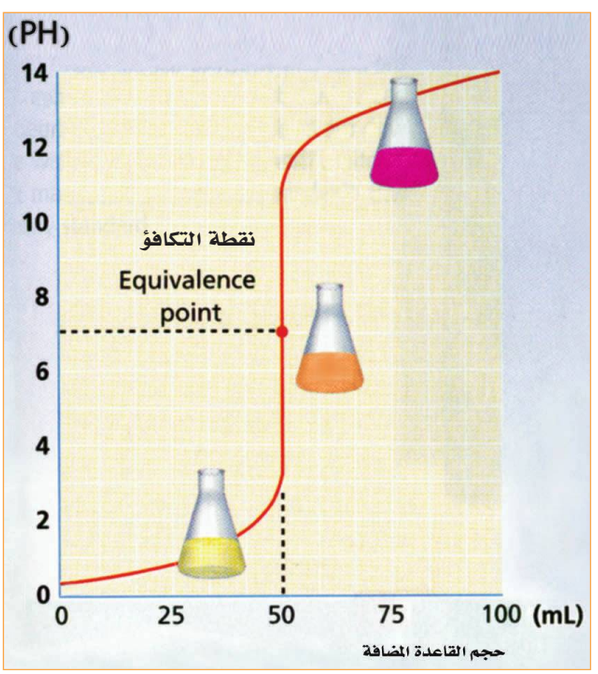
إن الفينول الأحمر حمض ضعيف وهو عبارة عن مركب كيميائي معقد التركيب ولكن يرمز له برمز بسيط هو HIn، حيث H هو الشق الحمضي فيه و In هو بقية الجزيء. ويمكن التعبير عن معادلة تأينه في الماء بالمعادلة :

$$\underset{\text{أصفر}}{HIn_{(s)}} \rightleftharpoons H^{+}_{(aq)} + \underset{\text{أحمر}}{In^{-}_{(aq)}}$$



الشكل (٨-٣) : تغير لون الدليل

إن لون الجزء المتأين من الدليل في محلوله المائي أحمر بينما لون الجزء غير المتأين من الدليل أصفر، فماذا يحدث إذا وضع هذا الدليل في محلول فيه زيادةمن أيونات الهيدروجين؟ إن وجود هذه الزيادة من أيونات الهيدروجين سوف يجعل تركيز الجزء غير المتأين من الدليل يزداد وبذلك يظهر الدليل باللون الأصفر،وعند وضعه في محلول قاعدي (فيه زيادة من أيونات الهيدروكسيل) يدفع التفاعل نحو زيادة تركيز الجزء المتأين من الدليل فيظهر باللون الأحمر، الشكل (٨-٣). وتستخدم الأدلة لمعرفة النقطة التي ينتهي عندها التفاعل بين الحمض والقاعدة، وتعرف هذه النقطة **بنقطة النهاية (End Point)** للكاشف وهي النقطة التي يتغير عندها لون الدليل وهي قريبة جدًا من نقطة التكافؤ، الشكل (٨-٤).



الشكل (٨-٤) : منحنى معايرة حمض قوي وقاعدة قوية

ch11f6 (118-139)-new 10/14/15 12:43 AM Page 132

ولكن هل يصلح استخدام أي دليل في أي عملية معايرة ؟ إن لكل دليل مدى من الرقم الهيدروجيني pH يتغير عنده لون الدليل ، ويعرف هذا المدى بقيم الرقم الهيدروجيني التي يحدث عندها التغير التدريجي في لون الدليل، وإليك بعض الأدلة المستخدمة في تفاعلات المعايرة ومدى كل منها مبينة في الجدول (٨–١):

الدليل	طبيعته	لون الدليل عند pH أقل من مداه	مدى pH للدليل	لون الدليل عند pH أكبر من مداه
البروموثايمول الأزرق Bromothymol blue	حمض ضعيف	أصفر	6 - 7.6	أزرق
الميثيل البرتقالي Methyle orange	قاعدة ضعيفة	أحمر	3.1 - 4.4	أصفر
فينولفثالين Phenolphthalein	حمض ضعيف	عديم اللون	8 - 9.8	زهري (وردي)
الفينول الأحمر Phenol red	حمض ضعيف	أصفر	6.4 - 8.2	أحمر

الجدول (٨–١) : أدلة الحموض والقواعد وطبيعتها ومداها وألوانها

اختبر فهمك (٣)

عند معايرة حمض قوي بقاعدة قوية فإن نقطة التكافؤ تكون عندما يصبح الرقم الهيدروجيني للمحلول(pH) يساوي (7) فأي الأدلة الموجودة في الجدول السابق يصلح للتعرف على نقطة التكافؤ ؟ فسر إجابتك .

معلومات تهمك

يستخدم دليل تباع الشمس في معرفة حموضة وقاعدية المحاليل فقط ، ولكنه لا يستخدم في عمليات المعايرة وذلك لصعوبة تحديد نقطة التكافؤ بدقة بواسطته .

ch11f6 (118-139)-new 10/14/15 12:43 AM Page 133

استكشاف ٣

منحنى المعايرة

الهدف: رسم منحنى معايرة حمض قوي مع قاعدة قوية.

الإجراءات: افترض أنك أجريت تجربة بحيث تتم فيها إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH تركيزه 0.1 M تدريجيًّا (1 mL في كل مرة) إلى دورق مخروطي يحتوي على 10 mL من محلول حمض هيدروكلوريك HCl تركيزه 0.1 M .

١–احسب الرقم الهيدروجيني pH لمحلول HCl في الدورق قبل إضافة محلول NaOH كما يلي :

$$[H^+] = [HCl] = 0.1\ M$$

$$pH = -\log [H^+] = -\log\ 0.1 = 1$$

٢– احسب الرقم الهيدروجيني pH للمحلول الموجود في الدورق بعد إضافة 1mL من محلول NaOH للدورق كما يلي :

أ) عدد مولات NaOH المضافة = التركيز × الحجم باللتر

عدد مولات NaOH المضافة $= 1 \times 10^{-3} \times 0.1 = 1 \times 10^{-4}$ mol.

عدد مولات HCl الكلية $= 10 \times 10^{-3} \times 0.1 = 1 \times 10^{-3}$ mol.

عدد مولات NaOH المتفاعلة = عدد مولات HCl المتفاعلة

عدد مولات HCl المتبقية = عدد المولات الكلية – عدد المولات المتفاعلة

عدد مولات HCl المتبقية $= 1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-4} = 9 \times 10^{-4}$ mol.

ch11f6 (118-139)-new 10/14/15 12:43 AM Page 134

ب) حجم المحلول الكلي بعد إضافة محلول الحمض = $(1+10) \times 10^{-3}$ L $= 11 \times 10^{-3}$ L

ج) تركيز محلول HCl الجديد = عدد المولات ÷ حجم المحلول

$[H^+]$ = تركيز محلول HCl الجديد = $(9 \times 10^{-4}) \div (11 \times 10^{-3}) = 0.082$ M

$$pH = -\log [H^+] = -\log \ 0.082 = 1.09$$

٣- احسب الرقم الهيدروجيني *pH* للمحلول الموجود في الدورق بعد إضافة 20 mL، 14، 10، 8، 4، من محلول NaOH للدورق.

٤- اكتب النتائج التي حسبتها في الجدول (٨-٢) :

حجم NaOH المضاف (mL)	عدد مولات NaOH المضافة	عدد مولات HCl الموجود	الحجم الكلي للمحلول (mL)	$[H^+]$	*pH*
0	0	1×10^{-3}	10×10^{-3}	0.1	1
1×10^{-3}	1×10^{-4}	9×10^{-4}	11×10^{-3}	0.082	1.09
4×10^{-3}					
8×10^{-3}					
10×10^{-3}				10^{-7}	7

حجم NaOH المضاف (mL)	عدد مولات NaOH المضافة	عدد مولات NaOH غير المتفاعلة	الحجم الكلي للمحلول (mL)	$[H^+]$	*pH*
11×10^{-3}	1.1×10^{-3}	1×10^{-4}	21×10^{-3}	2.1×10^{-12}	11.68
14×10^{-3}					
20×10^{-3}					

الجدول (٨-٢): حسابات المعايرة

ch11f6 (118-139)-new 10/14/15 12:43 AM Page 135

٥– ارسم العلاقة البيانية لهذه النتائج بأخذ حجم NaOH المضاف على المحور السيني (الأفقي) وقيمة *pH* على المحور الصادي (العمودي).

التحليل والتفسير :

١–من الرسم البياني أوجد قيمة *pH* عندما يتساوى حجم محلول NaOH المضاف مع حجم HCl الموجود في الدورق.

٢–ما التركيز المتوقع لكل من أيونات H^+ ، OH^- في المحلول السابق؟وماذا تسمي النقطة التي يصل إليها المحلول عند هذه التراكيز ؟

٣–ما شكل الرسم البياني بين حجم HCl وقيمة *pH* إذا أضفت محلول HCl تدريجيا إلى محلول NaOH ؟

تنفيذ الدرس العملي رقم (١٠) : معايرة الأحماض والقواعد

لحساب تركيز محلول مجهول التركيز في عملية المعايرة اتبع الخطوات التالية :

١– اكتب معادلة التفاعل الكيميائي .

٢– استخرج البيانات اللازمة من السؤال .

٣– احسب عدد مولات المادة معلومة الحجم والتركيز من العلاقة :

عدد المولات = حجم المحلول باللتر × التركيز المولاري

٤– من معادلة التفاعل الموزونة استخرج النسبة بين عدد مولات المادة معلومة التركيز والمادة مجهولة التركيز .

٥– احسب عدد مولات المادة مجهولة التركيز .

٦– احسب تركيز المادة المطلوبة من العلاقة في الخطوة (٣).

ch11f6 (118-139)-new 10/14/15 12:43 AM Page 136

مثال :

تعادل 30 mL من محلول KOH تركيزه 0.1 M مع 25 mL من محلول HCl مجهول التركيز، احسب تركيز هذا المحلول .

الحل :

١– معادلة التفاعل :

$$KOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow KCl_{(aq)} + H_2O_{(aq)}$$

٢– البيانات :

حجم محلول KOH = 30 mL ، تركيزه = 0.1 M

حجم محلول HCl = 25 mL ، تركيزه = ?

٣– عدد مولات KOH = $30 \times 0.1 = 3 \times 10^{-3}$ mol.

٤– عدد مولات KOH : عدد مولات HCl

1 mol : 1 mol

٥– عدد مولات HCl = 3×10^{-3} mol.

٦– تركيز محلول HCl = عدد مولات HCl ÷ حجم محلول HCl باللتر

تركيز محلول HCl = $3 \times 10^{-3} \div 25 \times 10^{-3} = 0.12$ M

اختبر فهمك (٤)

١– احسب تركيز محلول حمض الكبريتيك (H_2SO_4) إذا تعادل 20 mL منه مع 50 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) الذي تركيزه 0.2 M .

٢– تعادل 25 mL من محلول $Ba(OH)_2$ تركيزه 0.05 M مع 40 mL من محلول HNO_3 . احسب تركيز حمض النيتريك .

ch11f6 (118-139)-new 10/14/15 12:43 AM Page 137

أسئلة الفصل

١- ما المقصود بكل من : المادة المحددة ، المادة الفائضة؟

٢- ما الفرق بين المردود الحقيقي والمردود النظري؟ أيهما أكبر في التفاعل ؟ كيف تستخدمهما لتحديد المردود المئوي؟

٣- زن المعادلة التالية :

$$C_2H_5OH_{(l)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$$

أ) وضح العلاقة بين أعداد الجزيئات وأعداد المولات في المعادلة.

ب) بين أن المعادلة الموزونة تحقق قانون بقاء الكتلة.

٤- يحترق الميثان بوجود الأكسجين مكونًا ثاني أكسيد الكربون والماء كما تبين المعادلة التالية :

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

فإذا تم حرق (0.25 mol) من غاز الميثان في وعاء معدني مغلق بوجود (1.25 mol) من الأكسجين.

أ) ما المادة المحددة في التفاعل ؟

ب) احسب كمية المادة الفائضة .

٥- تعتبر الصخور الفوسفاتية المصدر الرئيس للأسمدة الفوسفاتية،والتي يتم الحصول عليها بإضافة حمض الكبريتيك المركز إلى هذه الصخور فتنتج مادة السوبر فوسفات والماء كما في المعادلة :

$$3H_2SO_{4(l)} + Ca_3(PO_4)_2Ca(OH)_{2(s)} \longrightarrow Ca(H_2PO_4)_{2(aq)} + 3CaSO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

صخور الفوسفات — سماد السوبر فوسفات

أ) احسب كمية حمض الكبريتيك بوحدات المول (Mole) والطن (Ton) التي تلزم لتحويل (125 Ton) من الصخور الفوسفاتية إلى سوبرفوسفات.

ب) احسب كمية كل من كبريتات الكالسيوم وفوسفات الكالسيوم ثنائية الهيدروجين الناتجة من التفاعل .

٦- احسب كتلة الكلور الناتجة من تفكك (64 g) من كلوريد الذهب وفق التفاعل التالي:

$$2AuCl_{3(s)} \longrightarrow 2Au_{(s)} + 3Cl_{2(g)}$$

٧- احسب كتلة الأكسجين اللازمة لاحتراق (10 g) من البروبان (C_3H_8) احتراقًا تامًا .

٨-إذا تفاعل (2.57g) من كلوريد الصوديوم في محلولها مع كمية وافرة من محلول نترات الرصاص (II):

أ) احسب كتلة كلوريد الرصاص (II) التي يمكن أن تترسب .

ب) احسب المردود المئوي للتفاعل إذا ترسب فعلاً 5 g من كلوريد الرصاص II .

٩- احسب كتلة الهيدروجين الناتج عند مفاعلة (2.73 g) من الألومنيوم مع كمية وافرة من محلول حمض الكبريتيك .

١٠- وضع طالب مسمارًا من الحديد كتلته (2.32g) في محلول كبريتات نحاس فذاب المسمار كليًّا مخلفا (2.51g) من النحاس فإذا علمت أن معادلة التفاعل :

$$Fe_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \longrightarrow Cu_{(s)} + FeSO_{4(aq)}$$

أ) احسب المردود المتوقع من النحاس .

ب) احسب النسبة المئوية لناتج التفاعل .

١١- في التفاعل التالي :

$$2Al_{(s)} + 3I_{2(g)} \longrightarrow 2AlI_{3(s)}$$

*** عين المادة المحددة للتفاعل ثم احسب المردود النظري لناتج التفاعل في كل من الحالات التالية :**

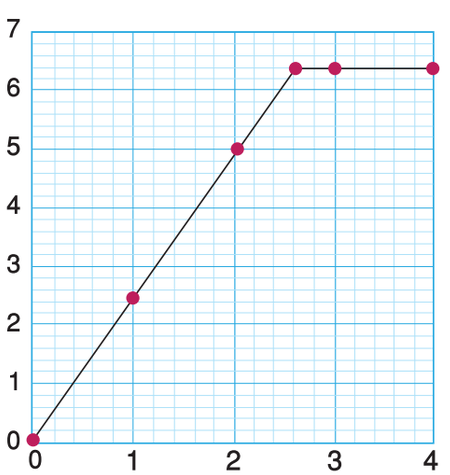
أ) عند مزج 1.2 mol من الألومنيوم مع 2.4 mol من اليود .

ب) عند مزج 1.2 g من الألومنيوم مع 2.4 g من اليود .

*** احسب كتلة المادة الفائضة في الجزء (ب).**

١٢- يحتوي خام البوكسايت على أكسيد الألومنيوم الذي بدوره يتحلل كهربائيًّا منتجًا معدن الألومنيوم .احسب كتلة الألومنيوم التي يمكن أن تنتج من تحلل (10 g) من أكسيد الألومنيوم .

١٣- تتفاعل كميتان من فلز الصوديوم وغاز الكلور في وعاء مغلق لتكوين كلوريد الصوديوم وكانت النتائج كما هو مبين في الشكل المجاور:



أ) فسر شكل هذا المنحنى .

ب) أوجد كمية غاز الكلور المستخدمة في هذه التجربة عند النقطة التي يصبح عندها المنحنى أفقيًّا.

ch11f6 (118-139)-new 10/14/15 12:43 AM Page 140

ارتباط الكيمياء بالمهن
Chemistry on The Jobs

حققت الكيمياء انتصارات مذهلة في قطاع الصناعات، وأصبحت مكونا أساسيا من مكونات التقدم لدى مختلف الشعوب، فقد ارتبطت كثيرا بالتقنيات الحديثة، وهي أساس علوم الطب والهندسة والصيدلة والزراعة والبترول والمعادن وغيرها، وتشكل مجالا ذي أهمية كبيرة في صناعات كثيرة كصناعة الأصباغ والعطور والمنظفات والورق والبلاستيك والمطاط والملابس، بالإضافة إلى الفيتامينات والهرمونات والأغذية والأدوية وغيرها، وقد تضمن كتاب الكيمياء للصف الحادي عشر موضوعات لها علاقة بكثير من الجوانب المهنية أو التخصصات التي يحتاجها سوق العمل خصوصا في بلادنا عُمان، ونضع بين يديك بعض هذه المهن :

١- الهندسة الكيميائية

هي العلم الهندسي ذو القاعدة الأوسع بين علوم الهندسة كلها وأحد فروعها الذي يختص بدراسة التصاميم الهندسية المتعلقة بالصناعات الكيميائية المختلفة وتطويرها، وتكون العمليات الأساسية فيها هي التفاعلات الكيميائية و عمليات انتقال المادة و الحرارة و الكتلة،كما تشمل التفاعلات و عمليات الفصل متعددة المراحل.

٢- هندسة البترول (الهندسة النفطية)

هي علم يبحث في كيفية تعقب واستكشاف أماكن وجود النفط وكيفية استخراجه.وتهتم هندسة البترول في البحث عن أفضل السبل والوسائل الممكنة والحديثة لاستكشاف المنبع البترولي.

٣- الصيدلة

هي علم يبحث في العقاقير وخصائصها وتركيب وصرف الأدوية العلاجية وما يتعلق بها، وتتصل اتصالاً وثيقًا بعلمي النبات والحيوان؛ إذ إن معظم الأدوية ذات أصل نباتي أو حيواني، كما ترتبط ارتباطًا وثيقًا بعلم الكيمياء؛ لأن الأدوية تحتاج إلى معالجة ودراية بالمعادلات والقوانين الكيميائية.

و يتلخص دور الصيدلي في شيئين مهمين هما :

١-تطوير وإختراع كل ما يؤثر في صحة النظام الحي (الإنسان والحيوان) بالإيجاب للوصول الى معالجة الأمراض والصحة الجيدة.

٢- إصدار التوصيات والتعليمات عن كيفية الاستخدام الأمثل للدواء والنظام العلاجي ككل ، وذلك في صورة اتخاذ القرار مع الطبيب في كيفية علاج المريض بالطريقة المثلى.

وهذا لا يعني أن هنالك حصرًا للمهن التي يمكن أن يشغلها الكيميائي، بل يمكن أن يعمل الكيميائي في مهنٍ أخرى عديدة كالتدريس والمختبرات المدرسية والجامعية وغيرها.

رمز الصيدلية

المراجع العربية

١- المنسي ، عرسان ارشيد والشريدة ، محمد شريف ،(٢٠٠١م) الكيمياء العضوية ، الطبعة الثانية ، الأردن - عمان : دار وائل للطباعة والنشر .

٢- قنديل ، عبد الحكيم طه ،(٢٠٠٦م) أساسيات الكيمياء ، الطبعة الأولى ، مصر - القاهرة : دار الفكر العربي .

٣- الكيمياء للصف الحادي عشر من التعليم العام (٢٠٠٥م) ، الطبعة الولى ، وزارة التربية والتعليم ، سلطنة عمان .

٤- الكيمياء للصف الثاني عشر من التعليم العام (٢٠٠٥م) ، الطبعة الثالثة ، وزارة التربية والتعليم ، سلطنة عمان .

٥- الكيمياء للمرحلة الثانوية / الفرع العلمي - المستويان الأول والثاني ،(٢٠٠٦م) وزارة التربية والتعليم ، المملكة الأردنية الهاشمية .

٦- فيليب جونير وكرستينا أي بيلي ، ترجمة د. صادق عودة و د. حسن طشطوش ، الكيمياء العضوية مفاهيم وتطبيقات ، الأردن –إربد ، دار الأمل .

ch11 finish (141-148)-new 10/14/15 12:45 AM Page 144

المراجع الأجنبية

1. Antoney C. Wilbraham & others .(2002) .Chemistry Addison -wesley , Prentice hall.USA:New Jersey.

2. Brady J.& Holum J.(1998) Fundamentals of chemistry (3rd ed.).USA:Wiley.

3. John Suckocki .(2001).Conceptual Chemistry ,understanding our world of atoms and molecules . Addison -Wesley .USA .

4. Clugston M.& Flemming R.(2000). Advanced chemistry . oxford University Press .Neww York .

5. Dr. Frank Jenkins & others .(2002) .Nelson .Chemistry 11.Canada .

6. Davis,Metcalfe,William,Castka.(2006).Modern Chemistry .USA:Holt-Rinehart&Winston.

7. Kotz&Treichel. (1999).Chemistry and chemical reactivity (4th ed).Sanderscollege Puplishing : Canada&USA

8. H.Eugene LeMay,Jr & others.(2002).Chemistry connections to our changing world .USA :Pritice Hall .

9. Wistrom C. & others .(2002). Chemistry ,concepts and applications .USA: Glencoe -McGraw-Hill .

10. Maitland Jones, Jr.(1997). Organic Chemistry Princeton University, London . UK.

11. Hodder and Stoughton, Chemistry Counts, second edition , UK

12. Earl and LDR Wilford,(2003). GCSE Chemistry . second (2nd ed) , UK

13. Peter D Riley (2005). Chemistry , London , UK

14. lawire Ryan ,(2001). Chemistry for you , second edition , Nelson Thornes , UK

المواقع الإلكترونية

1. http://www.angelfire.com/bc2/OrgChem/1.

2.ttp://chemistry.about.com/od/organicchemistry/OrganicChemistry.htm

3.ttp://www.uniregensburg.de/Fakultaeten/nat_Fak_IV/Organische_Chemie/Didakti k/Keusch/D-Video-e.htm.

4.ttp://members.aol.com/profchm/limits.html

5.ttp://genchem.chem.wisc.edu/sstutorial/Text 11/Tx116/tx116.html

6.ttp://www.ausetute.com.au/ppteeqtn.html

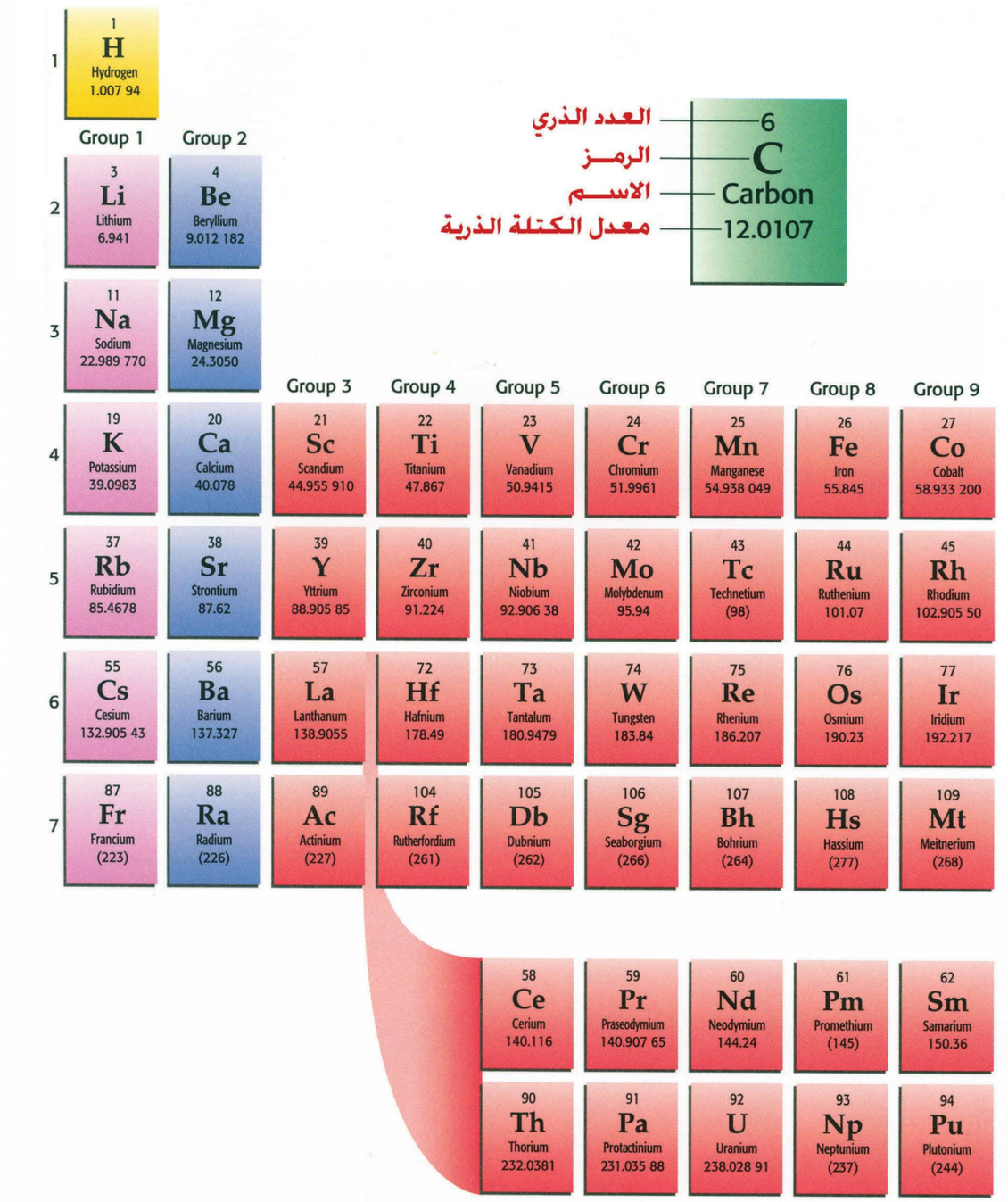
7.ttp://wine.sb.fsu.edu/chm1045/notes/Stoich/Limiting/Stoich07.htm

8.ttp://www.chemistry.nmsu.edu/studntres/chem116/notes/titrations.html

9.ttp://www.usoe.k12.ut.us/curr/science/sciber00/8th/matter/sciber/chemtype .htm

Group 10	Group 11	Group 12	Group 13	Group 14	Group 15	Group 16	Group 17	Group 18
								2 He Helium 4.002 602
			5 B Boron 10.811	6 C Carbon 12.0107	7 N Nitrogen 14.0067	8 O Oxygen 15.9994	9 F Fluorine 18.998 4032	10 Ne Neon 20.1797
			13 Al Aluminum 26.981 538	14 Si Silicon 28.0855	15 P Phosphorus 30.973 761	16 S Sulfur 32.065	17 Cl Chlorine 35.453	18 Ar Argon 39.948
28 Ni Nickel 58.6934	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.409	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.64	33 As Arsenic 74.921 60	34 Se Selenium 78.96	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 83.798
46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.8682	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.710	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.60	53 I Iodine 126.904 47	54 Xe Xenon 131.293
78 Pt Platinum 195.078	79 Au Gold 196.966 55	80 Hg Mercury 200.59	81 Tl Thallium 204.3833	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.980 38	84 Po Polonium (209)	85 At Astatine (210)	86 Rn Radon (222)
110 Ds Darmstadtium (281)	111 Uuu* Unununium (272)	112 Uub* Ununbium (285)	113 Uut* Ununtrium (284)	114 Uuq* Ununquadium (289)	115 Uup* Ununpentium (288)			

63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925 34	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.930 32	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.934 21	70 Yb Ytterbium 173.04	71 Lu Lutetium 174.967
95 Am Americium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkelium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendelevium (258)	102 No Nobelium (259)	103 Lr Lawrencium (262)


العدد الذري
الرمز
الاسم
معدل الكتلة الذرية
6
C
Carbon
12.0107
Group 1
Group 2
Group 3
Group 4
Group 5
Group 6
Group 7
Group 8
Group 9
1 H Hydrogen 1.007 94
3 Li Lithium 6.941
4 Be Beryllium 9.012 182
11 Na Sodium 22.989 770
12 Mg Magnesium 24.3050
19 K Potassium 39.0983
20 Ca Calcium 40.078
21 Sc Scandium 44.955 910
22 Ti Titanium 47.867
23 V Vanadium 50.9415
24 Cr Chromium 51.9961
25 Mn Manganese 54.938 049
26 Fe Iron 55.845
27 Co Cobalt 58.933 200
37 Rb Rubidium 85.4678
38 Sr Strontium 87.62
39 Y Yttrium 88.905 85
40 Zr Zirconium 91.224
41 Nb Niobium 92.906 38
42 Mo Molybdenum 95.94
43 Tc Technetium (98)
44 Ru Ruthenium 101.07
45 Rh Rhodium 102.905 50
55 Cs Cesium 132.905 43
56 Ba Barium 137.327
57 La Lanthanum 138.9055
72 Hf Hafnium 178.49
73 Ta Tantalum 180.9479
74 W Tungsten 183.84
75 Re Rhenium 186.207
76 Os Osmium 190.23
77 Ir Iridium 192.217
87 Fr Francium (223)
88 Ra Radium (226)
89 Ac Actinium (227)
104 Rf Rutherfordium (261)
105 Db Dubnium (262)
106 Sg Seaborgium (266)
107 Bh Bohrium (264)
108 Hs Hassium (277)
109 Mt Meitnerium (268)
58 Ce Cerium 140.116
59 Pr Praseodymium 140.907 65
60 Nd Neodymium 144.24
61 Pm Promethium (145)
62 Sm Samarium 150.36
90 Th Thorium 232.0381
91 Pa Protactinium 231.035 88
92 U Uranium 238.028 91
93 Np Neptunium (237)
94 Pu Plutonium (244)

ch11 finish (141-148)-new 10/14/15 12:45 AM Page 148

تم بحمد الله

تم بحمد الله
تم بحمد الله
تم بحمد الله
تم بحمد الله

رقم الايداع 408/ 2015

طبع بمطابع مؤسسة عمان للصحافة والنشر والإعلان

www.moe.gov.om

ISBN 978-99969-0-587-2

عزيزي الطالب: محافظتك على كتابك المدرسي قيمة حضارية