



سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

دليل المعلم لمادة

الاجتماعيات

للصف الثاني عشر

دليل المعلم لمادة الكيمياء للصف الثاني عشر

جميع حقوق الطبع والنشر والتوزيع محفوظة لوزارة التربية والتعليم

تأليف

- ١- نجلاء بنت مرتضى اللواتية
- ٢- أحمد جمعة برهم
- ٣- حسينة بن هاشل المسكرية
- ٤- فاطمة بنت علي العمورية
- ٥- نبهان بن حمود الخنبشي

التدقيق اللغوي :

- ١- سالم بن خلفان آل توية
- ٢- فاطمة بنت سيف الهاشلية

التصميم والإخراج :

خالد بن محمد بن صالح الفارسي

تمت عملية التدقيق اللغوي والتصميم والإخراج بمركز إنتاج الكتاب المدرسي والوسائل التعليمية بالمديرية العامة لتطوير المناهج

فهرس المحتويات

الصفحة	الموضوع
٤	المقدمة.....
	الوحدة الأولى
٧	التغيرات الكهروكيميائية.....
	الوحدة الثانية
	تغيرات الطاقة وسرعة التفاعلات
٥٩	الكيميائية.....
	الوحدة الثالثة
١٢١	الغازات وقوانينها.....
	الوحدة الرابعة
	الاتزان الكيميائي والأحماض
١٩٩	والقواعد.....
٢٨٥	قائمة المراجع.....

مقدمة

عزيزي المعلم / عزيزتي المعلمة

تم إعداد هذا الدليل بنفس النهج الذي أعدت به أدلة العلوم للتعليم الأساسي وبطريقة تنسجم مع خطة التعليم ما بعد الأساسي للصفين الحادي والثاني عشر، ويتضمن هذا الدليل مجموعة من النصائح، والإرشادات، والتوجيهات التي يمكن الاستفادة منها عند تدريس المحتوى، وتحقيق المخرجات التعليمية المتوقعة لكل وحدة من وحدات الكتاب، حيث تم تضمينها في بداية كل وحدة من الوحدات، وفي بداية كل بند وضعت المخرجات المعرفية والمهارية المتوقعة منه، لذلك يرجى منك العمل على تحقيق المخرجات التعليمية.

قدم الدليل مقترحات لك حول كيفية تقديم وتنظيم الدروس، وكيفية تنفيذ الاستكشافات والدروس العملية، كذلك احتوى الدليل على إجابات لأسئلة بند "اختبر فهمك" الواردة في كتاب الطالب، بالإضافة إلى احتوائه على خلفيات علمية متنوعة تساعدك في فهم الموضوعات المعالجة في كتاب الطالب.

تحتوي كل وحدة على نظرة شاملة تعبر عن محتوى ومفاهيم الوحدة بالإضافة إلى إجابات لأسئلة مقدمة الوحدة في كتاب الطالب، فمن المناسب أن يحاول الطلاب الإجابة على أسئلة مقدمة الوحدة قبل البدء فيها، حتى تتاح لهم الفرصة معرفة ما تعلموه قبل وبعد دراستهم للوحدة.

من المهم أيضاً أن تدرك بأن هذا الدليل ما هو إلا مرشد ومعين يتضمن مقترحات تساعدك في تطبيق مخرجات التعلم واختيار استراتيجيات تدريس يمكن أن تساعدك في تحقيق تلك المخرجات، ونؤكد هنا أنه بإمكانك إجراء أي تعديلات على الاستكشافات أو استبدالها بأخرى

تكون من إعدادك بشرط أن تحقق مخرجات التعلم، كما أنه بإمكانك تعديل وإضافة أسئلة أخرى تلي ميول وحاجات الطلاب بصورة أفضل، كذلك تضمن الدليل جدول مقترح لتوزيع الدروس على الحصص إلا أنه يمكن للمعلم عمل تقديم وتأخير بعض المواضيع ضمن الفصل الدراسي الواحد، وذلك لاستغلال المواد والأدوات الموجودة في المدرسة.

في النهاية نؤكد على ضرورة تحقيق وتغطية جميع مخرجات التعلم من خلال تنفيذ الأنشطة والاستكشافات المضمنة في كتاب الطالب.

ونسأل الله عز وجل التوفيق والنجاح لنا ولكم لما فيه خير أمتنا وبلدنا الحبيب سلطنة عمان.

المؤلفون

الوحدة الأولى : التغيرات
الكهروكيميائية
Electrochemical
Changes

تعلم الطلاب في السنوات السابقة كثيرا من المفاهيم الكيميائية مثل رموز العناصر والصيغ الكيميائية للمركبات، وكيف تتكون الرابطة الكيميائية بين الذرات لتكوين المركبات، وذلك بانتقال الإلكترونات من ذرة لأخرى أو المشاركة بهذه الإلكترونات . كما درسوا أنواع التفاعلات الكيميائية وكيفية تمثيلها بمعادلات كيميائية لفظية ورمزية ، وفي هذه الوحدة سوف يعرف الطلاب أن جميع أنواع التفاعلات يحدث فيها انتقال إلكترونات بين ذرة وأخرى في المركب نفسه، أو بين المركبات المتفاعلة أثناء حدوث التفاعل الكيميائي، ولذلك فإن هذه التفاعلات تحدث فيها عمليتا تأكسد واختزال، بمفهوم أن التأكسد عبارة عن عملية فقد أو خسارة للإلكترونات، وبالمقابل فإن الاختزال عملية كسب لهذه الإلكترونات ، ولذلك فإن جميع أنواع التفاعلات الكيميائية تنضوي تحت هذا التصنيف المسمى بالتأكسد والاختزال ما عدا نوعا واحدا من أنواع التفاعلات وهو تفاعل التبادل المزدوج (الإحلال المزدوج) حيث لا يحدث في هذا النوع انتقال للإلكترونات .

ونأمل من المعلم أثناء تدريسه لهذه الوحدة أن يراعي الأمور الآتية :

- ١- تفعيل الحصيلة المعرفية السابقة لدى الطلاب حول أنواع التفاعلات الكيميائية وكيفية كتابة المعادلة الكيميائية بالصورة اللفظية والرمزية.
- ٢- تدريب الطلاب على كتابة معادلات التفاعلات، موضحا فيها الحالة الفيزيائية للمادة من حيث كونها صلبة أو سائلة . . . إلخ .
- ٣- التركيز على المهارات الرياضية المرتبطة بالنسبة والتناسب والعمليات الحسابية الأخرى.
- ٤- ربط المفاهيم بالرسومات والأشكال المرافقة .

إجابات أسئلة مقدمة الوحدة

- ١- التغير الكهروكيميائي هو عبارة عن كل تفاعل كيميائي يكون مصحوبا بالطاقة الكهربائية، سواء أطاقه ناتجة من التفاعل كانت أم طاقة كهربائية يحتاجها التفاعل للحدوث .
- ٢- توزن معادلات التأكسد والاختزال بطريقتين هما : طريقة تغير أعداد التأكسد وطريقة التفاعلات النصفية ، وكلتا الطريقتين تعتمد على مساواة أعداد الذرات على طرفي المعادلة، ومساواة أعداد الإلكترونات التي تشترك في عمليتي التأكسد والاختزال .
- ٣- يمكن التنبؤ بإمكانية حدوث تفاعل كيميائي بطريقتين: إما بالاعتماد على سلسلة النشاط الكيميائي، حيث يجل العنصر الأكثر نشاطا محل العنصر الأقل نشاطا منه في مركبات هذا العنصر .
- وإما بالاعتماد على جدول جهود الاختزال القياسية ، وحيث أن كل تفاعل عبارة عن نصف تفاعل أحدهما نصف تفاعل تأكسد والآخر نصف تفاعل اختزال فإذا كان مجموع جهدي التأكسد والاختزال موجب القيمة فإن التفاعل يحدث بشكل تلقائي وإلا فلا .
- ٤- تعتمد التطبيقات التقانية (التكنولوجية) للتغيرات الكهروكيميائية على إمكانية تحويل الأفكار النظرية والتجارب المخبرية البسيطة إلى وسائل تطبيقية يمكن الاستفادة منها في الحياة العملية بيسر وسهولة، بدون أن تكون لها تأثيرات بيئية ضارة ، وعلى مدى توفر المواد اللازمة لهذه الوسائل وسهولة الحصول عليها من خاماتها .

أولا : المخرجات المعرفية

١٢-١ شرح طبيعة تفاعلات التأكسد والاختزال .

- أ : تعريف التأكسد والاختزال إجرائيا (عمليا) ونظريا .
- ب : تعريف العامل المؤكسد، العامل المختزل ، عدد التأكسد ، نصف التفاعل .
- ج : التمييز بين تفاعلات التأكسد والاختزال وغيرها من التفاعلات الأخرى .
- د : التعرف على انتقال الإلكترون ، العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة في تفاعلات التأكسد والاختزال التي تحدث في الحياة اليومية في الأنظمة الحيوية (مثل التنفس الخلوي ، التمثيل الضوئي) والأنظمة غير الحية (مثل التآكل) .
- هـ : مقارنة القوى النسبية للعوامل المؤكسدة والمختزلة باستخدام البيانات التجريبية .
- و : كتابة وموازنة معادلات تفاعلات التأكسد والاختزال في الأوساط الحمضية والقاعدية بواسطة :

* طريقة التفاعلات النصفية .

* طريقة التغير في أعداد التأكسد .

ز : إجراء عمليات حسابية لتحديد كميات المواد التي تشترك في تفاعلات التأكسد والاختزال .

ح : تحليل تفاعلات التأكسد والاختزال المستخدمة في الصناعة (مثل صناعة الورق ، النسيج ، الصناعات الغذائية ، معالجة المياه ، التصوير الضوئي ، استخراج المعادن) .

١٢-٢ تطبيق مبادئ التأكسد والاختزال على الخلايا الكهروكيميائية:

- أ : تعريف المصعد ، المهبط ، الأيون الموجب ، الأيون السالب ، القنطرة الملحية ، الإلكتروليت ، الدائرة الخارجية ، مصدر الطاقة ، الخلية الفولتية ، الخلية الإلكتروليتية .
- ب : التنبؤ بمعادلة نصف التفاعل التي تحدث عند كل قطب في الخلية الكهروكيميائية وكتابتها .

ج : تفسير قيم جهود الاختزال القياسية منسوبة إلى جهد قطب الهيدروجين القياسي الذي قيمته صفر فولت في الظروف القياسية .

د : حساب قيم الجهود القياسية للخلايا الكهروكيميائية .

هـ : التنبؤ بتلقائية أو عدم تلقائية تفاعلات التأكسد والاختزال بناء على جهد الخلية القياسي والموقع النسبي لمعادلات التفاعلات النصفية على جدول جهود الاختزال القياسية .

و : وصف الشروط اللازمة لعمل خلية إلكتروليزية وتفسير كيفية عملها .

ز : حساب كميات كل من الكتلة وشدة التيار والزمن في الخلايا الجلفانية والإلكتروليزية وذلك بتطبيق قانون فارادى .

ح : تحليل العلاقة بين المعرفة العلمية والتطور التقني في تطبيقات الخلايا الجلفانية والإلكتروليزية كالتطبيقات في البطاريات والطلاء الكهربائي وتنقية المعادن من حامتها وتعقيم المياه بمركبات الكلور .

ط : استقصاء فائدة التقنية مثل الجلفنة والتعدين والطلاء والحماية المهبطية لحل المشاكل المرتبطة بالتآكل .

ي : تقدير الأهمية الاقتصادية للخلايا الكهروكيميائية وخاصة خلايا الوقود وبيان أهميتها المستقبلية في النقل وتدوير المعادن .

ثانيا : المخرجات المهارية

البند الأول : المبادرة والتخطيط :

م ١ - ١٢ - ١ : طرح أسئلة حول العلاقات الملاحظة وتخطيط عمليات اسقضاء

للأسئلة والأفكار والمشكلات والقضايا

أ- طرح أسئلة حول التركيب الإلكتروني للتوصل إلى مفهوم عدد التأكسد .

م ١ - ١٢ - ٢ : تصميم تجربة وتحديد المتغيرات

أ- تصميم تجربة لتحديد نشاط العناصر من تفاعلات تأكسد واختزال .

ب-تصميم تجربة تتضمن شكلا تخطيطيا لاختبار التنبؤات المتعلقة بالتلقائية والنواتج والجهود القياسية للتفاعلات التي تحدث في الخلايا الكهروكيميائية .

م ١٢-٣: اختيار الأدوات المناسبة لجمع المعلومات.

أ-اختيار واستخدام الأجهزة المناسبة بشكل صحيح لتأدية تجربة معايرة تفاعل تأكسد واختزال .

ب-استخدام جدول جهود الاختزال القياسية كأداة لمعرفة التلقائية في تفاعلات التأكسد والاختزال ونواتجها .

البند الثاني: التنفيذ والتدوين

م ٢-١٢-٢ : تنظيم البيانات في أشكال و جداول تتناسب مع النص أو التجربة .

أ- بناء جدول يلخص مشاهدات الخلية الجلفانية وتفسير هذه المشاهدات.

ب-بناء الخلايا الكهروكيميائية وملاحظة ما يحدث فيها .

البند الثالث : التحليل والتفسير :

م ٣-١٢-٢ تحليل المعلومات والبيانات المقدمة في جداول أو رسوم بيانية .

أ- تقويم البيانات التجريبية لاستنباط جدول اختزال بسيط .

ب- تفسير أنماط البيانات المستنبطة من تفاعلات التأكسد والاختزال .

ج-تعيين أوجه القصور في البيانات التي تجمع عن الخلايا الكهروكيميائية .

د- مقارنة التنبؤات بالملاحظات في الخلايا الكهروكيميائية .

هـ-شرح الاختلافات بين قيم جهود الخلايا النظرية والعملية .

البند الرابع : الاتصال وعمل الفريق :

م ٤-١٢-١ : استقبال وفهم أفكار الآخرين

أ- اختيار واستخدام طرق التمثيل العددية والرمزية والبيانية واللغوية المناسبة لعرض وتبادل الأفكار والخطط والنتائج .

ب- تبادل الأفكار مع الآخرين حول التطبيقات العملية والتقانية على الخلايا الكهروكيميائية .

- م ٤-١٢-٢ : تبادل الأسئلة والاهتمامات والخطط والنتائج باستخدام لغة مكتوبة أو حوار شفوي أو رموز أو أشكال أو غيرها .
- أ- العمل مع أعضاء المجموعة تعاونياً لإجراء الاستقصاءات .
- ب- تبادل الأسئلة والمناقشات حول بيانات ونتائج تجارب واستكشافات التغيرات الكهروكيميائية التي جمعها كل طالب مع بقية أعضاء المجموعة والمجموعات الأخرى .

جدول يبين التوزيع المقترح لبنود الوحدة الأولى على عدد الحصص المقررة

للوحدة:

عدد الحصص المقترح	عنوان البند	رقم البند
١	التأكسد والاختزال	١-١
١	التأكسد والاختزال	الاستكشاف (١)
١	عدد التأكسد	٢-١
١	تفاعلات التأكسد والاختزال بمفهوم عدد التأكسد	٣-١
١	تلقائية التفاعلات	٤-١
٣	موازنة معادلات التأكسد والاختزال	٥-١
٢	تطبيقات صناعية لتفاعلات التأكسد والاختزال	٦-١
١	قصر الألوان	الاستكشاف (٢)
١	الدرس العملي الأول	
٢	أسئلة الفصل الأول	
١	الخلايا الجلفانية	١-٢
١	إحلال الخارصين محل ايونات النحاس	الاستكشاف (١)
٢	الخلايا القياسية وجهد الخلايا	٢-٢

١	الخلايا الالكتروليزية والتحليل الكهربائي	٣-٢
١	تحليل محلول يوديد البوتاسيوم	الاستكشاف (٢)
٢	التطبيقات العملية والتقنية على الخلايا الكهروكيميائية	٤-٢
٢	حسابات التحليل الكهربائي	٥-٢
١	الدرس العملي الثاني	
٢	أسئلة الفصل الثاني	
٢٧	مجموع الحصص	

الفصل الأول

تفاعلات التأكسد (الأكسدة) والاختزال

Oxidation-Reduction Reactions

افتتاحية الفصل :

في هذا الفصل سوف يدرس الطلاب مفاهيم التأكسد والاختزال في التفاعلات الكيميائية من منظور انتقال الإلكترونات من مادة لأخرى وكذلك من منظور تغير أعداد التأكسد واستخدام هذه المفاهيم في موازنة معادلات التأكسد والاختزال ، والتنبؤ بحدوث التفاعلات الكيميائية من خلال تعرف قوة العوامل المؤكسدة والمختزلة وتنافسها على الإلكترونات . كما احتوى الفصل على عدد كبير من التطبيقات التقنية لتفاعلات التأكسد والاختزال .

-اطلب إلى الطلاب إجابة الأسئلة الموجودة في مقدمة الفصل .

١-١ التأكسد والاختزال *Oxidation - Reduction*

مخرجات التعلم :

١٢-١-أ: تعريف التأكسد والاختزال إجرائيا (عمليا) ونظريا .

١٢-١-ج : التمييز بين تفاعلات التأكسد والاختزال وغيرها من التفاعلات الأخرى .

١٢-١-٢-أ: تصميم تجربة لتحديد نشاط العناصر من تفاعلات تأكسد واختزال .

١٢-١-٢-٤أ: العمل مع أعضاء المجموعة معا ونيا لإجراء الاستقصاءات .

- ١- ناقش الطلاب في أنواع التفاعلات الكيميائية التي درسوها سابقا، وكتابة أمثلة على هذه الأنواع، ومعادلات كيميائية رمزية تمثلها .
- ٢- ناقشهم في إجراءات الاستكشاف رقم (١) ثم اطلب اليهم تنفيذه .
- ٣- ناقش الطلاب في التغيرات التي حدثت عند تفاعل الحديد مع كبريتات النحاس، وذلك من خلال رسم التركيب الإلكتروني لكل من ذرتي الحديد والنحاس، والتغير الإلكتروني الذي يطرأ على ذرة كل منهما عند التحول إلى أيون موجب وذلك بفقدان لبلكترونين الاخيرين من الذرة (وهذا التركيب خاص بالعناصر التي تقع في وسط الجدول الدوري وتسمى بالعناصر الانتقالية) كما يلي .

العدد الذري $26 Fe : 2, 8, 14, 2$

العدد الذري $29 Cu : 2, 8, 19, 2$

- ٤- توصل معهم إلى تعريف كل من مفهومي التأكسد والاختزال والعامل المؤكسد والعامل المختزل ، ووضح لهم أن هذه العوامل تكون ضمن المواد المتفاعلة.

استكشاف (١) التأكسد والاختزال في تفاعلات الإحلال البسيط

الإعداد المسبق :

بالتعاون مع فني المختبر حضر المواد والأدوات اللازمة للاستكشاف .

الزمن المطلوب : ٣٠ دقيقة

الإجراءات:

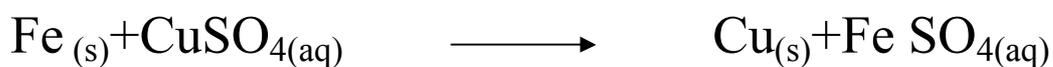
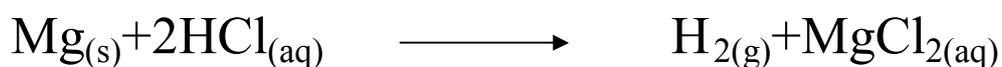
- ١- قسم طلاب الصف إلى ست مجموعات، ثم وزع على كل مجموعة المواد والأدوات اللازمة لتنفيذ الاستكشاف.

٢- اطلب إلى الطلاب تنفيذ خطوات الاستكشاف بدقة مستخدمين الحد الأدنى من المواد وعدم الهدر فيها .

٣- ساعدهم في تصميم جدول، ثم اطلب إليهم تسجيل نتائج الاستكشاف أولاً بأول .

التحليل والتفسير :

١- معادلات التفاعلات التي حدثت :



٢- الماغنيسيوم أكثر نشاطاً من الخارصين ، لأن سرعة تصاعد غاز الهيدروجين الناتج من

تفاعل الماغنيسيوم مع حمض الهيدروكلوريك أكثر من سرعة تصاعد هذا الغاز في

حالة الخارصين .

إجابة اختبار فهمك (١)

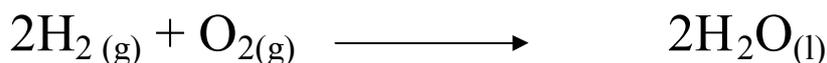
١- ذرات الخارصين تأكسدت ، وأيونات الهيدروجين اختزلت .

٢- العامل المختزل هو الخارصين ، والعامل المؤكسد هو أيونات الهيدروجين .

خلفية علمية :

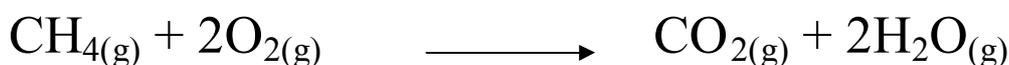
إن أول مفاهيم التأكسد والاختزال هو أن التأكسد عملية الاتحاد بالأكسجين

لتكوين الأكسيد ، والاختزال هو نزع الأكسجين ، كما في المعادلة



كما أن هذه المفاهيم كانت مرتبطة بالهيدروجين، حيث كانت عملية التأكسد توصف

بأنها عملية نزع الهيدروجين ، والاختزال عملية اتحاد بالهيدروجين كما في المعادلة :



ولكن التغيرات التي تحدث لذرات العناصر أو المركبات المتفاعلة لا تقتصر على الاتحاد

بالأكسجين أو نزعه، كما لا تقتصر على الاتحاد بالهيدروجين أو نزعه، وإنما تحدث أيضا عند

تكوين الروابط بأنواعها بين ذرات العناصر فمثلا عند تكوين الرابطة الأيونية بين الليثيوم (Li)

والفلور (F) فإن إلكتروننا واحدا ينتقل من ذرة Li إلى ذرة F لتكوين كل من أيون Li^+

وأيون F^- ، بينما في جزيء HCl نجد أن هنالك رابطة مشتركة (تساهمية) تكونت بحيث إن

إلكتروننا قد انتقل جزئيا من ذرة الهيدروجين إلى ذرة الكلور . هنالك كثير من التفاعلات

الكيميائية يشبه هذا النوع من التفاعل الذي يتضمن انتقال بعض الشحنة الإلكترونية من ذرة

لأخرى، وتتطلب هذه التغيرات تعريف المصطلحات التالية سواء أكلينا كان انتقال الإلكترونات

أم جزئيا :

التأكسد : فقد إلكترونات

الاختزال : كسب إلكترونات

مخرجات التعلم :

- ١٢-١-١ ب تعريف العامل المؤكسد ، العامل المختزل ، عدد التأكسد ، نصف التفاعل .
١م-١٢-١ أ- طرح أسئلة حول التركيب الإلكتروني للتوصل إلى مفهوم عدد التأكسد .

التقديم والتنظيم :

- ١- اطلب إلى الطلاب كتابة التركيب الإلكتروني لعدد من ذرات المجموعات ١ ، ٢ ، ٦ ، ٧ مثل الصوديوم والماغنيسيوم والكلور والأكسجين، وذلك كما تعلموه في الصف العاشر .
٢- ناقشهم في تكوين الروابط بين ذرات من المجموعة الأولى بذرات من المجموعة السادسة أو السابعة، وكيف يتم الاتحاد بينها. ونوع الرابطة، وكيفية تكون الأيونات وظهور الشحنة، ثم توصل معهم إلى تعريف عدد التأكسد .
٣- استعرض معهم قواعد حساب عدد التأكسد الموجودة في الجدول (١-١)، وقارنها بالأمثلة الموجودة أمام كل قاعدة، ثم ناقشهم في حل الأمثلة الموجودة في الكتاب على هذا البند .

$$\text{PH}_3 : \quad \text{P} + 3(+1) = 0$$

$$\text{P عدد تأكسد} = -3$$

$$\text{HPO}_4^{2-} : \quad +1 + \text{P} + 4(-2) = -2$$

$$\text{P عدد تأكسد} = +5$$

$$\text{P}_2\text{O}_3 : \quad 2\text{P} + 3(-2) = 0$$

$$\text{P عدد تأكسد} = +3$$

$$\text{H}_3\text{PO}_3 : \quad 3(+1) + \text{P} + 3(-2) = 0$$

$$\text{P عدد تأكسد} = +3$$

$$\text{PCl}_5 : \quad \text{P} + 5(-1) = 0$$

$$\text{P عدد تأكسد} = +5$$

$$\text{HClO}_2 : \quad +1 + \text{Cl} + 2(-2) = 0 \quad (\text{ب})$$

$$\text{Cl} = +3$$

$$\text{CaCl}_2 : \quad +2 + 2\text{Cl} = 0$$

$$\text{Cl} = -1$$

$$\text{Cl}_2\text{O}_7 : \quad 2\text{Cl} + 7(-2) = 0$$

$$\text{Cl} = +7$$

$$\text{ClO}^- : \quad \text{Cl} + 1(-2) = -1$$

$$\text{Cl} = +1$$

(ج) يلاحظ أن بعض اللافلزات كالكلور والفسفور لها أعداد تأكسد موجبة وسالبة .

١- في فوق الأكاسيد مثل فوق أكسيد الهيدروجين (H-O-O-H) ترتبط ذرتا الأكسجين برابطة تساهمية يشترك تأثير إلكتروناهما على ذرتي الأكسجين بالتساوي ، ثم ترتبط كل ذرة أكسجين برابطة تساهمية قطبية مع الهيدروجين ، والإلكترون محسوب على الأكسجين لأنه أعلى كهروسالبية من الهيدروجين ، ولذلك تبدو كل ذرة أكسجين كأن عليها شحنة سالبة واحدة ، وبالتالي فإن عدد تأكسد الأكسجين = - ١ . وكذلك الحال في فوق أكسيد البوتاسيوم

(K $\overset{\curvearrowright}{\text{O-O}}$ $\overset{\curvearrowleft}{\text{K}}$) حيث ترتبط كل ذرة أكسجين برابطة أيونية مع البوتاسيوم وتكتسب إلكترونًا واحدًا من ذرة البوتاسيوم .

يختلف مفهوم عدد التأكسد عن مفهوم التكافؤ ، فالتكافؤ عدد صحيح دون إشارة ، وذلك لأنه حسب التعريف الأولي عبارة عن عدد ذرات الهيدروجين التي تتحد بذرة واحدة من العنصر - السعة الاتحادية للعنصر - وحسب النظرية الذرية الحديثة فإن التكافؤ يدل على عدد الإلكترونات في التفاعلات التي تفقدها أو تكتسبها ذرة العنصر أو تشارك بها في التفاعلات الكيميائية للوصول إلى حالة الاستقرار (الحالة التي تشبه تركيب العنصر الخامل في دورة العنصر) .

أما عدد التأكسد فهو عبارة عن الشحنة الكهربائية التي تبدو على ذرة العنصر سواءً أمفرداً كان أم في مركباته ، ولذلك فعدد التأكسد يأخذ قيمة عددية صحيحة أو كسرية كما في حالة أكسيد الحديد المغناطيسي Fe_3O_4 حيث يكون عدد تأكسد الحديد يساوي $8/3$ وذلك لأن هذه المادة تتكون من أكسيدين هما FeO و Fe_2O_3 وعدد التأكسد يحمل شحنة موجبة أو سالبة .

١-٣ تفاعلات التأكسد والاختزال بمفهوم عدد التأكسد .

Redox Reactions Using Oxidation Number Concept

مخرجات التعلم :

١٢-١-ب : تعريف العامل المؤكسد ، العامل المختزل ، عدد التأكسد ، نصف التفاعل .

١٢-١-د : التعرف على انتقال الإلكترون ، العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة في تفاعلات

التأكسد والاختزال التي تحدث في الحياة اليومية في الأنظمة الحيوية (مثل التنفس الخلوي

والتمثيل الضوئي) والأنظمة غير الحيوية مثل التآكل .

١٢-١-٤م : اختيار واستخدام طرق التمثيل العددية والرمزية والبيانية واللغوية المناسبة لعرض

وتبادل الأفكار والخطط والنتائج .

التقديم والتنظيم :

١- اطلب إلى الطلاب كتابة معادلة تفاعل الصوديوم والكلور لتكوين كلوريد الصوديوم.

٢- اطلب إليهم كتابة التركيب الإلكتروني لكل من الصوديوم والكلور وناقشهم في أعداد

تأكسد كل منهما في حالة المواد المتفاعلة وفي حالة النواتج .

٣- وضح لهم تعريف عمليتي التأكسد والاختزال والعامل المؤكسد والعامل المختزل وفق تغير

أعداد التأكسد .

٤- ناقشهم في أمثلة التفاعلات الكيميائية الحيوية للتأكسد والاختزال مثل تفاعل التمثيل الضوئي

والتنفس الخلوي .

إجابة اختبار فهمك (٣):

١- (a) الذرة التي تأكسدت هي S ولذلك فإن H_2S عامل مختزل ، والذرة التي اختزلت هي N ولذلك فإن HNO_3 عامل مؤكسد .

(b) الذرة التي تأكسدت هي H ولذلك فإن H_2 عامل مختزل ، والذرة التي اختزلت هي Cu ولذلك فإن CuO عامل مؤكسد .

٢- التفاعل (a) لا يمثل تفاعل تأكسد واختزال، لأن أعداد تأكسد الذرات لم يتغير ولم يحدث انتقال إلكترونات من مادة لأخرى ؛ التفاعل (b) يمثل تفاعل تأكسد واختزال لأن الخارصين (Zn) تأكسد والنحاس (Cu) اختزل ، كذلك التفاعل (c) يمثل تفاعل تأكسد واختزال لأن الكربون (C) تأكسد والحديد (Fe) اختزل .

إجابة اختبار فهمك (٤):



Cl اختزل حيث تغير عدد تأكسده من (+5) إلى (-1) ، والأكسجين تأكسد حيث تغير عدد تأكسده من (-2) إلى (0) .



الهيدروجين (H_2) تأكسد { تغير عدد تأكسده من 0 إلى +1 } ، النيتروجين (N_2) اختزل { تغير عدد تأكسده من 0 إلى -3 } .



K تأكسد { تغير عدد تأكسده من 0 إلى +1 } والهيدروجين في H_2O اختزل { تغير عدد تأكسده من +1 إلى 0 } .

هنالك عدد من العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة الشائعة في تفاعلات التأكسد

والاختزال من المهم أن يتعرفها الطالب وهي موضحة في الجدول التالي :

العامل المؤكسد	صيغته بعد التفاعل	العامل المختزل	صيغته بعد التفاعل
KMnO_4 في MnO_4^-	Mn^{2+} (في الوسط الحمضي) MnO_2 (في الوسط القاعدي)	H_2S في (S^{2-})	S
CrO_4^{2-} في K_2CrO_4 أو $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ في $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	Cr^{3+} (في الوسط الحمضي) $\text{Cr}(\text{OH})_3$ (في الوسط القاعدي)	Na_2SO_3 في (SO_3^{2-})	SO_4^{2-}
KIO_3 في IO_3^-	I^-	FeSO_4 في (Fe^{2+})	Fe^{3+}
KBrO_3 في BrO_3^-	Br^-	SnCl_2 في (Sn^{2+})	Sn^{4+}
I_2 ، Br_2 ، Cl_2	I^- ، Br^- ، Cl^-	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ في $(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$	CO_2
O_2 في O	O^{2-}	H_2 في H	H^+

١ - ٤ تلقائية التفاعلات *Spontaneity of Reactions*

مخرجات التعلم :

١٢-١-٥ : مقارنة القوى النسبية للعوامل المؤكسدة والمختزلة باستخدام البيانات التجريبية .

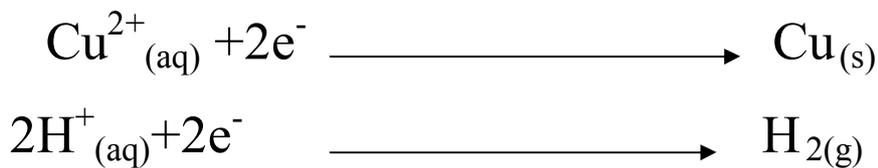
١٢-٣-٢ أ: تقويم البيانات التجريبية لاستنباط جدول اختزال بسيط .

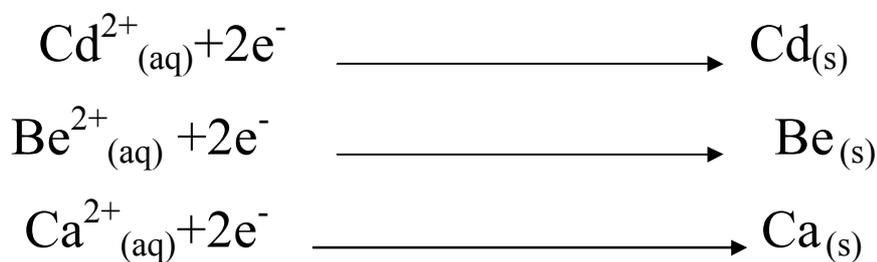
التقديم والتنظيم :

- ١- اطلب إلى الطلاب استعراض تفاعل الخارصين وأيونات النحاس ، ثم اسألهم أسئلة تتعلق بلون المحلول بعد التفاعل وتوقعهم لكتلة قضيب الخارصين .
- ٢- وصل معهم إلى استنتاج أن لأيونات النحاس القدرة على كسب الإلكترونات من ذرات الخارصين (ولذلك يحدث بينهما تفاعل تلقائي) في حين إن أيونات النيكل غير قادة على نزع الإلكترونات من ذرات النحاس (ولذلك لا يحدث تفاعل بينهما) .
- ٣- ناقشهم في جدول تفاعلات الإحلال بين عناصر كل من Ni ، Ag ، Pb ، Cu ، ومحاليل تحتوي على أيونات هذه العناصر بالتبادل واستنتاج قوة العوامل المؤكسدة . ويمكن للمعلم إجراء هذه التجارب في غرفة الصف إذا توافرت المواد .
- ٤- ناقشهم في طريقة التنبؤ بتلقائية التفاعلات من القاعدة المذكورة .

إجابة اختبار فهمك (٥):

- من المعادلة (1) نستنتج أن Cd^{2+} عامل مؤكسد أقوى من Be^{2+}
- من المعادلة (2) نستنتج أن H^{+} عامل مؤكسد أقوى من Cd^{2+}
- من المعادلة (3) نستنتج أن H^{+} عامل مؤكسد أضعف من Cu^{2+}
- من المعادلة (1) نستنتج أن Ca^{2+} عامل مؤكسد أضعف من Be^{2+}
- جدول القوى النسبية للعوامل المؤكسدة (اتجاه القوة من الأسفل إلى الأعلى) كما يلي :





٥-١ موازنة معادلات التأكسد والاختزال *Balancing Redox Equations*

مخرجات التعلم :

١٢-١-١ و: كتابة وموازنة معادلات تفاعلات التأكسد والاختزال في الأوساط الحمضية والقاعدية بواسطة:

* طريقة التفاعلات النصفية

* طريقة التغير في أعداد التأكسد

١٢-١-٢ ز: إجراء عمليات حسابية لتحديد كميات المواد التي تشارك في تفاعلات التأكسد والاختزال .

١٢-١-٣ أ: اختيار واستخدام الأجهزة المناسبة بشكل صحيح لتأدية تجربة معايرة تفاعل تأكسد واختزال بشكل صحيح .

التقديم والتنظيم :

١- لتأكيد مفهوم الموازنة للتفاعلات الكيميائية اطلب إلى الطلاب استرجاع قانون حفظ (بقاء) الكتلة الذي يشكل السبب الرئيس في موازنة المعادلات، ثم اكتب معادلات كيميائية بسيطة مثل احتراق الميثان أو تفاعل حمض وقاعدة بطريقة المحاولة والخطأ ومساواة أعداد الذرات على طرفي المعادلة .

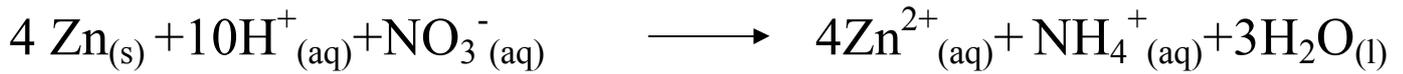
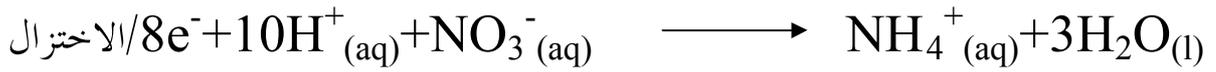
٢- اطرح عليهم مثالا على تفاعل تأكسد واختزال وتتبع خطوات الموازنة للتفاعل بطريقة التفاعلات النصفية وناقش الطلاب في كل خطوة .

٣- وجه لهم أسئلة تتعلق بخطوات الموازنة مثل : كيف نجزيء المعادلة الرئيسية ؟، ما الذي يحدد نصف تفاعل التأكسد ونصف تفاعل الاختزال ؟، هل عدد الذرات على طرفي المعادلة النهائية متساو ؟، هل الشحنات الكهربائية متساوية على طرفي المعادلة النهائية ؟ .

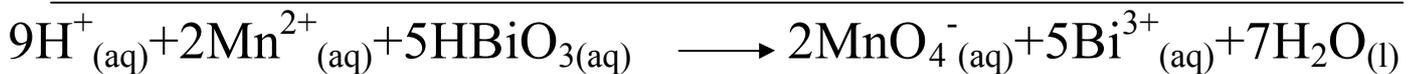
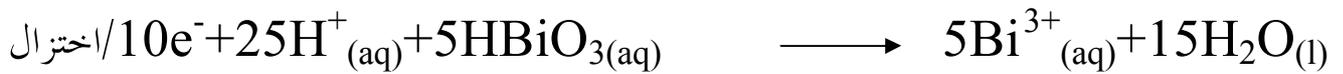
٤- قم بالإجراءات نفسها عند حل مثال على الطريقة الثانية في الموازنة وهي طريقة تغير أعداد التأكسد .

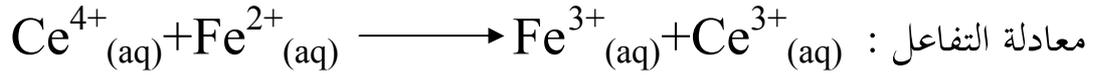
٥- راجع الطلاب في قوانين الحسابات الكيميائية، وذلك لاستخدامها في حسابات تفاعلات التأكسد والاختزال .

إجابة اختبار فهمك (٦) :



-٢





المعادلة موزونة ولذلك فإن النسبة بين أعداد مولات المواد المتفاعلة متساوية وبالتالي فإن :

$$\text{عدد مولات } \text{Fe}^{2+} = \text{عدد مولات } \text{Ce}^{4+}$$

$$V_2 M_2 = V_1 M_1$$

$$25 \times M_2 = 15 \times 0.125$$

$$\text{Fe}^{2+} \text{ تركيز محلول} = 0.075 \text{ M}$$

٦-١ تطبيقات صناعية لتفاعلات التأكسد والاختزال :

Industrial Applications for Redox Reactions

مخرجات التعلم :

١٢-١-ح : تحليل تفاعلات التأكسد والاختزال المستخدمة في الصناعة (مثل صناعة الورق ،

النسيج ، الصناعات الغذائية ، معالجة المياه ، التصوير الضوئي ، استخراج المعادن) .

٤م - ١٢-٢ أ : العمل مع أعضاء المجموعة تعاونياً لإجراء الاستقصاءات .

٤م - ١٢-٢ ب: تبادل الأسئلة والمناقشات حول بيانات ونتائج تجارب واستكشافات التغيرات

الكهروكيميائية التي جمعها كل طالب مع بقية أعضاء المجموعة والمجموعات الأخرى .

١- ناقش الطلاب في مفهوم قصر الألوان وأهميته في صناعة الورق وصناعة النسيج موجهًا إليهم أسئلة تتعلق بذلك مثل : كيف تتم إزالة البقع الملونة عن الملابس البيضاء ؟ هل تعرف أسماء بعض هذه المواد ؟

٢- اطلب إليهم أن ينفذوا الاستكشاف رقم (٢) وناقشهم في نتائجه، واطلب إليهم كتابة معادلات التأكسد والاختزال للمواد القاصرة للألوان سواء أعوامل مؤكسدة كانت أم عوامل مختزلة .

٣- اطلب إليهم أن يعملوا في شكل مجموعات لمناقشة استخلاص الفلزات ومعالجة مياه الشرب والتصوير الضوئي .

استكشاف (٢) قصر الألوان

الإعداد، المسبق :

بالتعاون مع فني المختبر قم بإعداد المواد والأدوات اللازمة لتنفيذ الاستكشاف

الزمن المطلوب :

٣٠ دقيقة

الاجراءات :

١-قسم طلاب الصف إلى ست مجموعات ثم وزع على كل مجموعة المواد والأدوات اللازمة لتنفيذ الاستكشاف.

٢- اطلب إليهم تنفيذ خطوات الاستكشاف بدقة بحيث تقوم كل مجموعة بتجريب واحد فقط من العوامل المؤكسدة مستخدمة الحد الأدنى من المواد وعدم هدرها.

٣- اطلب إليهم تسجيل نتائج الاستكشاف أولاً بأول، ثم تناقش كل مجموعة ما توصلت إليه مع بقية المجموعات .

تنبيه : يجب أن تكون المواد القاصرة للالوان الموجودة في هذا الاستكشاف محضره حديثا عنر إجراء الاستكشاف ، وإذا كانت من المواد الجاهزة فيجب أن تبقي في أوعيتها المغلقة لحين استخدامها .

التحليل والتفسير :

١- تزداد قوة العامل المؤكسد بمقدار قدرته على إزالة لون أكبر عدد من المواد الملونة حسب التجربة .

٢- يحدث تفاعل إذا حدث تغير في اللون أو عند ظهور فقاعات أو تصاعد غاز نتيجة لخلط المواد بعضها ببعض .

إجابة اختبار فهمك (٩):

١- المعادلات النصفية :



٢- يستخدم الكلور في تعقيم مياه الشرب إذا أضيف للماء بنسبة بسيطة ومدروسة، لأنه

عامل مؤكسد قاتل للجراثيم ، ولكنه إذا أضيف للماء بنسبة تزيد عن النسبة المقررة

للتعقيم فإنه يصبح مادة سامة، ولذلك يسمى الحارس الغادر .

٣- لا يستخدم الأوزون على نطاق واسع في تنقية المياه، وذلك لصعوبة تحضيره في المعامل

والمصانع ، وكذلك لعدم ثباته .

إجابة أسئلة الفصل الأول

السؤال الأول :

ب - ٤	د - ٣	ج - ٢	ج - ١
أ - ٨	ج - ٧	د - ٦	ج - ٥
د - ١٢	أ - ١١	د - ١٠	ب - ٩

السؤال الثاني:

$$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7: 2(+1)+2\text{S}+7(-2) = 0$$

$$\text{S} = +6$$

$$\text{SO}_3^{2-}: \text{S}+3(-2) = -2$$

$$\text{S} = +4$$

$$\text{KHSO}_4: 1(+1)+1(+1)+\text{S}+4(-2) = 0$$

$$\text{S} = +6$$

$$\text{ClO}_2^-: \text{Cl}+2(-2) = -1$$

$$\text{Cl} = +3$$

$$\text{Cl}_2: \text{Cl} = 0$$

$$\text{Cl}_2\text{O}_7: 2\text{Cl} + 7(-2) = 0$$

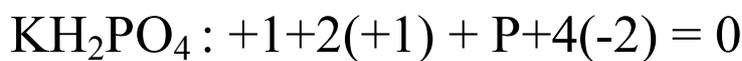
$$\text{Cl} = +7$$

$$\text{HCl}: +1 +\text{Cl} = 0$$

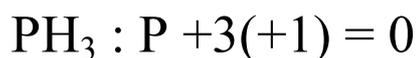
$$\text{Cl} = -1$$

$$\text{P}_4\text{O}_6: 4\text{P} + 6(-2) = 0$$

$$\text{P} = +3$$

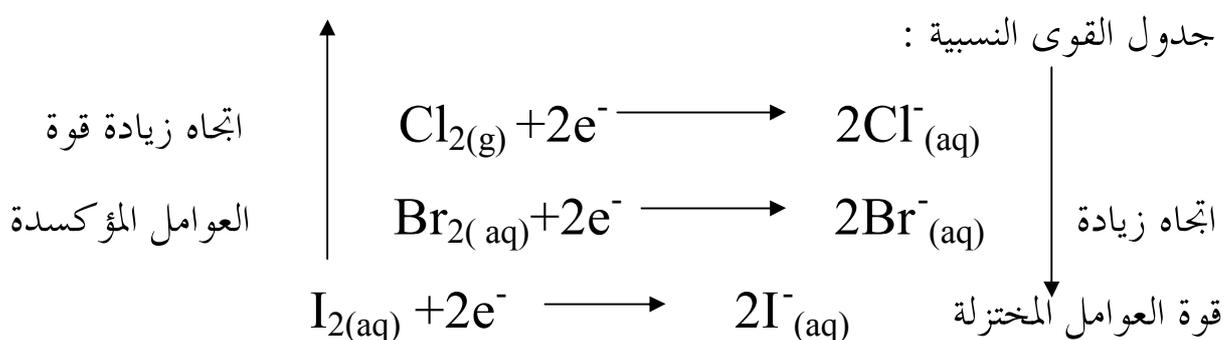


$$\text{P}=+5$$

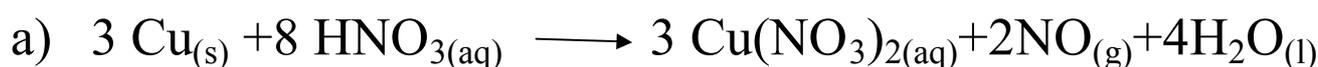


$$\text{P} = -3$$

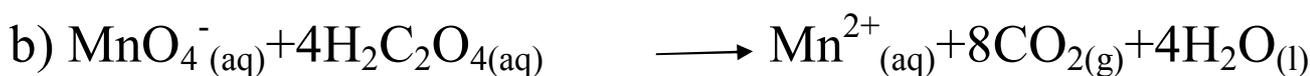
السؤال الثالث :



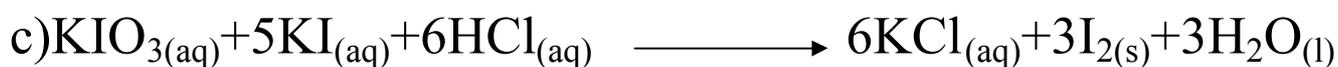
السؤال الرابع :



العامل المؤكسد HNO_3 العامل المختزل Cu

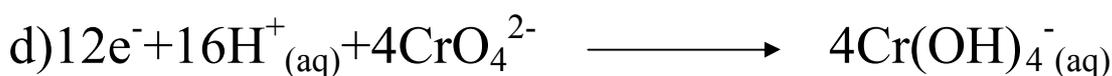
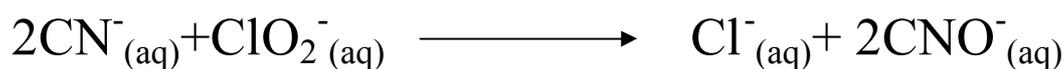
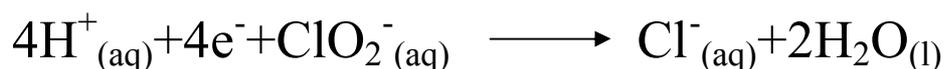
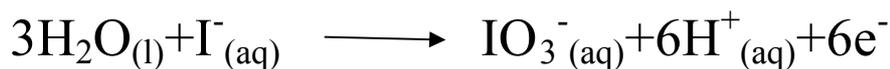
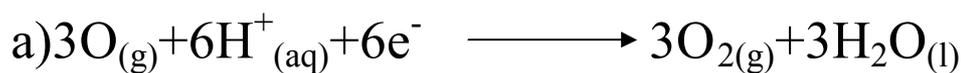


العامل المؤكسد MnO_4^- العامل المختزل $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$



العامل المؤكسد KIO_3 العامل المختزل KI

السؤال الخامس :



السؤال السادس :

النتيجة التي حصل عليها لا تمثل المعادلة الموزونة، وذلك لأن عدد الذرات على طرفي المعادلة متساو ولكن مقدار الشحنة على طرفي المعادلة غير متساو.

السؤال السابع :

- ١ - يستخدم الأوزون في تعقيم مياه الشرب لأنه ليست له آثار جانبية سلبية على صحة الإنسان ولكنه مادة مؤكسدة قاتلة للميكروبات والجراثيم الموجودة في الماء.
- ٢ - لا توجد مركبات يكون فيها عدد تأكسد الفلور موجبا، وذلك لأن الفلور أكثر العناصر سالبية كهربائية (كهروسلبية)، وبالتالي لا يوجد عنصر قادر على نزع الإلكترونات منه .

السؤال الثامن :

١ - المعادلة الموزونة:



$$\text{عدد مولات الكبريت} = 1.44 \div 32 = 0.045 \text{ mol} \quad -٣$$

النسبة المولية $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$: S

2 mol : 3 mol

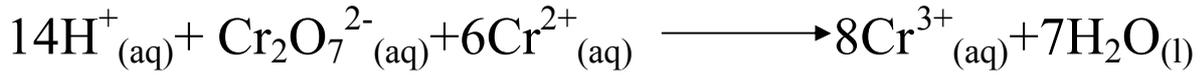
? 0.045mol

$$\text{عدد مولات محلول الدايكرومات اللازم للأكسدة} = (0.045 \times 2) \div 3 = 0.03 \text{ mol}$$

$$\text{حجم محلول الدايكرومات} = 0.03 \div 0.28 = 0.107 \text{ L}$$

السؤال التاسع :

معادلة التفاعل الموزونة :



$$\text{Cr}^{2+} \text{ عدد مولات} = 0.65 \times 0.01 = 0.0065 \text{ mol}$$

$$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \quad : \quad \text{Cr}^{2+} \quad \text{النسبة المولية}$$

$$1 \text{ mol} \quad : \quad 6 \text{ mol}$$

$$? \quad \quad \quad 0.0065 \text{ mol}$$

$$\text{عدد مولات محلول الدايكرومات} = 0.0065 \div 6 = 0.0011 \text{ mol}$$

$$\text{تركيز محلول الدايكرومات} = 0.0011 \div 0.0124 = 0.09 \text{ M}$$

السؤال العاشر :

١- السهم رقم (1) يبين اتجاه زيادة سهولة التأكسد ، والسهم رقم (2) يبين اتجاه زيادة السهولة في الاختزال .

٢- أقوى العناصر المختزلة (مجموعة 3) .

٣- المجموعة التي يصعب تأكسد عناصرها هي (المجموعة 5) .

٤- Ni

٥- Mg

الفصل الثاني

الخلايا الكهروكيميائية والتحليل الكهربائي

Electrochemical Cells & Electrolysis

افتتاحية الفصل :

عظفا على ما درسه الطالب في الفصل الأول من مفاهيم التأكسد والاختزال وتفاعلاتها وموازنة معادلاتها فإنه في هذا الفصل سوف يستكمل دراسته تلك بدراسة التفاعلات الكيميائية التي تحرر الطاقة بصورة طاقة كهربائية، وذلك أثناء دراسته للخلايا الجلفانية ، كما أنه سيدرس كيفية إحداث تفاعلات كيميائية بواسطة التيار الكهربائي، وذلك في خلايا التحليل الكهربائي ، وفي كلتا الحالتين سيدرس التطبيقات التقانية المرتبطة بكل منهما .

- أطلب إلى الطلاب إجابة الأسئلة الموجودة في مقدمة الفصل .

١-٢ الخلايا الجلفانية (الفولتية) *Galvanic (Voltaic) Cells*

مخرجات التعلم :

- ١٢-٢-أ : تعريف المصعد ، المهبط ، الأيون الموجب ، الأيون السالب ، القنطرة الملحية ، الإلكتروليت ، الدائرة الخارجية ، مصدر الطاقة ، الخلية الفولتية ، الخلية الإلكتروليتية .
- ١٢-٢-٢م : بناء جدول يلخص مشاهدات الخلية الجلفانية وتفسير هذه المشاهدات
- ١٢-٢-٢ب : بناء الخلايا الكهروكيميائية وملاحظة ما يحدث فيها .

- ١- استخدم المدخل التاريخي لدراسة الخلفية التاريخية للخلايا الجلفانية وناقش الطلاب فيها .
- ٢- اطلب إليهم تنفيذ الاستكشاف رقم (١) على شكل مجموعات، وإجابة أسئلة التحليل والتفسير ومناقشتها وكتابة معادلات نصفي التفاعل، ثم توصل معهم إلى مفهوم الخلية الجلفانية ومكوناتها .
- ٣- اطلب إليهم تسمية مكونات الخلية وما يحدث فيها من خلال مناقشة الجدول (٢-٣) وكيفية تمثيل الخلية الجلفانية بالرموز مبينا اتجاه حركة الإلكترونات في الدائرة الخارجية وحركة الأيونات في الدائرة الداخلية، مستخدما الوسائل الإلكترونية المساعدة.

الاستكشاف (١) :إحلال الخارصين محل أيونات النحاس

الإعداد المسبق :

بالتعاون مع فني المختبر حضر المواد (الصلبة والمحاليل) والأدوات اللازمة للاستكشاف .

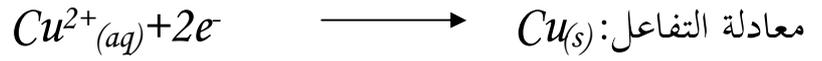
الزمن المطلوب : ٣٠ دقيقة

الإجراءات:

- ١- قسم طلاب الصف إلى ست مجموعات ثم وزع على كل مجموعة المواد والأدوات اللازمة لتنفيذ الاستكشاف.
- ٢- اطلب إلى الطلاب تنفيذ خطوات الاستكشاف بدقة مستخدمين الحد الأدنى من المواد وعدم إهدارها .
- ٣- اطلب إليهم تسجيل نتائج الاستكشاف أولا بأول .

التحليل والتفسير :

١- نعم يلاحظ ترسب مادة على لوح الخارصين لوها أسود ناتجة من ترسب ذرات النحاس



٢- تقل شدة اللون الأزرق، ذلك لأن أيونات النحاس تتحول إلى ذرات نحاس تترسب على قطب الخارصين

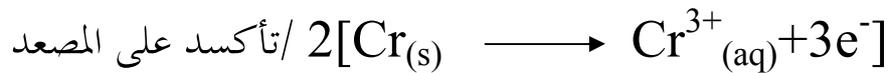
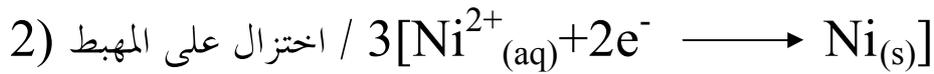
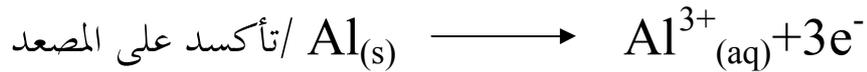
٣- تقل كتلة لوح الخارصين وذلك بسبب تأكسد ذرات الخارصين وانتشارها في المحلول كما في



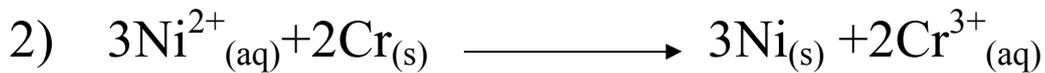
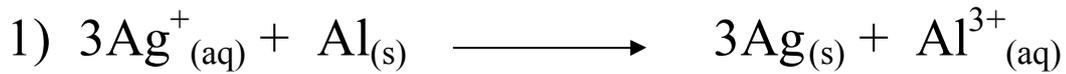
٤- نعم ترتفع درجة حرارة المحلول وذلك يدل على أن التفاعل ينتج الطاقة .

إجابة اختبار فهمك (١):

أ) معادلات التفاعلات النصفية



ب) معادلات التفاعلات الكلية



ج) اتجاه سريان الإلكترونات في الخلية (1) من الألومنيوم إلى الفضة وتتجه الأيونات الموجبة نحو المهبط والسالبة نحو المصعد ، واتجاه سريان الإلكترونات في الخلية (2) من الكروم إلى النيكل وتتجه الأيونات الموجبة نحو المهبط والسالبة نحو المصعد .

مخرجات التعلم :

- ١٢-٢-د : حساب قيم الجهود القياسية للخلايا الكهروكيميائية .
- ١٢-١-ب : تصميم تجربة تتضمن شكلاً تخطيطياً لاختبار التنبؤات المتعلقة بالتلقائية والناتج والجهود القياسية للتفاعلات التي تحدث في الخلايا الكهروكيميائية .
- ١٢-٣-أ : تقويم البيانات التجريبية لاستنباط جدول اختزال بسيط .
- ١٢-٣-ب : تفسير أنماط البيانات المستنبطة من تفاعلات التأكسد والاختزال .

التقديم والتنظيم :

- ١ - اطلب إلى الطلاب تفسير مصدر الكهرباء التي تنتج من الخلية الجلفانية .
- ناقشهم في كل من الرموز ΔE (جهد الخلية) ، ΔE° (جهد الخلية القياسي) ،
- ٢ - ناقشهم في كل من الرموز ΔE (جهد الخلية) ، ΔE° (جهد الخلية القياسي) ، E_r° (جهد الاختزال القياسي) من حيث مدلولاتها والفروق بينها .
- ٣ - اطلب إليهم تذكر الظروف القياسية في الخلايا من حيث تركيز المحاليل والحرارة والضغط .
- ٤ - اكتب على السبورة القانون التالي لحساب جهد الخلية القياسي ، وناقش الطلاب في تفسير هذا القانون وتطبيقاته :

$$\Delta E^\circ_{\text{cell}} = E^\circ_{\text{r (cathode)}} - E^\circ_{\text{r (anode)}}$$

مخرجات التعلم :

١٢-٢-ب : التنبؤ بمعادلة نصف التفاعل التي تحدث عند كل قطب في الخلية الكهروكيميائية وكتابتها .

١٢-٢-ج : تفسير قيم جهود الاختزال القياسية منسوبة إلى جهد قطب الهيدروجين القياسي الذي قيمته صفر فولت في الظروف القياسية .

١٢-٢-١م : تصميم تجربة تتضمن شكلاً تخطيطياً لاختبار التنبؤات المتعلقة بالتلقائية والناتج والجهود القياسية للتفاعلات التي تحدث في الخلايا الكهروكيميائية

١٢-٢-٣ب : استخدام جدول جهود الاختزال القياسية كأداة لمعرفة التلقائية في تفاعلات التأكسد والاختزال ونواتجها .

التقديم والتنظيم :

١- اطرح أسئلة مفتاحية على الطلاب حول جهد القطب مثل: ما وحدة قياس جهد القطب؟، كيف يمكن قياس جهد القطب؟ هل هناك أداة لقياس جهد القطب؟.

٢- من الممكن أن تحضر قطب هيدروجين قياسي أو أكثر إلى غرفة الصف لشرح مواصفاته وإطلاع الطلاب عليه .

٣- ناقش الطلاب في مكونات خلية النحاس والهيدروجين، مبينا اتجاه مؤشر الفولتميتر وذلك من خلال رسم الخلية للتعرف على مهبط الخلية ومصعدها، وبالتالي قيمة جهد قطب النحاس القياسي .

٤- ناقش الطلاب في مكونات خلية الألومنيوم والهيدروجين مبينا اتجاه مؤشر الفولتميتر وذلك من خلال رسم الخلية للتعرف على مهبط الخلية ومصعدها وبالتالي قيمة جهد قطب الألومنيوم القياسي .

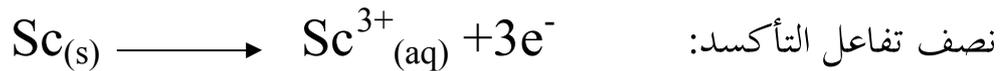
إجابة اختبار فهمك (٢):

$$\Delta E^{\circ}_{\text{cell}} = E^{\circ}_{\text{r (cathode)}} - E^{\circ}_{\text{r (anode)}} \quad (1)$$

$$0.5 = E^{\circ}_{\text{r (Ni}^{2+})} - (-0.76)$$

$$E^{\circ}_{\text{r (Ni}^{2+})} = 0.5 - 0.76 = -0.26\text{V}$$

(٢) يشير الفولتميتر إلى أن قطب النحاس هو المهبط ولذلك يحدث عليه



$$\Delta E^{\circ}_{\text{cell}} = E^{\circ}_{\text{r (cathode)}} - E^{\circ}_{\text{r (anode)}}$$

$$2.36 = 0.34 - E^{\circ}_{\text{r (Sc)}}$$

$$- E^{\circ}_{\text{r (Sc)}} = 2.36 - 0.34 = 2.02 \text{ V}$$

$$E^{\circ}_{\text{r (Sc)}} = -2.02 \text{ V}$$

٣-٢-٢ جدول جهود الاختزال القياسية : *Standard Reduction Potentials Table*

مخرجات التعلم :

١٢-٢-ج : تفسير قيم جهود الاختزال القياسية منسوبة إلى جهد قطب الهيدروجين القياسي الذي قيمته صفر فولت في الظروف القياسية .

١٢-٢-هـ : التنبؤ بتلقائية أو عدم تلقائية تفاعلات التأكسد والاختزال بناء على جهد الخلية القياسي والموقع النسبي لمعادلات التفاعلات النصفية على جدول جهود الاختزال القياسية .

١٢-٣-د : مقارنة التنبؤات بالملاحظات في الخلايا الكهروكيميائية .

١٢-٣-هـ : شرح الاختلافات بين قيم جهود الخلايا النظرية والعملية .

التقديم والتنظيم :

- ١-اطلب إلى الطلاب الاطلاع على جدول جهود الاختزال القياسية وكيفية بناء الجدول .
- ٢-من خلال الجدول ناقشهم في ترتيب قوة العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة والتنبؤ بإمكانية حدوث تفاعلات التأكسد والاختزال بشكل تلقائي ، أو عدم تلقائية هذه التفاعلات وعلاقة ذلك بإشارة جهد الخلية وذلك على اعتبار أن هذه التفاعلات هي تفاعلات خلوية .
- ٣-ناقش الطلاب في الأمثلة المحلولة في هذا البند .

إجابة اختبار فهمك (٣):

١- ترتيب قوة العوامل المؤكسدة تصاعديا كما يلي :

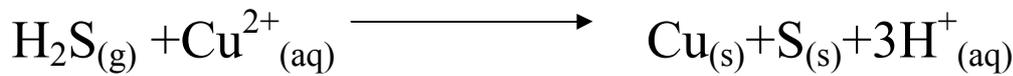


٢- المواد التي يمكن أن تختزل كبريتات الرصاص $PbSO_4$ هي المواد التي لها جهد اختزال أقل من جهد اختزال أيونات الرصاص (Pb^{2+}) وهي : $Cr(s)$

إجابة اختبار فهمك (٤):

١- أ) بما أن جهد اختزال البروم Br_2 أقل من الكلور Cl_2 فلا يحدث تفاعل للبروم Br_2 مع أيونات الكلور Cl^- .

ب) بما أن جهد اختزال أيونات النحاس Cu^{2+} أكبر من ناتج تأكسد H_2S فإن أيونات النحاس Cu^{2+} تؤكسد H_2S كما يلي :



٢- العنصر الذي يتفاعل مع محلول مخفف من HCl هو Sn لأنه عامل مختزل أقوى من الهيدروجين .

٢-٣ الخلايا الإلكتروليتية والتحليل الكهربائي *Electrolytic Cells & Electrolysis*

مخرجات التعلم :

١٢-٢-و : وصف الشروط اللازمة لعمل خلية إلكتروليزية وتفسير كيفية عملها .

٣-١٢-د : مقارنة التنبؤات بالملاحظات في الخلايا الكهروكيميائية .

- ١- اطلب إلى الطلاب تعريف كل من مصطلحات تلقائي وغير تلقائي بالنسبة إلى التفاعلات الكهروكيميائية، والتفريق بين الخلية الجلفانية والخلية الإلكتروليتية أو خلية التحليل الكهربائي وناقشهم في ذلك من خلال المعادلتين اللفظيتين في هذا البند .
- ٢- ناقش الطلاب في آلية التحليل الكهربائي لمحلول بروميد الصوديوم من خلال المفاضلة بين المكونات على الكهرباء ، وتوضيح ما ينتج على الأقطاب من خلال جدول جهود الاختزال
- ٣- تنفيذ الاستكشاف رقم (٢) وتفسير الأسئلة المتعلقة به .

الاستكشاف رقم (٢): تحليل محلول يوديد البوتاسيوم

الإعداد المسبق :

بالتعاون مع فني المختبر حضر المواد والأدوات اللازمة للاستكشاف .

الزمن المطلوب : ٣٠ دقيقة

الإجراءات:

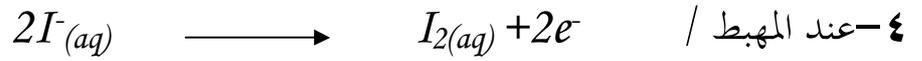
- ١- قسم طلاب الصف إلى ست مجموعات، ثم وزع على كل مجموعة المواد والأدوات اللازمة لتنفيذ الاستكشاف.
- ٢- اطلب إليهم تنفيذ خطوات الاستكشاف بدقة مستخدمين الحد الأدنى من المواد وعدم إهدارها .
- ٣- اطلب إليهم تسجيل نتائج الاستكشاف أولاً بأول .

التحليل والتفسير :

١- لا يتغير لون أوراق تباغ الشمس عند وضعها في المحلول المحيط بالقطبين قبل إمرار التيار الكهربائي .

٢- يتغير لون ورقة تباغ الشمس إلى اللون الأزرق عند وضعها في المحلول المحيط بالمصعد لوجود أيونات OH^- بينما لا يتغير لون الورقة عند وضعها في المحلول المحيط بالمهبط بعد إمرار التيار الكهربائي .

٣- يتحول لون محلول النشا إلى اللون الأزرق عند المهبط، وذلك لتكون اليود ولا يتغير عند المصعد



٥- المصدر الكهربائي يقوم بتزويد الطاقة اللازمة لإحداث تفاعلي التأكسد والاختزال .

٢-٤ التطبيقات العملية والتقنية على الخلايا الكهروكيميائية

Practical & Technological Applications of Electrochemical Cells

مخرجات التعلم :

١٢-٢- ح : تحليل العلاقة بين المعرفة العلمية والتطور التقني في تطبيقات الخلايا الجلفانية والإلكترونية كالتطبيقات في البطاريات والطلاء الكهربائي وتنقية المعادن من خاماتها وتعقيم المياه بمركبات الكلور .

١٢-٢- ط : استقصاء فائدة التقنية مثل الجلفنة والتعدين والطلاء والحماية المهبطية لحل

المشاكل المرتبطة بالتآكل .

م-٤-١٢-٢ ب : تبادل الأسئلة والمناقشات حول بيانات ونتائج واستكشافات التغيرات الكهروكيميائية التي جمعها كل طالب مع بقية أعضاء المجموعة والمجموعات الأخرى.

١٢-٢-٢ ي : تقدير الأهمية الاقتصادية للخلايا الكهروكيميائية، وخاصة خلايا الوقود وبيان أهميتها المستقبلية في النقل وتدوير المعادن .

م-٤-١٢-١ ب : تبادل الأفكار مع الآخرين حول التطبيقات العملية والتقنية على الخلايا الكهروكيميائية .

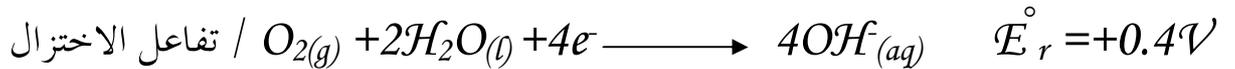
م-٤-١٢-٢ أ : العمل مع أعضاء المجموعة تعاونياً لإجراء الاستقصاءات .

التقديم والتنظيم (الجزء ٢-٤-١) الخلايا والبطاريات :

- ١- يمكنك أن تستعرض أجزاء هذا البند كما هي مقسمة في كتاب الطالب فإذا بدأت بالجزء ١-٤-٢ فاطرح على الطلاب أسئلة تتعلق بخلفيتهم المعرفية والحياتية عن البطاريات مثل البطارية الجافة وبطارية السيارة مثل : هل حاولت التعرف على مكونات بطارية سيارتك ؟ ، هل استخدمت أنواعاً أخرى من البطاريات ؟
- ٢- ناقشهم في مكونات أنواع البطاريات والأمثلة عليها والتفاعلات التي تحدث فيها واستخداماتها .
- ٣- وضع مكونات خلية الوقود وفوائدها وعيوبها .

إجابة اختبار فهمك (٥):

تفاعلات خلية الوقود :



● لاحظ مساواة أعداد الإلكترونات .

التقديم والتنظيم :

- ١ - إسأل الطلاب أسئلة مثل :هل تتآكل جميع المعادن ؟ هل لاحظت معادن لا تصدأ ؟
- ٢ - وضح لهم أن صدأ الحديد عبارة عن عملية كهروكيميائية، وذلك من خلال تفاعلات التأكسد والاختزال التي تحدث .
- ٣ - ناقشهم في الطرق المستخدمة لحماية الحديد من الصدأ .

إجابة اختبار فهمك (٦):

- أمثلة على المعادن غير القابلة للتآكل :الذهب والفضة والزئبق
- أمثلة على المعادن القابلة للتآكل : الماغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم

إجابة اختبار فهمك (٧):

يعتمد التقرير على جهد الطالب وقدرته على الحصول على المعلومات من الجهات التي تهتم بهذا الموضوع مثل وزارة الصناعة والتجارة .

التقديم والتنظيم (الجزء ٢-٤-٣) تكنولوجيا التحليل الكهربائي

- ١ - يتعلق هذا الجزء بتكنولوجيا التحليل الكهربائي الذي يعتبر استخلاص العناصر من خاماتها من أهم تطبيقاته العملية، ولذلك ناقش الطلاب مرة ثانية في آلية التحليل الكهربائي.
- ٢ - اطلب إليهم كتابة معادلات التأكسد والاختزال التي تحدث عند تحليل مصهور أكسيد الألومنيوم ، ثم ناقشهم في مكونات خلية هول هيرولت وآلية عملها .
- ٣ - ناقشهم في تنقية النحاس غير النقي المستخلص من خاماته بواسطة التحليل الكهربائي، وذلك من خلال طرح أسئلة حول الفرق بين الاستخلاص والتنقية وما يحدث أثناء عملية التنقية.

٤ - اسأل الطلاب عن أهم العناصر المعدنية التي نستخدمها في حياتنا، وهل هذه العناصر قابلة للتآكل (الصدأ)؟ وهل هنالك وسائل لحمايتها من التآكل؟ ثم ناقشهم في آلية الطلاء الكهربائي، ويمكنك استخدام الوسائط الإلكترونية لتوضيح ذلك .

إجابة اختبار فهمك (٨):

- ١ - الصوديوم والبوتاسيوم والألومنيوم يصعب اختزال أيوناتها في محاليلها، وتقع تحت الماء في جدول جهود الاختزال، ولذلك تختزل جزيئات الماء عند إجراء التحليل الكهربائي لمحاليلها .
- ٢ - لا تتأكسد شوائب الذهب والفضة عند تنقية النحاس، لأن لها جهود اختزال، أي أنها تحتاج إلى طاقة عالية للتأكسد أكثر من النحاس .
- ٣ - لأن جهود اختزال كل من أيونات الحديد والخاصين سالبة ولذلك تختزل أيونات النحاس قبلها في خلية تنقية النحاس .

إجابة اختبار فهمك (٩):

في عملية الطلاء الكهربائي لا يحدث تغير على تركيز المحلول الإلكتروليتي، لأن ذرات المصعد تتأكسد متحولة إلى أيونات في المحلول تختزل وترسب على المهبط، وبذلك فإن أيونات المحلول لا يتغير تركيزها .

٥-٢ حسابات التحليل الكهربائي *Electrolysis Stoichiometry*

مخرجات التعلم :

١٢-٢-ز : حساب كميات كل من الكتلة وشدة التيار والزمن في الخلايا الجلفانية والإلكتروليتية، وذلك بتطبيق قانون فارادى .

٣م-١٢-٢ج : تعيين أوجه القصور في البيانات التي تجمع عن الخلايا الكهروكيميائية .

٣م-١٢-٢د : مقارنة التنبؤات بالملاحظات في الخلايا الكهروكيميائية .

التقديم والتنظيم :

١- اطرح على الطلاب أسئلة تخص العلاقة بين كمية الكهرباء وكمية التغير في المادة في الخلايا الكهروكيميائية بنوعها مثل :على ماذا تعتمد فولتية الكهرباء الناتجة من خلية جلفانية ؟ هل هنالك علاقة بين الكهرباء والإلكترونات ؟

٢- وضح العلاقة بين كمية الكهرباء وشدة التيار وزمن مرور هذا التيار في الخلايا .

٣- اشرح العلاقة بين كمية الكهرباء وكمية المادة الناتجة، وذلك من خلال فرضية فارادى .

إجابة اختبار فهمك (١٠):

١- شدة التيار = 250mA = 0.25 A ، كمية الكهرباء = 40 C

$$Q_{(C)} = I_{(A)} \cdot t_{(s)} \quad t_{(s)} = Q_{(C)} / I_{(A)}$$

$$\text{زمن مرور التيار } (t_{(s)}) = 40 \div 0.25 = 160 \text{ s}$$

$$\text{شدة التيار} = 300\text{kA} = 3 \times 10^5 \text{ A} \quad -٢$$

$$\text{زمن مرور التيار } (t_{(s)}) = 24\text{h} = 24 \times 60 \times 60 = 8.64 \times 10^4 \text{ s}$$

$$\text{كمية الكهرباء } Q = 3 \times 10^5 \times 8.64 \times 10^4 = 2.592 \times 10^{12} \text{ C}$$

إجابة اختبار فهمك (١١):

١ - العلاقة بين كمية المادة المترسبة وشحنة أيون العنصر هي :

$$\frac{\text{شحنة أيون العنصر في الخلية الثانية}}{\text{شحنة أيون العنصر في الخلية الأولى}} = \frac{\text{كتلة المادة المترسبة في الخلية الأولى}}{\text{كتلة المادة المترسبة في الخلية الثانية}}$$

٢ - لحساب شدة التيار المار في الخلية

$$\text{عدد مولات الفضة المترسبة} = 0.175 \div 108 = 0.0016 \text{ mol}$$

$$\text{عدد المولات} : \text{كمية الكهرباء}$$

$$1 \text{ mol} : 96500 \text{ C}$$

$$0.00162 \text{ mol} : \text{؟}$$

$$\text{كمية الكهرباء} = 96500 \times 0.00162 = 156.4 \text{ C}$$

$$\text{شدة التيار} = 156.4 \div (10 \times 60) = 0.26 \text{ A}$$

إجابة أسئلة الفصل الثاني

السؤال الأول :

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ج - ٤ | د - ٣ | ب - ٢ | ج - ١ |
| أ - ٨ | د - ٧ | ب - ٦ | د - ٥ |
| ج - ١٢ | ج - ١١ | أ - ١٠ | د - ٩ |
| | د - ١٥ | د - ١٤ | أ - ١٣ |

السؤال الثاني:

المهبط في هذه الخلية هو النحاس ، ويحدث عليه اختزال لأيونات النحاس .

$$\text{كتلة النحاس المترسبة} = 24.295 - 21.12 = 3.175 \text{g}$$

$$\text{عدد مولات النحاس المترسبة} = 3.175 \div 63.5 = 0.05 \text{ mol}$$



حسب المعادلة : 1 mol (Cu) يلزمها 2F ($96500 \times 2 \text{ C}$)
 0.05 mol ؟

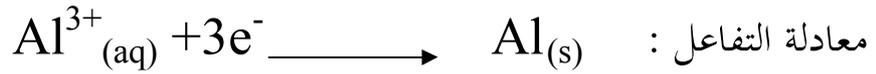
$$\text{كمية الكهرباء الناتجة (Q)} = 0.05 \times 2 \times 96500 = 9650 \text{ C}$$

$$I_{(\text{A})} = Q_{(\text{C})} / t_{(\text{s})} \quad , \quad I_{(\text{A})} \cdot t_{(\text{s})}$$

$$\text{شدة التيار} = 9650 \div (24 \times 60 \times 60) = 0.112 \text{A}$$

السؤال الثالث :

$$\text{كمية الكهرباء (Q)} = 150000 \times 10 \times 60 \times 60 = 5.4 \times 10^9 \text{ C}$$



$$(3 \times 96500 \text{ C}) \quad 3\text{F} \quad \text{يلزمها} \quad 1 \text{ mol (Al)}$$

$$5.4 \times 10^9 \text{ C} \quad ?$$

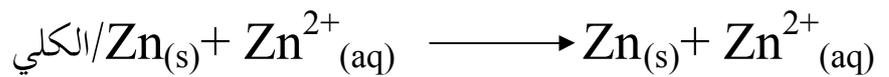
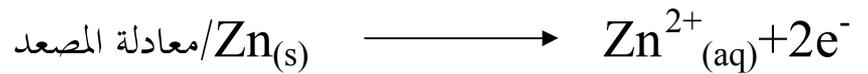
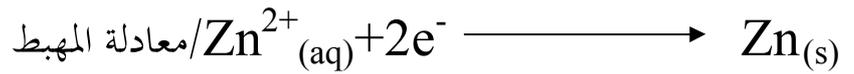
$$\text{عدد مولات الألمنيوم} = 5.4 \times 10^9 \div 3 \times 96500 = 1.87 \times 10^4 \text{ mol}$$

$$\text{كتلة الألمنيوم الناتجة} = 1.87 \times 10^4 \times 27 = 50.49 \times 10^4 \text{ g}$$

$$= 504.9 \text{ Kg}$$

السؤال الرابع :

(أ)



$$\text{ب) عدد مولات الخارصين} = 1000 \div 65.4 = 15.29 \text{ mol}$$

$$(2 \times 96500 \text{ C}) \quad 2\text{F} \quad \text{يلزمه} \quad 1 \text{ mol (Zn)}$$

$$? \quad 15.29 \text{ mol}$$

$$\text{كمية الكهرباء (Q)} = 2 \times 96500 \times 15.29 = 2950970 \text{ C}$$

$$\text{الزمن اللازم بالدقائق} = 2950970 \div 5000 = 590 \text{ s} = 9.84$$

السؤال الخامس :

أ) لحساب قيم جهود الاختزال تذكر أنه في الخلية الجلفانية تنتقل الإلكترونات من المصعد (يحدث تأكسد) إلى المهبط (يحدث اختزال)

$$\Delta E^{\circ}_{\text{Cell}} = E^{\circ}_{\text{r(cathode)}} - E^{\circ}_{\text{r(anode)}}$$

$$1.4 = -0.26 - E^{\circ}_{\text{r(A)}} \quad \text{- خلية Ni، A}$$

$$E^{\circ}_{\text{r(A)}} = -1.66\text{V}$$

$$1.06 = E^{\circ}_{\text{r(B)}} - (-0.26) \quad \text{- خلية Ni، B}$$

$$E^{\circ}_{\text{r(B)}} = 1.06 - 0.26 = 0.8\text{V}$$

$$0.5 = -0.26 - (E^{\circ}_{\text{r(C)}}) \quad \text{- خلية Ni، C}$$

$$E^{\circ}_{\text{r(C)}} = -0.76\text{V}$$

$$0.6 = E^{\circ}_{\text{r(D)}} - (-0.26) \quad \text{- خلية Ni، D}$$

$$E^{\circ}_{\text{r(D)}} = 0.6 - 0.26 = 0.34\text{V}$$

$$0.95 = -0.26 - (E^{\circ}_{\text{r(G)}}) \quad \text{- خلية Ni، G}$$

$$E^{\circ}_{\text{r(G)}} = -1.21\text{V}$$

ب) ترتيب قوتها كعوامل مختزلة في سلسلة من الأعلى إلى الأسفل كما يلي:

العنصر	E_r°
B	0.8 V
D	0.34V
Ni	- 0.26V
C	-0.76V
G	-1.21V
A	-1.66V

ج) بما أن A يوجد تحت D في سلسلة جهود الاختزال ففي الخلية المكونة منهما كقطبين فإن A يختزل أيونات D وبالتالي فإن

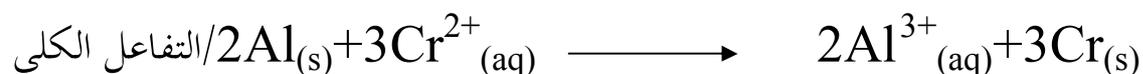
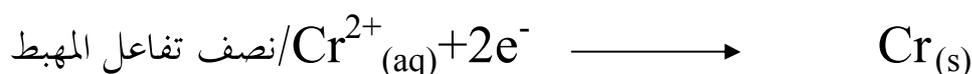
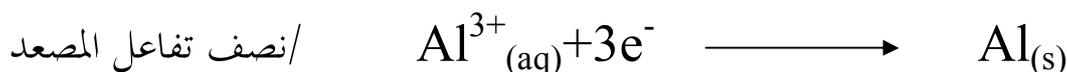
$$\Delta E_{\text{Cell}}^\circ = E_{r(D)}^\circ - E_{r(A)}^\circ \\ = 0.34 + 1.66 = 2.0V$$

د) لا يمكن حفظ محلول من أملاح العنصر B في وعاء من العنصر G لأن B يوجد فوق G في سلسلة جهود الاختزال، وهو ما يعني أن أيونات B تؤكسد ذرات العنصر G فيذوب هذا الوعاء .

السؤال السادس :

أ) الألومنيوم يقع تحت الكروم، ولذلك فإن التأكسد سيتم للألومنيوم ويكون قطب الألومنيوم مصعدا ، ويتم الاختزال لأيونات الكروم حيث يكون قطب الكروم مهبطا .

$$\Delta E^{\circ}_{\text{Cell}} = E^{\circ}_{\text{r (cathode)}} - E^{\circ}_{\text{r (anode)}} \\ = -0.91 - (-1.66) = 0.75V$$



ب) أقوى العوامل المؤكسدة $\text{Au}^{3+}_{(\text{aq})}$ وأقوى العوامل المختزلة $\text{Al}_{(\text{s})}$.

ج) الكروم يمكن أن يختزل أيونات Au^{3+} ، Ag^{+} ، Sn^{2+} .

د) العناصر التي يمكن أن تتأكسد بواسطة أيونات Sn^{2+} هي Al ، Cr .

هـ) الخلية الأكبر فولتية تتكون من قطبي الذهب (مهبط) والألومنيوم (مصعد)

$$E^{\circ}_{\text{Cell}} = 1.5 + 1.66 = 3.16 V$$

**الوحدة الثانية : تغيرات
الطاقة وسرعة التفاعلات**
*Energy Changes and
Rate of Reactions*

تعتبر هذه الوحدة فرعاً مهماً من فروع علم الكيمياء فهي تحتوي على موضوعات علمية أساسية وهادفة تزيد من حصيلة المفاهيم الكيميائية لدى الطالب.

لقد تم تأليف هذه الوحدة لتكون مكملة لما درسه الطالب في الصفوف السابقة ، حيث إنها تضيف إليه مفاهيم كيميائية جديدة تكسبه العديد من المهارات العملية. تتكون هذه الوحدة من فصلين: يختص الفصل الأول بدراسة الكيمياء الحرارية التي تهتم بدراسة العلاقة بين الحرارة والطاقة، ويركز على دراسة كمية الحرارة الممتصة أو المنطلقة أثناء التفاعل الكيميائي. كما سيتعرف الطالب مفهوم التغير في المحتوى الحراري باستخدام المعادلات الكيميائية الحرارية وكيفية الاستفادة من الطاقة الحرارية في التطبيقات الحياتية . أما الفصل الثاني فقد ركز على دراسة معدل سرعة التفاعلات الكيميائية وكيفية حسابها، واهتم أيضاً بدراسة العوامل المؤثرة على سرعة التفاعلات الكيميائية باستخدام بعض النظريات والقوانين العلمية. تتضمن الوحدة عدداً من التطبيقات الحياتية للمفاهيم الكيميائية وبعض المعلومات التي يستفيد منها الطالب عند دراسته للوحدة.

- اطلب إلى الطلاب محاولة الإجابة عن أسئلة الوحدة.

إجابات أسئلة مقدمة الوحدة

١- يعبر عن المحتوى الحراري بأنه الطاقة الكلية للنظام تحت ضغط ثابت، ويرمز إليه بالرمز H وكل مادة نقية لها محتوى حراري ، وعندما يحدث تفاعل فإن كمية الحرارة الممتصة أو المنطلقة تساوي الفرق بين المحتوى الحراري للمواد الناتجة والمحتوى الحراري للمواد المتفاعلة، ويعبر عنه بالتغير في المحتوى الحراري للتفاعل ΔH ، ولقياس هذه الكمية يستخدم المسعر الذي يعتمد على كتل المواد والتغير في درجة الحرارة.

٢- باستخدام المحتوى الحراري المولاري للاحتراق والذي يساوي كمية الحرارة المنطلقة عند احتراق مول واحد من المادة.

٣- طبيعة المواد المتفاعلة، مساحة السطح، تركيز المواد المتفاعلة، درجة الحرارة والعامل الحفاز.

٤- يعمل العامل الحفاز على تقليل طاقة التنشيط اللازمة لحدوث التفاعل، وهو ما يزيد من سرعة التفاعل الكيميائي.

٥- بزيادة درجة الحرارة يزداد عدد التصادمات الفعالة بين الجزيئات، الأمر الذي يؤدي إلى كسر الروابط بين المواد المتفاعلة وتكوين روابط جديدة بين المواد الناتجة.

مخرجات التعلم :

أولاً : المخرجات المعرفية

١٢-٣ تحديد وتفسير تغيرات الطاقة في التفاعلات الكيميائية .

أ : استرجاع تطبيق $q = mc\Delta t$ الخاص بحساب كمية الطاقة.

ب : تصنيف التفاعلات الكيميائية على أساس أنها ماصة للحرارة أو طاردة للحرارة مع إشارة خاصة إلى عمليات التمثيل الضوئي والتنفس والاحتراق الهيدروكربوني.

ج : تعريف المحتوى الحراري والمحتوى الحراري المولاري للتفاعلات الكيميائية.

د : كتابة معادلات موازنة للتفاعلات الكيميائية التي تحتوي على تغيرات في الطاقة.

هـ : استخدام الرمز ΔH وتفسيره لحساب تغيرات الطاقة في التفاعلات الكيميائية.

و : التنبؤ بالتغير في المحتوى الحراري في معادلة كيميائية باستخدام قيم حرارة التكوين القياسية ، حرارة الانصهار والتجمد.

ز : شرح قانون هس واستخدامه لحساب تغيرات الطاقة لتفاعل معين من سلسلة تفاعلات كيميائية.

ح : استخدام بيانات قياس الحرارة لتحديد التغيرات التي تحدث في الحرارة في المعادلات الكيميائية.

١٢-٤ شرح كيف تؤثر بها العوامل المختلفة في سرعة التفاعل.

أ : تعريف طاقة التنشيط بأنها عبارة عن حاجز الطاقة الذي يجب تجاوزه ليحدث أي تفاعل كيميائي.

ب : استخدام نظرية التصادم لتفسير تغيرات الطاقة التي تحدث خلال التفاعلات الكيميائية بالإشارة إلى تفكك الروابط وتكوينها والتغيرات في طاقة الوضع وطاقة الحركة .

ج : تحليل وعنونة منحنيات الطاقة للتفاعل الكيميائي متضمنة المواد المتفاعلة والناجثة وتغير المحتوى الحراري وطاقة التنشيط .

د : وصف كيف أن معدل سرعة التفاعل يتحدد من خلال طبيعة المواد المتفاعلة ، ومساحة سطح التفاعل وتركيز المواد المتفاعلة ودرجة الحرارة .

هـ : تفسير كيف يزيد العامل الحفاز من معدل سرعة التفاعل وذلك بتوفير مسار بديل للتفاعل بدون أن تتغير الكمية النهائية للطاقة (الأنزيمات كمثال للتفاعلات الحيوية) .

و : تعيين معدل سرعة التفاعل باستخدام التغير في تراكيز المواد الداخلة في التفاعل وتعبير قانون سرعة التفاعل .

ز : تفسير كيفية استخدام التقنيات لحل المشكلات من خلال :

أ) الاستغلال الأمثل للوقود الأحفوري وذلك لإنتاج كمية أكبر من الوقود الأكثر استخداماً في الحياة (الجازولين) .

ب) شرح الكيفية التي تخفض بها المواد المحفزة في المحولات الحفازة من التلوث في الهواء .

ج) استغلال العوامل الحفازة في الصناعات الكيميائية .

ثانيا : المخرجات المهارية

البند الأول : المبادرة والتخطيط :

م ١ - ١٢ - ١ : طرح أسئلة حول العلاقات الملاحظة وتخطيط عمليات اسقضاء

للأسئلة والأفكار والمشكلات والقضايا

ب- التنبؤ بالتغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما باستخدام قانون هس .

ج - التنبؤ بأثر التغير في التركيز على سرعة التفاعل من خلال استخدام قانون سرعة التفاعل

ورتبة التفاعل .

م ١-١٢-٢: تصميم تجربة وتحديد المتغيرات

ج- تصميم تجربة للتعرف على التفاعلات الماصة والطاردة للحرارة .

د- تصميم تجربة عملية لدراسة أثر العامل الحافز على سرعة التفاعل الكيميائي.

م ١-١٢-٣: اختيار الأدوات المناسبة لجمع المعلومات.

ج- استخدام موازين الحرارة أو المجسات الإلكترونية المناسبة لقياس تغيرات درجة الحرارة.

د- استخدام جدول المحتوى الحراري القياسي للتكوين كأداة لحساب التغير في المحتوى

الحراري القياسي لتفاعل ما.

هـ- استخدام الحاسوب من أجل دراسة أثر التغير في التركيز على سرعة التفاعل الكيميائي .

و- استخدام الرموز العالمية للمصطلحات العالمية مثل قانون سرعة التفاعل (R).

ز- استخدام مجسات الحرارة الإلكترونية أو مقياس الحرارة لقياس التغير في درجة الحرارة .

البند الثاني : التنفيذ والتدوين

م ١-١٢-٢: تنفيذ خطوات تجربة وضبط متغيراتها

أ- إجراء تجارب عملية لقياس التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الكيميائية.

م ١-١٢-٢ : تنظيم البيانات في أشكال وجداول تتناسب مع النص أو التجربة .

ج- رسم أشكال بيانية تبين تغيرات الطاقة للتفاعلات الكيميائية .

البند الثالث : التحليل والتفسير :

م ٣-١٢-٢ تحليل المعلومات والبيانات المقدمة في جداول أو رسوم بيانية .

و- مقارنة تغيرات الطاقة المرتبطة بمختلف التفاعلات الكيميائية من خلال تحليل البيانات والأشكال البيانية .

ز- رسم وتفسير الأشكال البيانية للطاقة في التفاعلات الكيميائية.

ح- تفسير أثر التغير في كل من التركيز ودرجة الحرارة على سرعة التفاعل من خلال نظرية التصادم .

م ٣-١٢-٣ : تحديد مصادر الخطأ في التجربة

أ- تفسير التباين بين القيمة النظرية لحرارة احتراق الوقود الكحولي والقيمة المحسوبة عملياً .

ب- معالجة البيانات من خلال الأدوات المناسبة مثل الآلة الحاسبة وقواعد البيانات .

البند الرابع : الاتصال وعمل الفريق :

م ٤-١٢-١ : استقبال وفهم أفكار الآخرين

أ- اختيار واستخدام طرق التمثيل العددية والرمزية والبيانية واللغوية المناسبة لعرض وتبادل الأفكار والخطط والنتائج .

ج- تبادل الأفكار مع الآخرين حول أهمية العوامل الحفازة .

د- تبادل الأفكار مع الآخرين حول التطبيقات العملية لكمية الحرارة .

م ٤-١٢-٢ : تبادل الأسئلة والاهتمامات والخطط والنتائج باستخدام لغة مكتوبة أو حوار

شفوي أو رموز أو أشكال أو غيرها .

أ- العمل مع أعضاء المجموعة تعاونياً لإجراء الاستقصاءات .

ج- تبادل الأسئلة والمناقشات حول بيانات ونتائج تجارب واستكشافات تغيرات الطاقة التي

جمعها كل طالب مع بقية أعضاء المجموعة والمجموعات الأخرى .

جدول يبين التوزيع المقترح لبنود الوحدة الثانية على عدد الحصص المقررة

للوحدة:

عدد الحصص المقترح	عنوان البند	رقم البند
١	قياس كمية الحرارة	١-٣
١	الحرارة وتغيرات الطاقة	٢-٣
١	المحتوى الحراري والتغير في المحتوى الحراري	٣-٣
١	حرارة ذوبان الاملاح	الاستكشاف (١)
١	المعادلات الكيميائية الحرارية	٤-٣
٢	المحتوى الحراري المولاري	٥-٣
١	حرارة احتراق الإيثانول	الاستكشاف (٢)
١	التغير في المحتوى الحراري للانصهار والتجمد والاستكشاف (٣)	٦-٣
٢	المحتوى الحراري القياسي للتكوين	٧-٣
٢	قانون هس	٨-٣
١	الدرس العملي الثالث	
١	أسئلة الفصل الثالث	
٢	سرعة التفاعل الكيميائي	١-٤

١	العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي	٢-٤
١	مساحة سطح المواد المتفاعلة	الاستكشاف (١)
٢	العلاقة بين التغير في التركيز وسرعة التفاعل	الاستكشاف (٢)
١	أهمية العوامل الحفازة	٣-٤
١	الدرس العملي الرابع	
١	أسئلة الفصل الرابع	
٢٤	مجموع الحصص	

الفصل الثالث:

تغيرات الطاقة في التفاعلات الكيميائية

Energy Changes in Chemical Reactions

افتتاحية الفصل :

سوف يدرس الطالب في هذا الفصل التغيرات الحرارية المصاحبة للتفاعلات الكيميائية، وسيتعرف التغير في المحتوى الحراري وأشكاله، مثل التغير في المحتوى الحراري القياسي للتكوين وأهميته في حساب حرارة التفاعل، والعلاقة بين كمية الحرارة والتغير في المحتوى الحراري. وسيتعرف أيضا من خلال دراسته للفصل بعض المصطلحات الكيميائية الجديدة مثل: النظام، الوسط المحيط، المحتوى الحراري المولاري، المحتوى الحراري القياسي للتكوين وغيرها من المفاهيم.

سيقوم الطلاب بإجراء استكشافات الفصل، وذلك لتحقيق المخرجات المعرفية والمهارية.

١-٣ قياس كمية الحرارة: Calorimetry

مخرجات التعلم المعرفية والمهارية:

١٢-٣-أ: استرجاع تطبيق قانون $q = mc\Delta T$ الخاص بحساب كمية الطاقة.

م ٤-١٢-١: تبادل الأفكار مع الآخرين حول التطبيقات العملية لكمية الحرارة.

التقديم والتنظيم :

- استرجع مع الطلاب كيفية استخدام السعة الحرارية النوعية في حساب كمية الحرارة الناتجة من التفاعل الكيميائي.

- اشرح لهم كيف يمكن قياس كمية الحرارة.
- وضح لهم أنواع المسعرات وكيف يمكن بناء مسعر مبسط من مواد بسيطة.
- اعرض لهم بعض النماذج للمسعرات إن وجدت.
- اطلب إليهم توضيح سبب ارتفاع قيمة السعة الحرارية النوعية للماء وأثرها على بعض الظواهر الطبيعية للماء.
- درهم على حل الأمثلة الموضحة في الدرس.

إجابة اختبار فهمك (١):

- وذلك لأن الكراسي تكون عادة مصنوعة من الخشب أو الحديد وبمقارنة السعة الحرارية النوعية للماء عن هذه المواد نجد السعة الحرارية النوعية للماء $4.18 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$ أكبر بكثير من السعة الحرارية النوعية لهذه المواد، ارجع للجدول (٣-١).

إجابة اختبار فهمك (٢):

$$1 - \Delta T = 48 - 25 = 23^\circ\text{C} , m = 95.4 \text{ g} , q = 849 \text{ J} , c = ?$$

$$q = mc\Delta T$$

$$849 \text{ J} = (95.4 \text{ g})c(23^\circ\text{C})$$

$$c = 0.387 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

٢- لا ، لأن السعة الحرارية النوعية ثابتة لا تعتمد على كتلة المادة.

$$3 - c = 3.5 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} , m = 4 \text{ kg} , q = 250 \text{ kJ} , \Delta T = ?$$

$$q = mc\Delta T$$

$$250 \text{ kJ} = (4 \text{ kg})(3.5 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}) \Delta T$$

$$\Delta T = 17.9^\circ\text{C}$$

٣ - ١٢ الحرارة وتغيرات الطاقة: Heat & Energy Change

مخرجات التعلم المعرفية والمهارية:

- ١٢-٣-ب: تصنيف التفاعلات الكيميائية على أساس أنها ماصة للحرارة أو طاردة للحرارة مع إشارة خاصة إلى عمليات التمثيل الضوئي والتنفس والاحتراق الهيدروكربوني.
- ١٢-٣-ج: تصميم تجربة للتعرف على التفاعلات الماصة والطاردة للحرارة.

التقديم والتنظيم :

- وضح للطلاب مفهوم النظام والوسط المحيط.
- اشرح لهم اتجاه سريان الحرارة في التفاعلات الطاردة والماصة باستخدام شفافية توضح ذلك الشكل (٣-٣).
- اطرح عليهم أسئلة مثل: ما نص قانون حفظ الطاقة؟ ما علاقة هذا النص وانتقال الحرارة من الوسط إلى النظام والعكس، ثم اسألهم لماذا تعتبر عملية التمثيل الضوئي ماصة للحرارة؟ وما العلاقة بين عملية التمثيل الضوئي والتنفس؟

إجابة اختبار فهمك (٣):

- التنفس (طاردة للحرارة) ، هضم الطعام (طاردة للحرارة كمحصلة نهائية) ، صناعة خبز (ماصة للحرارة) .

مخرجات التعلم:

- ١٢-٣-ج: تعريف المحتوى الحراري والمحتوى الحراري المولاري للتفاعلات الكيميائية.
- ١٢-٣-هـ: استخدام الرمز ΔH وتفسيره لحساب تغيرات الطاقة في التفاعلات الكيميائية.
- ١٢-٢-أ: إجراء تجارب عملية لقياس التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الكيميائية.
- ١٢-٢-ج: رسم أشكال بيانية تبين تغيرات الطاقة للتفاعلات الكيميائية.
- ١٢-٣-ز: رسم وتفسير الأشكال البيانية للطاقة في التفاعلات الكيميائية.

التقديم والتنظيم :

- ناقش الطلاب في مفهوم المحتوى الحراري والتغير في المحتوى الحراري.
- وضح لهم باستخدام الرسوم البيانية العلاقة بين المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة والناجحة في التفاعلات الطاردة والماصة للحرارة.
- قم بإجراء تجربة بسيطة توضح لهم التفاعلات الطاردة والماصة. على سبيل المثال: إضافة ملعقة من كبريتات النحاس اللامائية إلى الماء، واسألهم عن نوع التفاعل (سيكون طارداً للحرارة بسبب ارتفاع في درجة الحرارة)، ثم قم بإضافة ملعقة من كبريتات النحاس المائية إلى كوب آخر من الماء، واسألهم عن نوع التفاعل (سيكون تفاعلاً ماصاً للحرارة نتيجة انخفاض درجة الحرارة).
- ناقشهم في الفروق بين التفاعلات الطاردة والماصة باستخدام الجدول الموضح في الدرس.
- اسألهم ما التغير في المحتوى الحراري القياسي ΔH^0 .
- وجه الطلاب إلى تنفيذ الاستكشاف (١).

إجابة اختبار فهمك (٤):

تكون قيمة ΔH موجبة في التفاعلات الماصة، وذلك لأن المحتوى الحراري للمواد الناتجة أكبر من المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة وتكون قيمتها سالبة في التفاعلات الطاردة للحرارة، وذلك لأن المحتوى الحراري للمواد الناتجة أقل من المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة وفقا للمعادلة التالية:

$$\Delta H = \sum H(\text{نواتج}) - \sum H(\text{متفاعلة})$$

$$\Delta H = \sum H(\text{مواد متفاعلة}) - \sum H(\text{مواد ناتجة})$$

إجابة اختبار فهمك (٥):

١- نلاحظ انخفاضاً في درجة حرارة الوسط، وهو ما يدل على أن التفاعل ماص للحرارة ثم تستقر درجة الحرارة وذلك لوصول النظام إلى حالة الاتزان الحراري.

٢- غازي الهيدروجين والأكسجين، وذلك لأن قيمة التغير في المحتوى الحراري سالبة فإن المحتوى الحراري لغازي الهيدروجين والأكسجين أكبر من المحتوى الحراري لبخار للماء.

استكشاف (١) حرارة ذوبان الأملاح (المحتوى الحراري للمحلول)

الزمن: ٢٥ دقيقة.

حجم المجموعة: ٥-٦ طلاب.

الإجراءات:

١- أعط كل مجموعة 8g مادة نترات الأمونيوم أو كلوريد الأمونيوم بدون أن تخبرهم باسم المادة.

٢- اطلب إليهم تنفيذ خطوات الاستكشاف وساعدهم في بناء المسعر البسيط.

٣- اطلب إليهم الدقة في تسجيل درجة حرارة الماء قبل إضافة المادة وبعد إضافتها.

١- استخدم معادلة: $q = mc\Delta T$ لإيجاد كمية الحرارة حيث ΔT درجة حرارة المحلول -

درجة حرارة الماء، $c=4.18 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$ ، $m=8\text{g}$

٢- ماص للحرارة (بسبب انخفاض في درجة الحرارة)

٣- الاجابة تعتمد على نتائج الاستكشاف.

٤- NH_4Cl أو NH_4NO_3

٥- وذلك لأن في المحاليل المائية تكون السعة الحرارية النوعية لهذه المحاليل قريبة جداً من

السعة الحرارية النوعية للماء.

خلفية علمية: الطاقة الداخلية والمحتوى

الطاقة الداخلية (E) لأي نظام معزول تكون قيمته ثابتة.

وهذا ما نص عليه القانون الأول للديناميكا الحرارية (الطاقة لا تفنى ولا تستحدث وإنما يمكن أن تتحول من شكل إلى آخر أثناء التفاعلات الكيميائية) عند حدوث التفاعلات الكيميائية فإن طاقة المواد المتفاعلة أو الناتجة تتغير ولكن الطاقة الداخلية للنظام تكون ثابتة، ويعتمد تغير الطاقة

على مقدار الشغل المبذول (w) وكمية الحرارة المنطلقة أو المضافة (q) بحيث $\Delta E = q - W$

وإذا لم يحدث تغير في الطاقة الداخلية للنظام فإن الشغل المبذول يساوي كمية الحرارة $q = W$.

في كثير من الحالات ينشأ الشغل المبذول نتيجة تغيرات في الضغط (P) والحجم (V) $P\Delta V$ ، فإذا كان التفاعل يتم عند حجم ثابت فإن $P\Delta V$ يساوي صفراً، أي أن الشغل يساوي صفر

وفي هذه الحالة تكون الطاقة الداخلية تساوي كمية الحرارة أي أن التغير في الطاقة الداخلية يظهر

على شكل تغير حراري فقط، وإذا كانت التفاعلات تحدث عند حجم ثابت فإن المحتوى الحراري H يساوي الطاقة الداخلية للنظام، أما إذا كانت التفاعلات تحدث عند ضغط ثابت (إناء مفتوح بحيث يكون الضغط يساوي الضغط الجوي) فإن النظام يبذل طاقة على هيئة شغل PV فيكون المحتوى الحراري يساوي الطاقة الداخلية للنظام مضافةً إلى الشغل المبذول $H=E+PV$ ، والتغير في المحتوى الحراري يساوي $\Delta H=\Delta E+P\Delta V+V\Delta P$ ويمكن التعويض عن ΔE من القانون الأول $\Delta E=q-w$ و $w=P\Delta V$ فيصبح:

$$\Delta H = q - P\Delta V + P\Delta V + V\Delta P \quad \text{فإن} \quad \Delta H = q + V\Delta P \quad \text{وعند ثبوت الضغط فإن}$$

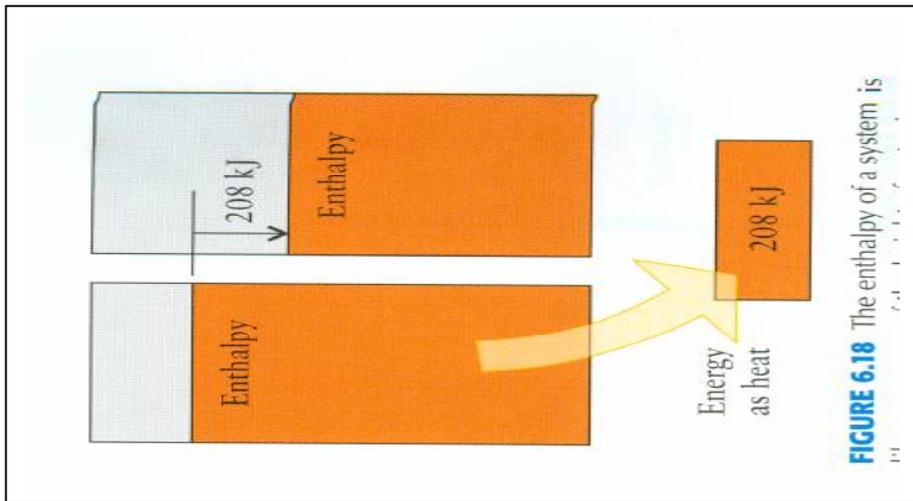
$$\Delta H = q \quad \text{أي أن الحرارة الممتصة أو المنطلقة عندما يكون التفاعل تحت ضغط ثابت تساوي}$$

التغير في المحتوى الحراري. عندما تنتقل حرارة إلى النظام تحت ضغط ثابت فإن المحتوى الحراري

يزيد بهذا المقدار، وعندما تنطلق حرارة من النظام فإن المحتوى الحراري يقل بنفس المقدار،

والشكل التالي يوضح انتقال حرارة من الوسط إلى النظام بمقدار 208kJ فإن المحتوى الحراري

قل بهذا المقدار والعكس صحيح.



٣-٤ المعادلات الكيميائية الحرارية: Thermochemical Equations

مخرجات التعلم:

١٢-٣-د: كتابة معادلات موزونة للتفاعلات الكيميائية التي تحتوي على تغيرات الطاقة.

١٢-٢-أ: العمل مع أعضاء المجموعة تعاونياً لإجراء الاستقصاءات.

التقديم والتنظيم :

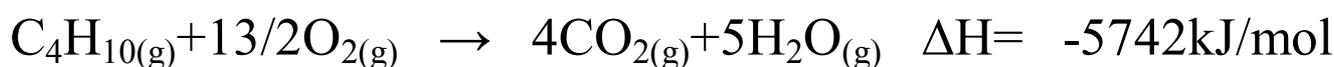
- وضح للطلاب أن المعادلات الكيميائية الحرارية هي معادلات كيميائية موزونة مضافاً

إليها ΔH ويمكن معاملتها جبرياً.

- اطلب إليهم تحديد نوع التفاعل (ماص أو طارد) من المعادلات الكيميائية الحرارية.

- اشرح لهم ضرورة كتابة الحالة الفيزيائية للمواد عند كتابة المعادلة الكيميائية الحرارية، وذلك من خلال طرح المثال الموضح في الدرس.

إجابة اختبار فهمك (٦):



مخرجات التعلم:

- ١٢-٣-ج: تعريف المحتوى الحراري والمحتوى الحراري المولاري للتفاعلات الكيميائية.
- ١٢-٣-ح: استخدام بيانات قياس الحرارة لتحديد التغيرات التي تحدث في الحرارة في المعادلات الكيميائية.
- ١٢-٢-أ: إجراء تجارب عملية لقياس التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الكيميائية.
- ١٢-٣-ج: استخدام موازين الحرارة أو المجسات الإلكترونية المناسبة لقياس تغيرات درجة الحرارة.
- ١٢-٣-و: مقارنة تغيرات الطاقة المرتبطة بمختلف التفاعلات الكيميائية من خلال تحليل البيانات والأشكال البيانية.
- ١٢-٣-أ: تفسير التباين بين القيمة النظرية لحرارة احتراق الوقود الكحولي والقيمة المحسوبة عمليا.

التقديم والتنظيم :

- ناقش الطلاب في مفهوم المحتوى الحراري المولاري مع توضيح ذلك بأمثلة.
- اشرح لهم أشكال المحتوى الحراري باستخدام الجدول الموضح في الدرس.
- درب الطلاب على كيفية استخدام $\Delta H = n\Delta H_x$ في حل المسائل المتعلقة بالمحتوى الحراري المولاري.
- وضح لهم العلاقة بين كمية الحرارة q والتغير في المحتوى الحراري ΔH .
- اشرح لهم كيف يمكن استخدام قانون كمية الحرارة في إيجاد المحتوى الحراري المولاري وذلك من خلال بعض الأمثلة.

- وضع لهم أهمية معرفة حرارة الاحتراق للمركبات الهيدروكربونية.
- وجه الطلاب إلى تنفيذ الاستكشاف رقم (٢) والدرس العملي الرابع.

إجابة اختبار فهمك (٧):

$$\Delta H = n \Delta H_{fr} \quad -١$$

$$\text{عدد المولات} = 100 \text{Kg} (1000 \text{g/Kg}) (\text{mol}/18 \text{g})$$

$$\text{عدد المولات} = 5.5 \times 10^3 \text{ mol}$$

$$\Delta H = (5.5 \times 10^3 \text{ mol}) (-6.03 \text{kJ/mol})$$

$$= -3.35 \times 10^4 \text{kJ}$$

$$\Delta H = -114 \text{kJ} \quad -٢ \text{ أ}$$

ب- من المعادلة نجد أن عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم = 2

$$= -114 \text{kJ}/2$$

$$-57 \text{kJ/mol}$$

استكشاف (٢) حرارة احتراق الإيثانول

الزمن: ٣٠ دقيقة.

حجم المجموعة: ٥-٦ طلاب.

الإجراءات:

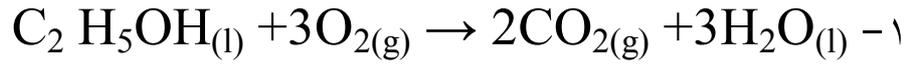
١- وضح للطلاب أن استخدام الموقد الكحولي بدلاً من استخدام موقد بترن في عملية

التسخين بهدف قياس حرارة احتراق الكحول وموقد بترن لا يحتوي على الإيثانول.

٢- اطلب إليهم تنفيذ خطوات الاستكشاف بدقة.

٣- اطلب إليهم نقل الجدول إلى دفاترهم وتسجيل البيانات فيها.

التحليل والتفسير



٢- مقدار الحرارة التي اكتسبها الكأس النحاسي (q_1) = السعة الحرارية للكأس $\Delta T \times$

علما بان السعة الحرارية للكأس النحاسي = كتلة الكأس $\times 0.387 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$

حيث يمثل $0.387 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$ السعة الحرارية النوعية للنحاس

مقدار الحرارة التي اكتسبها الماء (q_2) = $q_2 = mc\Delta T$

مقدار الحرارة الناتجة من احتراق الإيثانول = $q_1 + q_2$

نحسب عدد مولات الإيثانول

باستخدام النتائج التي يحصل عليها الطلاب والقوانين الموضحة أعلاه يستطيع الطالب إيجاد

كمية الحرارة المصاحبة لعملية احتراق الإيثانول.

٤- لا. قد تكون أقل بقليل، وذلك لعوامل الخطأ في التجربة مثل: فقدان كمية من الحرارة،

الدقة في قياس درجة الحرارة، امتصاص بعض المواد للحرارة.

تنفيذ الدرس العملي (١) المحتوى الحراري المولاري للتعاادل (حرارة التعاادل)

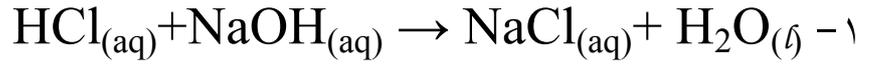
Molar Enthalpy of Neutraliza

ملاحظة: يمكن استخدام مجس الحرارة في حالة توافره لأنه يقيس درجة الحرارة بدقة.

إجابة أسئلة الإجراءات:

يقوم الطالب بتسجيل أعلى درجة حرارة يحصل عليها قبل وبعد إضافة محلول القاعدة إلى محلول الحمض بدقة.

إجابة أسئلة التحليل والتفسير:



٢- $\Delta T = T_2 - T_1$ حيث تمثل T_2 أعلى درجة حرارة المخلوط (حمض+قاعدة) و T_1 تمثل درجة حرارة الحمض أو القاعدة أو المتوسط.

٣- نفترض أن السعة الحرارية للمخلوط تساوي السعة الحرارية للماء $4.18 \text{J/g} \cdot ^\circ\text{C}$

و كتلة المخلوط = 40g و ΔT يحصل عليها الطالب،

وبتعويض في قانون كمية الحرارة $q = mc\Delta T$ نحصل على كمية الحرارة المكتسبة، وحساب

حرارة التعادل نحسب عدد مولات الحمض والقاعدة:

عدد مولات الحمض (HCl) = تركيز \times حجم الحمض

$$\text{عدد المولات} = 20 \times 1 / 1000 = 0.02 \text{mol}$$

وهي تساوي عدد مولات القاعدة (NaOH)

حرارة التعادل = كمية الحرارة المكتسبة

$$\underline{\underline{0.02 \text{mol}}}$$

٤- للعوامل الختأ في التجربة مثل: فقدان كمية من الحرارة، الدقة في قياس درجة الحرارة،

امتصاص بعض المواد للحرارة.

استكشاف إثرائي: قياس التغير في المحتوى الحراري لترسيب كلوريد الفضة.

الهدف: تعيين التغير في المحتوى الحراري المولاري لمركب كلوريد الفضة من تفاعلات الترسيب.

إجراءات الأمن والسلامة: ارتداء اللباس المخبري والنظارات الواقية.

المواد والأدوات: محلول كلوريد الصوديوم تركيزه (0.1M)، محلول نترات الفضة تركيزه

(0.1M)، ثرمومتر عدد (2)، ساق تحريك، كأس بلاستيكية عازلة (Styrofoam)، مخبر

مدرج سعة 100mL عدد (2).

الإجراءات :

١- انقل 25mL من محلول كلوريد الصوديوم بواسطة مخبر مدرج إلى كوب

بلاستيكي نظيف، ثم قس درجة حرارة المحلول باستخدام الترمومتر وسجلها .

٢- ضع 25mL من محلول نترات الفضة في مخبر المدرج الآخر وسجل درجة

حرارة المحلول.

٣- انقل مباشرة محلول نترات الفضة إلى محلول كلوريد الصوديوم في الكأس،

وحرك المخلوط، ثم قس درجة حرارة المخلوط وسجلها.

التحليل والتفسير:

١- احسب كمية الحرارة المصاحبة لعملية الترسيب من خلال:

أ- الفرق في درجة الحرارة $\Delta T =$ الفرق بين معدل درجة حرارة المحلولين قبل المزج

ودرجة حرارة المخلوط.

ب- السعة الحرارية النوعية للماء = $4.18 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$ وهي تعتبر السعة الحرارية النوعية

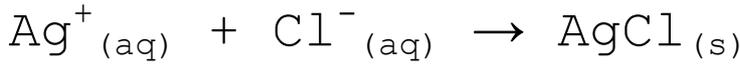
للمحلول.

ج- كتلة المخروط تساوي 50g على اعتبار أن كثافة الماء تساوي واحد.

د- التعويض في معادلة: $q = mc\Delta T$

٢- احسب التغير في المحتوى الحراري المولاري لمركب كلوريد الفضة.

حتى يحصل الطالب على التغير في المحتوى الحراري تكتب أولا المعادلة الأيونية:



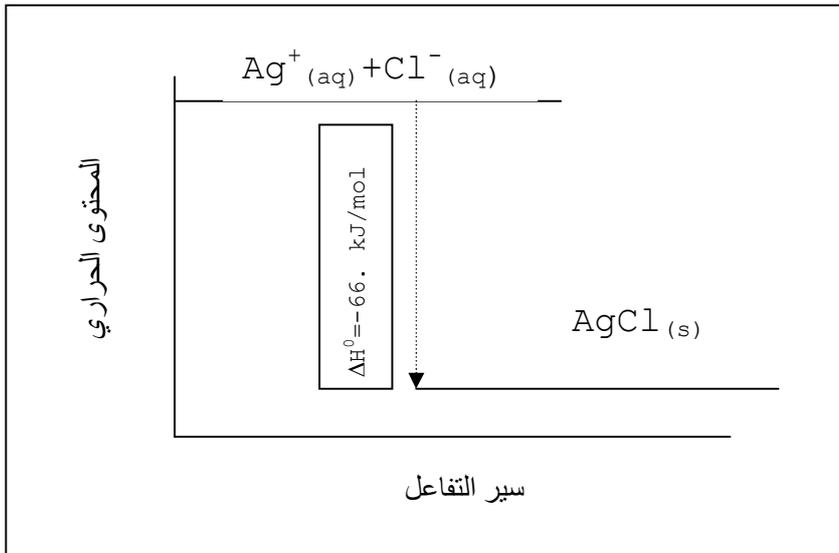
من المعادلة نلاحظ أن عدد مولات Ag^+ = عدد مولات (Cl^-)

$$\text{عدد المولات } (\text{Ag}^+) = 0.1 \times 25/1000 = 0.0025 \text{mol}$$

ولأن التفاعل تحت ضغط ثابت فإن $\Delta H = q$ تقسم النتيجة التي يحصل عليها الطالب من

الخطوة الأولى على عدد مولات أيونات الفضة أو أيونات الكلور فيحصل على التغير في

المحتوى الحراري المولاري لترسيب كلوريد الفضة والذي يساوي نظريا -66kJ



٣- هل النتيجة التي حصلت عليها من التجربة تساوي القيمة الحقيقية للتغير في المحتوى

الحراري للمركب؟ وضع ذلك.

لا. قد تكون أقل بقليل وذلك لعوامل الخطأ في التجربة مثل: فقدان كمية من الحرارة، الدقة

في قياس درجة الحرارة، حجم المحاليل، عازلية الكأس البلاستيكية.

٢- هل هذه العملية ماصة للحرارة أم طاردة؟ وضح ذلك.

طارد الإشارة سالب -66 kJ/mol

(٣-٦) التغير في المحتوى الحراري للانصهار والتجمد *Enthalpy change of Fusion and Freezing*

مخرجات التعلم:

١٢-٣-و: التنبؤ بالتغير في المحتوى الحراري في معادلة كيميائية باستخدام قيم حرارة التكوين القياسية، حرارة الانصهار والتجمد.

١٢-٣-ح: استخدام بيانات قياس الحرارة لتحديد التغيرات التي تحدث في الحرارة في المعادلات الكيميائية.

١٢-٣-١م: استخدام موازين الحرارة أو المجسات الإلكترونية المناسبة لقياس تغيرات درجة الحرارة.

١٢-٢-أ: إجراء تجارب عملية لقياس التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الكيميائية.

١٢-٣-٢و: مقارنة تغيرات الطاقة المرتبطة بمختلف التفاعلات الكيميائية من خلال تحليل البيانات والأشكال البيانية.

التقديم والتنظيم :

- يمكنك أن تبدأ الدرس بوضع مكعب من الثلج على الطاولة ثم اسألهم عن توقعاتهم لما

سيحدث لمكعب الثلج بعد فترة بسيطة من الزمن؟ وما درجة انصهار الثلج؟

- وضح لهم أن حرارة الانصهار والتجمد شكل من أشكال التغير في المحتوى الحراري

المولاري.

- اشرح لهم باستخدام المعادلات الكيميائية مفهوم المحتوى الحراري المولاري للانصهار والتجمد.

الاستكشاف (٣): حرارة انصهار الثلج

الزمن: ٢٠ دقيقة.

حجم المجموعة: ٥-٦ طلاب.

الإجراءات:

- ١- اطلب إلى الطلاب تنفيذ خطوات الاستكشاف بدقة.
- ٢- وضح لهم أن سبب نقل محتويات الكوب في الخطوة الثالثة إلى المخبر المدرج هو معرفة كتلة محتويات الكأس، وذلك لأن كثافة الماء تساوي واحدًا فان الحجم يساوي الكتلة، أي كتلة الثلج المنصهر تساوي الزيادة في حجم الماء.

$$1 \text{ g of water} = 1 \text{ mL of water}$$

التحليل والتفسير:

- ١- كتلة مكعب الثلج = حجم الماء بعد إضافة الثلج - حجم الماء قبل إضافة الثلج.
- ٢- $q=?$, $m= (\text{water}+\text{ice})$, $c=4.18\text{J/g}^{\circ}\text{C}$, $\Delta T= T_2-T_1$ وباستخدام القيم يعوض الطالب في قانون $q= mc\Delta T$ ويحصل على كمية الحرارة المكتسبة، ثم تقسم هذه الكمية على عدد مولات بحيث تكون الكتلة هي كتلة الماء + كتلة الثلج.
- ٣- القيمتان مختلفتان تقريباً بسبب فقدان كمية من الحرارة أو عدم الدقة في قياس درجة الحرارة، كما أن مقدار الزيادة في حجم الماء بعد إضافة الثلج صغيرة جداً.

إن أي مادة صلبة عندما تكتسب كمية من الحرارة فإن مقدار الحرارة الممتصة تزيد من سرعة حركة الجزيئات فتتحول المادة من الحالة الصلبة إلى السائلة. إن مقدار التغير في المحتوى الحراري لهذه العملية (ΔH_{fus}) يساوي: $\Delta H_{\text{fus}} = H_{\text{liquid}} - H_{\text{solid}}$ ومن هذه العلاقة نستنتج أن عملية الانصهار عملية ماصة للحرارة وقيم التغير في المحتوى الحراري تكون قيمًا موجبة، وذلك لأن المادة الصلبة تحتاج إلى طاقة عالية حتى تتحرر جزيئاتها من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة. إن انصهار مول واحد من قطعة الثلج (18g) يحتاج إلى حرارة مقدارها 6.0kJ/mol بينما تبخر نفس الكمية من الماء يحتاج إلى طاقة مقدارها 40kJ وذلك لتحرر الجزيئات من الحالة السائلة إلى الغازية، أي تكون سرعتها أكبر. وفي عملية التسامي، أي تحول المادة من الحالة الصلبة إلى سائل في لحظة، ولا يلبث أن يتحول السائل إلى الحالة الغازية مثل ما يحدث للثلج الجاف (CO_2) فإن التغير في المحتوى الحراري للتسامي (ΔH_{sub}) يساوي:

$$\Delta H_{\text{sub}} = H_{\text{vap}} - H_{\text{solid}} \text{ ويمكن التعويض عن } H_{\text{solid}} \text{ بالمعادلة:}$$

$$H_{\text{solid}} = H_{\text{liquid}} - \Delta H_{\text{fus}}$$

فيكون التغير في المحتوى الحراري لعملية التسامي:

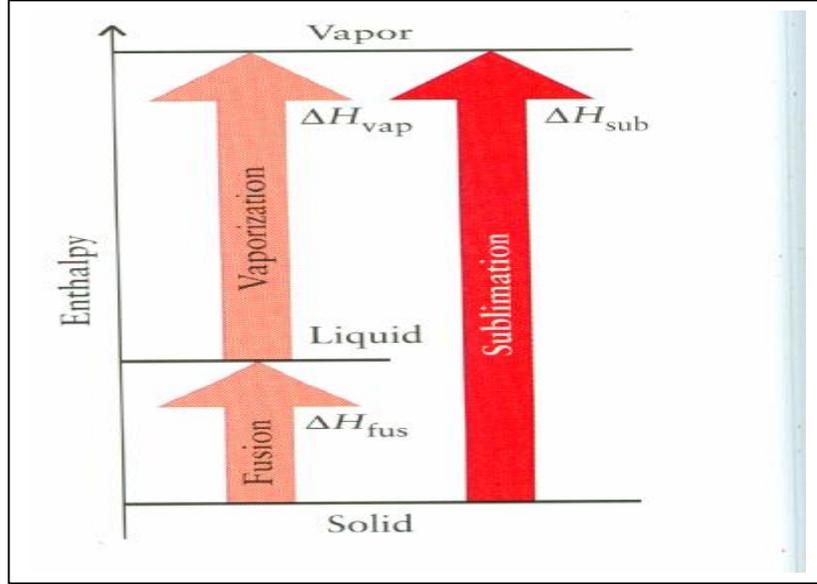
$$\Delta H_{\text{sub}} = H_{\text{vap}} - (H_{\text{liquid}} - \Delta H_{\text{fus}}) \text{ ولأن } H_{\text{vap}} - H_{\text{liquid}} \text{ يساوي التغير في}$$

$$\text{المحتوى الحراري لعملية التبخر } (\Delta H_{\text{vap}}) \text{ فإن التغير في المحتوى الحراري لعملية التسامي}$$

يساوي:

$$\Delta H_{\text{sub}} = \Delta H_{\text{vap}} + \Delta H_{\text{fus}}$$

فيمكن معرفة قيمة التغير في المحتوى الحراري لعملية التسامي للمواد من خلال استخدام قيم التغير في المحتوى الحراري لعمليتي التبخر والانصهار، كما هو موضح في الشكل التالي:



٧-٣ المحتوى الحراري القياسي للتكوين (ΔH_f°):
Standard Enthalpies of Formation

مخرجات التعلم:

١٢-٣-و: التنبؤ بالتغير في المحتوى الحراري في معادلة كيميائية باستخدام قيم حرارة التكوين القياسية، حرارة الانصهار والتجمد.

١٢-٣-١م: استخدام جدول المحتوى الحراري القياسي للتكوين كأداة لحساب التغير في المحتوى الحراري القياسي لتفاعل ما.

١٢-٢-ج: رسم أشكال بيانية تبين تغيرات الطاقة في التفاعلات الكيميائية.

١٢-٣-٢و: مقارنة تغيرات الطاقة المرتبطة بمختلف التفاعلات الكيميائية من خلال تحليل البيانات والأشكال البيانية.

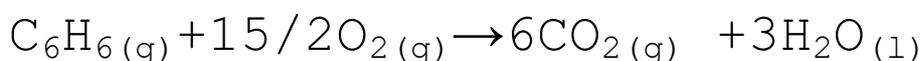
- وضح للطلاب مفهوم التغير في المحتوى الحراري القياسي للتكوين ΔH^0_f .
- من الضروري أن توضح لهم أن المحتوى الحراري القياسي لتكوين العنصر المنفرد في الظروف القياسية يساوي صفراً.
- اشرح لهم إن استقرار المركب حرارياً يعتمد على التغير في المحتوى الحراري القياسي للتكوين، فالمركبات التي حرارتها تكونها سالبة (تفاعل التكوين طارد للحرارة) أكثر ثباتاً من المركبات التي حرارتها تكونها موجبة (تفاعل التكوين ماص للحرارة) المتكونة من تفاعلات الماصة، فكلما ازدادت الحرارة الناتجة عند تكوين المركب كان المركب أكثر استقراراً (ثباتاً) والعكس صحيح.

- وضح لهم كيفية حساب التغير في المحتوى الحراري القياسي لتفاعل ما باستخدام القانون التالي مستعيناً بجدول حرارة التكوين القياسي في البند :

$$\Delta H^0_{rxn} = \sum n\Delta H^0_f (\text{مواد ناتجة}) - \sum n\Delta H^0_f (\text{مواد متفاعلة})$$

- درب الطلاب على حل الأمثلة الموضحة في الدرس.

إجابة اختبار فهمك (٨):



$$\Delta H^0_{rxn} = \sum n\Delta H^0_f (\text{مواد ناتجة}) - \sum n\Delta H^0_f (\text{مواد متفاعلة})$$

$$-3273 \text{ kJ/mol} = [(6 \times -393.5) + (3 \times -285.8)] - [0 + (2 \times C_6H_6)]$$

$$\Delta H_{C_6H_6} = 54.6 \text{ kJ/mol}$$

مخرجات التعلم:

١٢-٣-ز: شرح قانون هس واستخدامه لحساب تغيرات الطاقة لتفاعل معين من سلسلة تفاعلات كيميائية.

١٢-١-ب: التنبؤ بالتغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما باستخدام قانون هس.

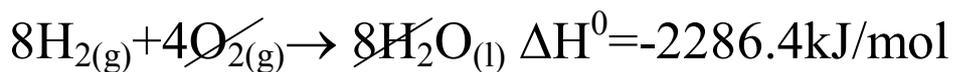
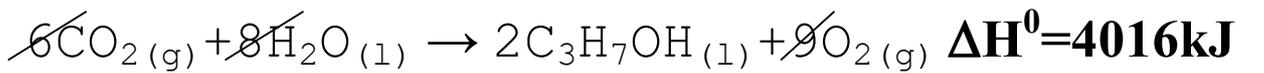
١٢-٤-ج: تبادل الأسئلة والمناقشات حول بيانات ونتائج تجارب واستكشافات تغيرات الطاقة التي جمعها كل طالب مع بقية أعضاء المجموعة والمجموعات الأخرى .

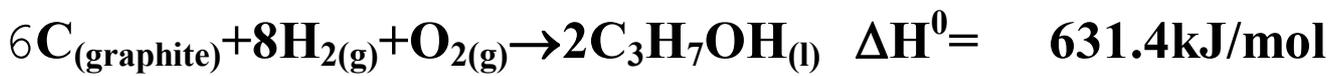
التقديم والتنظيم :

- وضع للطلاب أهمية قانون هس.
- اشرح لهم كيف يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما باستخدام قانون هس.
- قم بتمثيل المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة والناجمة والتغير في المحتوى الحراري بيانياً.
- درب الطلاب على الأمثلة الموضحة في البند.

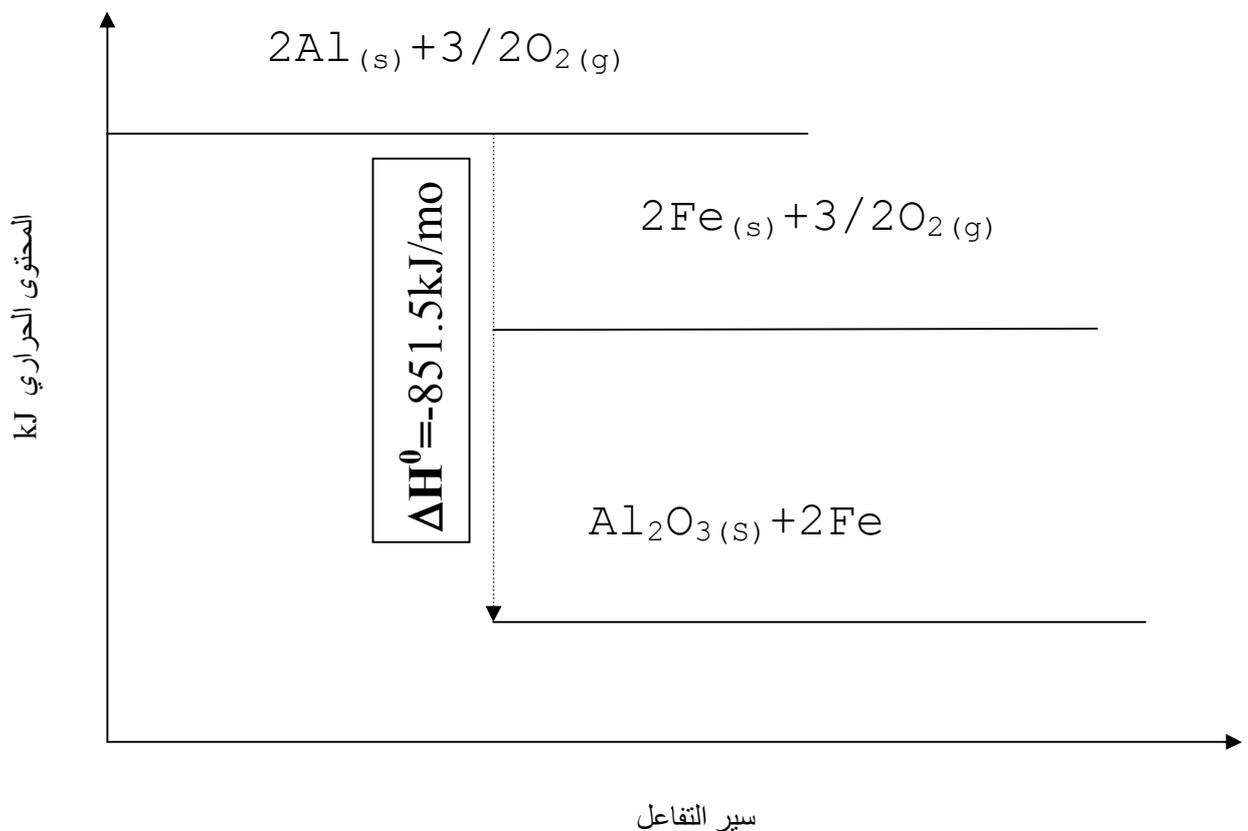
إجابة اختبار فهمك (٩):

١- تعكس المعادلة الأولى وتضرب في المعامل (2) وتضرب المعادلة الثانية في المعامل (6) والمعادلة الثالثة تضرب في معامل (8) فتكون المعادلات كالتالي:





٢- تبقى المعادلة الأولى كما هي وتعكس المعادلة الثانية فتكون قيمة ΔH^0 تساوي -
 . 850.2kJ/mol



-٣

$$-106.3\text{kJ/mol} = \text{C}_2\text{H}_5\text{Br} + (52.2 + -36.4)$$

$$\Delta\text{H}^0_{\text{f}} (\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}) = -122.1\text{kJ/mol}$$

$$q = mc\Delta T - \epsilon$$

$$m = 13.7 + 85.0 = 98.7 \text{g}, c = 4.18 \text{J/g} \cdot ^\circ\text{C},$$

$$\Delta T = 19.7 - 23.4 = -3.7^\circ\text{C}$$

$$q = -1526 \text{kJ}$$

التغير في المحتوى الحراري لعملية الذوبان: تقسم كمية الحرارة على عدد مولات نترات الرصاص

$$\text{عدد المولات} = 13.7 / 331$$

$$= 0.04 \text{mol}$$

$$\Delta H_{\text{sol}} = -38162.3 \text{kJ/mol}$$

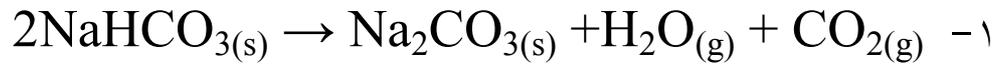
إجابة أسئلة الفصل الثالث:

السؤال الأول:

١- أ، ٢- ب، ٣- ج، ٤- د، ٥- ب، ٦- ب، ٧- د

السؤال الثاني:

تكتب معادلة التفاعل أولاً:



$$\Delta H^0 = (-393.5) + (-241.8) + (-1131) - (2x -$$

947.7)

$$\Delta H^0 = 129.1 \text{kJ/mol}$$

٢- بالتعويض في المعادلة $q = mc\Delta T$ للماء و $q = -n\Delta H_{\text{com}}$ للبروبان

$$-n\Delta H_{\text{com}} = mc\Delta T$$

$$-n(-2220) = (200)(4.18)(45)$$

من المعادلة: عدد المولات يساوي 16.9mol

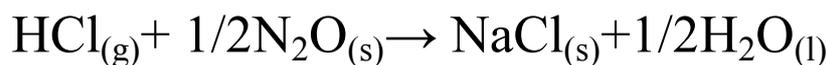
كتلة المادة = عدد المولات

الكتلة المولية

$$16.9 = x/44 \quad \text{فإن كتلة المادة يساوي } 754 \text{g}$$

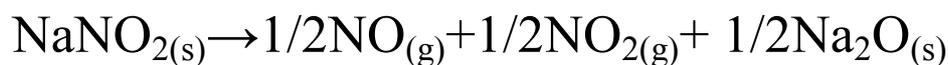
السؤال الثالث:

١- تقسم المعادلة الأولى على معامل (2) وتعكس فيكون $\Delta H = -253.5$

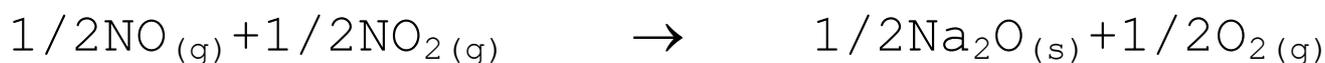


تقسم المعادلة الثانية أيضا على معامل (2) وتعكس فيكون

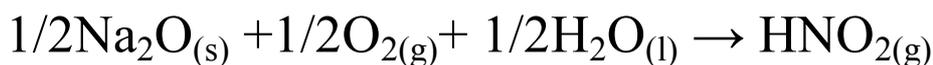
$$\Delta H = 213.5$$



تقسم المعادلة الثانية على معامل (2) وتبقى كما هي فيكون $\Delta H = -12.5$



تقسم المعادلة الرابعة على معامل (2) وتعكس فيكون $\Delta H = -17$



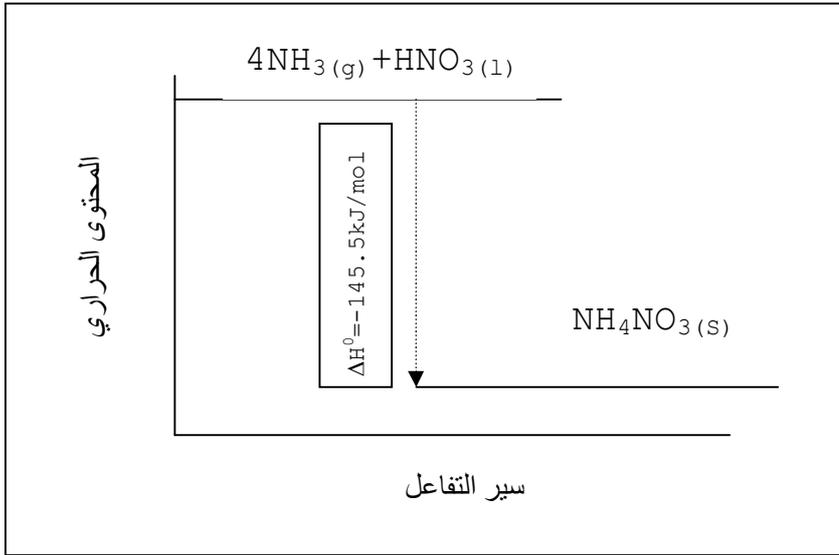
بعد جمع التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات تكون قيمة $\Delta H = -78.5\text{kJ}$

-٢

أ- باستخدام قيم التغير في المحتوى الحراري القياسي للتكوين للمواد

$$(-365.6) - (-46) + (-174.1)$$

$$\Delta H^0 = -145.5$$



ج- $\Delta H^0 = n\Delta H_f^0$ لتترات الأمونيوم

ا مول (80g) من نترات الأمونيوم ينتج حرارة مقدارها 145.5kJ

$$80g \rightarrow 145.5$$

$$50 \times 10^6 g \rightarrow x$$

$$x = -90.9 \times 10^6 kJ$$

السؤال الرابع:

أ-



ب-



السؤال الخامس:

نحسب كمية الحرارة للماء والمسعر النحاسي ثم نجمعها $q = mc\Delta T$

$$q_{\text{water}} = (200)(4.18)(55) = 45980\text{J}$$

$$q_{\text{copper}} = (50)(0.385)(55) = 1058.75$$

$$q_{\text{total}} = 47038.75\text{J}$$

$$q = n\Delta H_{\text{com}}$$

$$n = -1.21\text{g}/282$$

$$= 4.29 \times 10^{-3}\text{mol}$$

$$\Delta H_{\text{com}} = -11 \times 10^6\text{J/mol}$$

تفاعل طارد للحرارة

الفصل الرابع : سرعة التفاعلات الكيميائية

Rates of Chemicals Reactions

افتتاحية الفصل :

إن دراسة معدل سرعة التفاعل والعوامل التي تؤثر فيه لها أهمية كبيرة في مجال الكيمياء، سواء في المختبرات أو في الصناعات الكيميائية، حيث تمكن الكيميائيون من التحكم في سير التفاعل للحصول على المواد الناتجة بالكمية المطلوبة ، كما تساعد دراسة معدل سرعة التفاعل في ضبط سرعة التفاعل وإبطائها لبعض التفاعلات مثل صناعة المواد الغذائية التي تحتاج إلى إبطاء عملية الأكسدة الغذائية أو نمو الميكروبات.

في هذا الفصل سوف يدرس الطلاب سرعة التفاعل الكيميائي وكيفية حسابها، وذلك باستخدام التغير في تركيز المواد الداخلة في التفاعل، كما سيدرسون العوامل المؤثرة عليها مثل طبيعة المواد المتفاعلة ، ومساحة سطح التفاعل وتركيز المواد المتفاعلة ، ودرجة الحرارة والعوامل الحفازة. كما يتضمن هذا الفصل نظرية التصادم ومفهومها و التي تفسر كثيرا من الظواهر المرتبطة بسرعة التفاعل وأخيرا سيدرس الطلاب قانون سرعة التفاعل ..

- ناقش مع الطلاب أسئلة مقدمة الفصل .

ونأمل منك أثناء تدريس هذا الفصل أن تراعي الأمور التالية :

١- ربط هذا الفصل بالفصل الذي يسبقه، وخاصة عند الحديث عن التغيرات في

الطاقة أثناء التفاعل الكيميائي وأنواع التفاعلات الحرارية .

٢- الربط بين ما يدرسه الطلاب وبين ما يرونه من تفاعلات كيميائية في بيئتهم وكيف

تتأثر سرعة هذه التفاعلات بالعوامل التي سوف يدرسونها .

استعن بالمواقع الالكترونية التالية :

en.wikipedia.org/wiki/Rate

www.chem4kids.com

www.bbc.com.uk/schools

<http://encyclopedia2.thefreedictionary>

١- سرعة التفاعل الكيميائي *Rate of Chemical Reaction* :

مخرجات التعلم المعرفية والمهارية :

١٢-٤- و : تعيين معدل سرعة التفاعل باستخدام التغير في تراكيز المواد الداخلة في التفاعل والتعبير عن قانون سرعة التفاعل.

٣-١٢-٣ ب : معالجة البيانات من خلال الأدوات المناسبة مثل الآلة الحاسبة وقواعد البيانات.

التقديم والتنظيم :

- ناقش مع الطلاب كيف نعين سرعة سيارة تقطع مسافة معينة خلال زمن معين وما المتغيرات التي نستخدمها لقياس السرعة ، مستخدما الرسم على السبورة .

- اكتب معادلة كيميائية ، ثم ناقش الطالب هل يمكن أن تستنتج من المعادلة سرعة التفاعل الكيميائي وما المعلومات التي تستفيد منها لقياس سرعة التفاعل ؟.

- اعرض لهم شفافية توضح الشكل (٤-١) ووضح التغير الذي يحدث في تراكيز المواد المتفاعلة و تراكيز المواد الناتجة .بمرور الزمن .

- توصل معهم إلى قانون قياس معدل سرعة التفاعل، واكتبه على السبورة مع كتابة الوحدة المستخدمة في قياس سرعة التفاعل كما يجب التنويه هنا إلى أنه يمكن أن نستخدم مقدار

التغير في كتل المواد الداخلة في التفاعل أو التغير في ضغط المواد الداخلة في التفاعل عندما تكون المواد في الحالة الغازية ، وبالتالي فإن الوحدة سوف تكون حسب المتغيرات خلال وحدة الزمن .

- استخدم العصف الذهني ، و سجل على السبورة مجموعة إجابات الطلاب عن السؤال (لماذا توضع إشارة سالبة أمام التغير في تركيز المواد المتفاعلة ؟) وناقشهم في أثر النقص في التركيز على سرعة التفاعل .

- باستخدام شفافية للشكل (٤-٢) تبين التغير في اللون أثناء حدوث التفاعل .



ناقش الطلاب في التغير الذي يحدث وعلاقته بمعدل سرعة التفاعل وناقشهم في صفات فيزيائية أخرى يمكن أن تستخدم عمليا لقياس ، سرعة التفاعلات مثل التغير في (الضغط- درجة الحرارة - الحجم - التوصيل الكهربائي - التأثر بالضوء ... الخ).

إجابة اختبار فهمك (١):

معدل سرعة التفاعل = التغير في تركيز احدى المواد الناتجة (NO_2)

التغير في الزمن

$$\frac{0.8 - 0.32}{3} = 0.16 \text{ mol/L.s}$$

الطرق العملية لقياس سرعة التفاعل

تحدد سرعة التفاعل بمعدل النقص في تركيز المواد المتفاعلة أو الزيادة في تركيز المواد الناتجة ، ولقياس سرعة التفاعل عمليا لا بد أن نتبع إحدى الطرق العملية وهناك العديد من الطرق المتاحة ويعتمد اختيارها على الإجابة على التساؤلات التالية :

- ١- هل فترة عمر النصف للتفاعل طويلة بحيث تسمح باستخدام إحدى طرق القياس؟ .
- ٢- هل يحدث التفاعل في وسط غازي أم محلول سائل .
- ٣- هل هناك بعض الخواص الفيزيائية للنظام المدروس؟ على سبيل المثال حدوث تغير في (التوصيل الكهربائي - الانحراف الضوئي - الامتصاص - اللزوجة - الحجم - الكتلة - الضغط - درجة الحرارة) .

ويتم استخدام التغيرات الفيزيائية المناسبة التي تحدث أثناء التفاعل كمقياس لتحديد سرعة التفاعل عمليا ، ومن الطرق التي تستخدم لقياس سرعة التفاعل:

- ١- طريقة التوصيل الكهربائي وتستخدم لتفاعلات المحاليل التي تعطي أيونات تتميز بارتفاع قيم التوصيل الأيوني لها .
- ٢- طريقة الانحراف الضوئي وتستخدم للمواد ذات النشاط الضوئي مثل تحول الجلوكوز من النوع β إلى α أو العكس .
- ٣- طريقة قياس طيف الامتصاص وتستخدم للتفاعلات التي يختلف فيها طيف الطول الموجي للمخلوط الناتج عن المواد المتفاعلة .
- ٤- طريقة الغاز المتصاعد .

وتستخدم هذه الطريقة عند انفصال الغاز من وسط المحلول كنتاج من النواتج حيث يقاس ضغط الغاز المتصاعد .

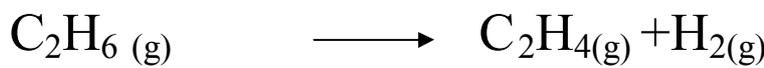
٥- طريقة التغير في الكتلة

وتستخدم للتفاعلات التي يتصاعد منها غاز والذي بدوره يحدث نقصا في كتلة المواد الناتجة بالنسبة الى المواد المتفاعلة ، وبتتبع النقص في الكتلة خلال الزمن يمكن قياس سرعة التفاعل ، ومن الأمثلة على هذه التفاعلات تفاعلات التحلل الحراري المصاحبة بتصاعد غاز و تفاعل الأحماض مع الفلزات او الكربونات أو البيكربونات كالا على حدة .

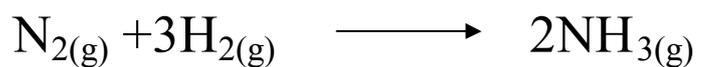
٦- طريقة قياس التغير في الحجم

وتستخدم في التفاعلات التي يحدث فيها تغير ملحوظ في حجم النواتج بالنسبة إلى المتفاعلات كنتيجة لتغير في كثافة المواد الناتجة .

أما بالنسبة إلى المتفاعلات التي تحدث في وسط غازي فغالبا ما تستخدم طريقة التغير في الضغط الكلي للنظام ، وهي طريقة تطبق فقط في التفاعلات المصحوبة بزيادة أو نقص في عدد الجزيئات أثناء التفاعل ، ويقاس الضغط بالمانومتر بمقياس لولبي . كما يوجد مقياس رقمي يوضح العلاقة بين الضغط والزمن، والانحلال الحراري لغاز الإيثان أحد الأمثلة على ذلك كما في المعادلة التالية:



ففي هذا التفاعل يمكن تتبع التغير في الضغط الكلي للنظام مع الزمن حيث ينحل جزيء من الإيثان معطيا جزيئين من النواتج وهو ما يؤدي إلى زيادة ضغط النظام ، كما قد يحدث نقصان في ضغط النظام عندما يكون مصحوبا بنقص في عدد جزيئات المواد الناتجة كما في التفاعل التالي:



حيث أن أربعة جزيئات من المواد المتفاعلة تعطي جزيئين من المواد الناتجة الأمر الذي يترتب عليه نقصان الضغط الكلي للنظام .

٤-٢ العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل: *Factors Affecting the Rate of Reaction*

١- طبيعة المواد المتفاعلة

مخرجات التعلم :

١٢-٤-٥ : وصف كيف أن معدل سرعة التفاعل يتحدد من خلال طبيعة المواد

المتفاعلة ، ومساحة سطح التفاعل وتركيز المواد المتفاعلة ودرجة الحرارة .

٤م-١٢-١ أ : اختيار واستخدام طرق التمثيل العددية والرمزية والبيانية واللغوية المناسبة لعرض وتبادل الأفكار والخطط والنتائج.

٤م-١٢-٢ أ : العمل مع أعضاء المجموعة تعاونياً لإجراء الاستقصاءات .

التقديم والتنظيم :

- وجه الطلاب إلى كتابة مقالات أو إجراء مقابلات مع صناعيين أو كيميائيين أو صيدلانيين لدراسة العوامل المؤثرة على سرعة التفاعل.

- استرجع مع الطلاب العلاقة بين نشاط العناصر وسرعة تفاعلها مع المواد الأخرى، من خلال ما درسوه في الوحدة الأولى، وذلك بإعطاء أمثلة على عناصر نشيطة و متوسطة النشاط وأخرى خاملة.

يمكنك إجراء نشاط تمهيدي تثير به اهتمام الطلاب بأن تختار معدنين يمكن ملاحظة الفرق في سرعة تفاعلها مع الماء أو حمض الهيدروكلوريك. بملاحظة سرعة خروج فقاعات غاز الهيدروجين، وبالتالي يستنتج الطلاب أن العناصر تختلف في نشاطها الكيميائي، وينعكس هذا على معدل سرعة تفاعلها.

-قارن بين سرعتي تفاعلين كيميائيين احدهما بين مواد أيونية والآخر بين مواد تساهمية ،
ومناقشتهما في التباين بين هذين التفاعلين ، وذلك بطرح عدد من الأسئلة مثل:

ما أنواع المركبات الكيميائية من حيث نوع الروابط ؟

● ما المقصود بالمركب الأيوني ؟

● ما مدى قوة تجاذب الأيونات في البلورة ؟

● كيف يمكن أن نفصل الأيونات عن بعضها بعضا وهل لذلك أثر على سرعة التفاعل ؟

(يمكن إجراء نشاط عملي يوضح سرعة تفاعل المركبات الأيونية ، وذلك بتفاعل محلول

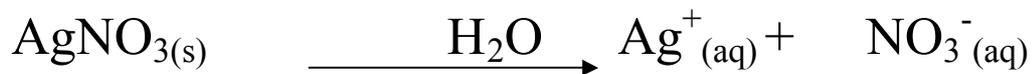
نترات الفضة مع محلول كلوريد الصوديوم (كما في المعادلة الموضحة في الدرس)

إجابة اختبار فهمك (٢):

١- تكون سرعة تفاعل محاليل المركبات الأيونية أسرع ، لأنه عند إذابة هذه المواد تتغير

طبيعتها من شكل بلوري صلب ومتماسك إلى أيونات متفرقة ومتباعدة منتشرة في المحلول

وهو ما يسهل عملية تفاعلها واتحادها بأيونات المادة الأخرى كما في المعادلات التالية :

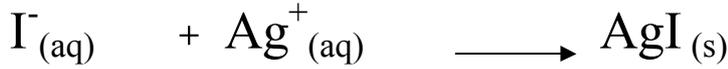


وعند مزج المحلولين تتحد ايونات $\text{Ag}^+_{(aq)}$ مع I^- بسرعة مكونة راسبا اصفرا من

يوريد الفضة كما في المعادلة التالية :



المعادلة الصافية :



٢- يتفاعل مركب برمنجنات البوتاسيوم بصورة أسرع مع كلوريد الحديد منه مع محلول السكر، لان كلوريد الحديد مركب أيوني بينما محلول السكر مركب تساهمي جزيئي .

٢- مساحة السطح

مخرجات التعلم :

١٢-٤- د : وصف كيف أن معدل سرعة التفاعل يتحدد من خلال طبيعة المواد

المتفاعلة ، ومساحة سطح التفاعل وتركيز المواد المتفاعلة ودرجة الحرارة والعامل الحفاز.

٤م-١٢-أ : العمل مع أعضاء المجموعة تعاونياً لإجراء الاستقصاءات .

الاستكشاف (١) أثر مساحة سطح المواد المتفاعلة

الإعداد المسبق :

حضر الأدوات والمواد بالتنسيق مع فني المختبر والطلاب .

الزمن المطلوب : ٢٠ دقيقة .

الإجراءات :

- قسم طلاب الصف إلى ست مجموعات ، ثم وزع على كل مجموعة المواد و الأدوات اللازمة لتنفيذ الاستكشاف ، ونبههم الى خطورة الحمض والحرص على جمع قطع الفحم بعد الانتهاء من التجربة .

التحليل والتفسير:

- في حالة مسحوق كربونات الكالسيوم ومسحوق البخور كانت مساحة السطح أكبر منها في حالة المواد على شكل قطع لان مساحة السطح تكون اكبر عندما تكون المواد المتفاعلة في أجزاء اصغر بحيث تزداد مساحة سطح تلامسها مع بعضها البعض.
- تزيد سرعة التفاعل بزيادة سطح المواد المتفاعلة .
- ناقش مع الطلاب كيف يمكن زيادة مساحة سطح التفاعل ، وذلك بمناقشة الشكل (٤-٥). كذلك ناقش علاقة ذوبان المادة الجزيئية بمساحة سطح التفاعل مع استدعاء انتباه الطالب إلى ان ذوبان المادة الأيونية يزيد من مساحة سطح التفاعل أيضا ، بالإضافة إلى إحداث التغير في طبيعة المادة (كما مر سابقا).

إجابة اختبار فهمك (٣):

لان مساحة سطح التفاعل بين الهواء الرطب والحديد في برادة الحديد أكبر من مسمار الحديد، لذلك يظهر الصدأ كأحد نواتج التفاعل في برادة الحديد أسرع من ظهوره في مسمار الحديد .

٣-تركيز المواد المتفاعلة

مخرجات التعلم :

- ١٢-٤-د : وصف كيف أن معدل سرعة التفاعل يتحدد من خلال طبيعة المواد المتفاعلة ، ومساحة سطح التفاعل وتركيز المواد المتفاعلة ودرجة الحرارة .
- ١م-١٢-ج: التنبؤ بأثر التغير في التركيز على سرعة التفاعل الكيميائي من خلال استخدام قانون سرعة التفاعل ورتبة التفاعل .

م-١٢-٣ هـ : استخدام الحاسوب من أجل دراسة أثر التغير في التركيز على سرعة التفاعل الكيميائي .

م-١٢-٣و: استخدام الرموز العالمية للمصطلحات العالمية مثل قانون سرعة التفاعل (R) .

م-١٢-٣ح: تفسير أثر التغير في كل من التركيز ودرجة الحرارة على سرعة التفاعل الكيميائي من خلال نظرية التصادم .

م-١٢-٤أ: اختيار واستخدام طرق التمثيل العددية والرمزية والبيانية واللغوية المناسبة لعرض وتبادل الأفكار والخطط والنتائج .

م-١٢-٤أ العمل مع أعضاء المجموعة تعاونياً لإجراء الاستقصاءات .

التقديم والتنظيم :

-ناقش الطلاب في علاقة عدد الجزئيات المتفاعلة بتركيز المادة

- وضح لهم من خلال معادلة كيميائية موزونة كيف يمكن التحكم بسرعة التفاعل ، وذلك بتغير تركيز بعض المواد المتفاعلة أو كلها .

- ناقشهم في تغير سرعة التفاعل بمرور الزمن وتباطئه عند اقترابه من النهاية.

استكشاف (٢) العلاقة بين التغير في التركيز وسرعة التفاعل

زمن التنفيذ : ٢٠ دقيقة

الإعداد المسبق :

قبل تنفيذ الاستكشاف وبمساعدة فني المختبر جهز المواد والأدوات والأجهزة و برنامج الميزان الإلكتروني الحوسب ، وتأكد من النتائج جيداً قبل الحصة .

الإجراءات :

- حذر الطلاب من مخاطر الحمض المستخدم .
- وضح لهم الهدف من التجربة وكيفية التعرف على سرعة التفاعل عن طريق مقارنة النقص في كتلة إحدى المواد المتفاعلة في زمن محدد ، وذلك من خلال الجدول والمنحنى الذي سوف يظهر في جهاز الحاسب الآلي .
- قسمهم على مجموعات بحيث تخصص لكل مجموعة خمس دقائق مثلا من أجل الانتهاء من الإجراء العملي وحفظ ذلك في ملف خاص على الحاسب الآلي .
- اعرض نتائج إحدى المجموعات بواسطة جهاز العرض (البروكسيما) إن وجدت .
- ناقش الطلاب في النتائج بهدف الوصول إلى استنتاج إن زيادة تركيز حمض الهيدروكلوريك يزيد من سرعة التفاعل

التحليل والتفسير :

١- معادلة التفاعل



الغاز المتصاعد هو غاز ثاني أكسيد الكربون .

٢-تزداد كمية الغاز المتصاعد بزيادة سرعة التفاعل والتي تزيد بزيادة تركيز المواد المتفاعلة .

٣- كان النقص في كتلة كربونات الكالسيوم أكبر في حالة إضافة حمض تركيزه أكبر لأنه كلما زاد تركيز كل المواد المتفاعلة أو بعض منها زاد معدل سرعة استهلاك المواد المتفاعلة أثناء التفاعل .

ملاحظة : في حالة عدم وجود ميزان إلكتروني محوسب يمكن للمعلم أن يستخدم الميزان الإلكتروني العادي ، بحيث يوضح للطلاب كيف يسجل الكتلة على فترات زمنية محددة ثم يرسم منحنى النقص في الكتلة مقابل الزمن .

إجابة اختبار فهمك (٤):

١ - تزيد سرعة احتراق الفحم عندما تشتد الرياح لأن كمية الأكسجين تزيد ، وبالتالي تزداد سرعة التفاعل بين الفحم والأكسجين .

٢ - بما أن سرعة التفاعل تزداد بزيادة التركيز فإن حمض الأستيك المركز سوف يتفاعل أكثر وأسرع مع خلايا الجلد البروتينيه ويحللها الأمر الذي يؤدي إلى إحداث حروق واضحة في الجلد ، بينما (الخل) لا يستطيع تفكيك هذه الخلايا لاحتوائه على تركيز ضئيل من حمض الأستيك .

- قانون سرعة التفاعل :

- حاور الطلاب عن مدى أثر التغير في التركيز على سرعة التفاعل ، وناقشهم في أهمية معرفة الكيميائي لأنواع التفاعلات التي تتأثر سرعتها بالتركيز وتلك التي لا تتأثر بالتغير في التركيز .

- وضح لهم أن التجريب العملي فقط يوضح مدى تأثير التغير في التركيز على سرعة التفاعل الكيميائي ، وبالتالي استنتج العلماء قانون سرعة التفاعل .

- اكتب على السبورة التفاعل الافتراضي الموجود في الدرس ، ثم قانون سرعة التفاعل له ، وشرح العلاقة بين كل من سرعة التفاعل و ثابت التفاعل (k) ورتبة التفاعل (X) مؤكداً أن كلا من ثابت التفاعل ورتبة التفاعل يستنتجه الكيميائي من التجريب العملي فقط ، وبأنه

نتيجة لذلك تم إعداد جداول في مراجع خاصة توضح رتبة التفاعل وثابت التفاعل لكثير من التفاعلات الكيميائية التي يمكن أن يلجأ إليها دارسو التفاعلات الكيميائية .

- وضح لهم أن رتبة التفاعل يمكن أن تكون صفرا، وفي هذه الحالة تعتمد سرعة التفاعل على ثابت التفاعل فقط ولا تتأثر بالتغير في التركيز، مثل تفاعل التحليل الكهربائي للماء ، أو تحلل الأمونيا على سطح البلاتين .

- ناقشهم في أي الحالات تعتمد سرعة التفاعل كثيرا على التغير في التركيز وأكد لهم أن رتبة التفاعل تكون في الغالب أعدادا صحيحة .

- اشرح لهم من خلال المثال المذكور في الكتاب كيف تحسب رتبة التفاعل عندما تكون نواتجه أكثر من مادتين ، مع ذكر أمثلة أخرى إن أمكن .

- اكد لهم أن (k) و (x) قيم ثابتة للتفاعل عند درجة حرارة معينة وتتغير بتغيرها .

إجابة اختبار فهمك (٥):

بما أن قانون سرعة التفاعل

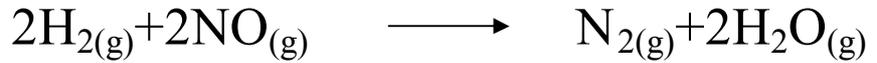


فرتبة التفاعل هي مجموع الأسس لكل من $[Cl_2]$ و $[H_2S]$ ، وتساوي 2 أي أن التفاعل من الرتبة الثانية .

تعين رتبة التفاعل

العلاقة بين معدل التفاعل وبين تركيز إحدى المواد المتفاعلة يتم تحديدها بالتجربة ، وذلك بتغير تركيز هذه المادة وتثبيت تركيز المواد المتفاعلة الأخرى، وتكرار ذلك للمواد المتفاعلة الأخرى ، وبذلك تتكون علاقة توضح كيف يؤثر التغير في تركيز المواد المتفاعلة في سرعة التفاعل .

فمثلا عند دراسة التفاعل :



افرض انه تم عمل مجموعة من التجارب باستخدام تركيز ثابت لأول أكسيد النيتروجين وتغيير في تركيز الهيدروجين ستجد أن معدل التفاعل يتفاوت مع التغير في تركيز الهيدروجين ، فعند مضاعفة تركيز الهيدروجين سيتضاعف معدل سرعة التفاعل وعند مضاعفة تركيز الهيدروجين ثلاث مرات سيتضاعف معدل سرعة التفاعل ثلاث مرات، لذلك يمكن أن نستنتج العلاقة التالية بين تركيز غاز الهيدروجين وسرعة التفاعل (R)

$$R \propto [\text{H}_2]$$

افرض الآن إنه قد تم استخدام تركيز ثابت من الهيدروجين ومتغير من تركيز أول أكسيد النيتروجين في سلسلة من التجارب ، وجد أن معدل سرعة التفاعل قد زاد أربعة أضعاف عند مضاعفة تركيز (NO) ، وزاد معدل سرعة التفاعل تسعة أضعاف عند مضاعفة التركيز ثلاث مرات ، لذلك فإن العلاقة تكون :

وبالتالي $R \propto [\text{NO}]^2$ أي أن قانون سرعة التفاعل

$$R = k [\text{H}_2] [\text{NO}]^2$$

وهذه المعادلة يمكن تطبيقها لهذا التفاعل عند درجة حرارة ثابتة ، حيث أنه بزيادة درجة الحرارة تنزايد سرعة معظم التفاعلات وتزيد قيمة k عادة بزيادة درجة الحرارة ، ولكن العلاقة بين سرعة التفاعل والتركيز تظل ثابتة لا تتغير .

إن القوى التي ترفع بها تراكيز المواد المتفاعلة تسمى رتبة التفاعل ، وعادة ما تكون أعدادا صحيحة أو صفرا وقد تكون أعدادا كسرية.

بالنسبة إلى قيمة ثابت التفاعل (k) من المهم أن تعرف الأتي :

- تتحدد قيمة k من خلال التجارب العملية.
- لكل تفاعل معين ثابت تفاعل خاصة عند نفس الظروف.
- تعتمد وحدة ثابت التفاعل على رتبة التفاعل .
- قيمة ثابت التفاعل لا تتغير بالتغير في تراكيز المواد المتفاعلة ، لذلك تظل ثابتة أثناء التفاعل بمرور الزمن .

- تزداد قيمة ثابت التفاعل بزيادة درجة الحرارة .

- قيمة ثابت التفاعل تزداد بوجود العامل الحفاز .

٤ - درجة الحرارة:

مخرجات التعلم :

١٢-٤- د: وصف كيف أن معدل سرعة التفاعل يتحدد من خلال طبيعة المواد المتفاعلة

، ومساحة سطح التفاعل وتركيز المواد المتفاعلة ودرجة الحرارة والعامل الحفاز.

١٢-٣- ز : استخدام مجسات الحرارة الإلكترونية أو مقياس الحرارة لقياس التغير في درجة الحرارة .

م ١-١٢-٥٣ : استخدام الحاسوب من أجل دراسة أثر التغير في التركيز ودرجة الحرارة على سرعة التفاعل الكيميائي.

م ٣-١٢-٢ح: تفسير أثر التغير في كل من التركيز ودرجة الحرارة على سرعة التفاعل الكيميائي من خلال نظرية التصادم .

م ٤-١٢-٢أ : العمل مع أعضاء المجموعة تعاونياً لإجراء الاستقصاءات .

التقديم والتنظيم :

- قارن بين سرعة ذوبان السكر في الماء البارد والماء الساخن (يمكنك إجراء ذلك عملياً) ، ثم ناقشهم في الأسباب التي تؤدي إلى زيادة الذوبان في الماء الساخن .

- وضح للطلبة أن معظم التفاعلات الكيميائية تزداد سرعتها بزيادة درجة الحرارة ، لذلك نرى ارتفاع العجين أو انتفاخه عند وضعه في الفرن وذلك لأن صودا الخبيز تتفاعل أسرع مع العجين بارتفاع درجة الحرارة وبالتالي تزداد كمية الغاز الناتج من التفاعل الذي يؤدي إلى ارتفاع العجين وتكوين عجينة أسفنجية هشة .

- اطلب منهم ذكر أمثلة أخرى توضح أثر التغير في درجة الحرارة على سرعة التفاعل

نشاط إثرائي :

أثر التغير في درجة الحرارة على سرعة التفاعل

- استخدم كأسين سعة 250mL وضع في الأولى ماء بارداً وفي الأخرى ماءً ساخناً .

- في نفس الوقت أضف قرصاً فواراً إلى كلتا الكأسين .

- راقب سرعة خروج فقاعات الغاز من الكأسين ، وسجل الزمن اللازم لانتهاء التفاعل .

- فسر ما حدث في التجربة .

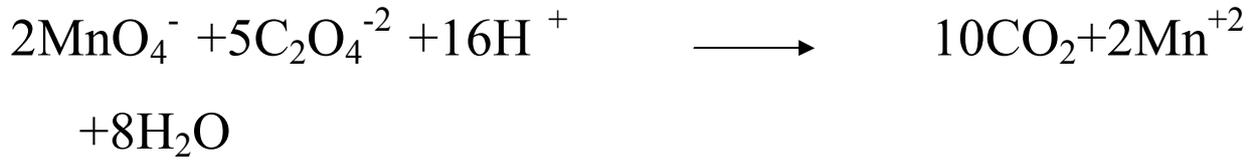
- الدرس العملي الخامس

أثر كل من طبيعة المواد المتفاعلة ودرجة الحرارة على سرعة التفاعل الكيميائي

The effect Of The Nature Of Reactants And The Temperature On The Rate Of Reaction

إجابة أسئلة التحليل والتفسير:

١- المعادلة الموزونة لتفاعل البرمنجنات مع حمض الأوكساليك في وسط حمضي هي:



ومع أيون الحديد الثنائي هي :



٢- لون برمنجنات البوتاسيوم قبل التفاعل بنفسي وببعد التفاعل عديمة اللون.

٣- نعم هناك فرق في سرعة تفاعل البرمنجنات مع كل من أيون الحديد وأيون الأوكسالات

حيث أن التفاعل أسرع مع أيون الحديد الثنائي ، لأن المركبات المتفاعلة كلها أيونية بينما

تفاعل البرمنجنات مع الأوكسالات اقل سرعة لان حمض الأوكساليك مركب تساهمي .

٤- يقوم الطالب برسم العلاقة على ورق رسم بياني

٥- العلاقة بين سرعة التفاعل ودرجة الحرارة علاقة طردية ، حيث تزداد سرعة التفاعل

بزيادة درجة الحرارة.

نظرية التصادم و طاقة التنشيط

مخرجات التعلم :

١٢-٤-أ: تعريف طاقة التنشيط بأنها عبارة عن حاجز الطاقة الذي يجب تجاوزه ليحدث أي تفاعل كيميائي .

١٢-٤-ب: استخدام نظرية التصادم لتفسير تغيرات الطاقة التي تحدث خلال التفاعلات الكيميائية بالإشارة إلى تفكك الروابط وتكوينها والتغيرات في طاقة الوضع وطاقة الحركة.

١٢-٤-ج: تحليل وعنونة منحنيات الطاقة للتفاعل الكيميائي متضمنة المواد المتفاعلة والمواد الناتجة وتغير المحتوى الحراري وطاقة التنشيط .

١٢-٢-ج: رسم أشكال بيانية تبين تغيرات الطاقة للتفاعلات الكيميائية.

١٢-٣-و: مقارنة تغيرات الطاقة بمختلف التفاعلات الكيميائية المختلفة من خلال تحليل البيانات والأشكال البيانية.

١٢-٣-ب: معالجة البيانات من خلال الأدوات المناسبة مثل الآلة الحاسبة وقواعد البيانات .

١٢-٣-ح: تفسير أثر التغير في كل من التركيز ودرجة الحرارة على سرعة التفاعل الكيميائي من خلال نظرية التصادم .

التقديم والتنظيم :

- اطلب إلى الطلاب تذكر أثر التغير في كل من التركيز ودرجة الحرارة على سرعة التفاعل .
- ناقشهم في نظرية التصادم موضحا لهم أهم بنودها مستعينا بالوسائط المتعددة.
- بين لهم العلاقة بين عدد التصادمات وسرعة التفاعل الكيميائي ، ويمكنك طرح الأسئلة التالية:

- هل كل التصادمات يمكن أن تؤدي إلى تفاعل كيميائي؟

- ما هي شروط التصادم الفعال ؟
- باستخدام الكتاب المدرسي أو الوسائل التعليمية المناسبة ناقشهم في الشكل (٤-٩) ،
موضحا الفرق في التصادم بين الشكل (أ) والشكل (ب) .
- وضح لهم المقصود بطاقة التنشيط من خلال الرسم على السبورة وشرح المثال الوارد في
الكتاب عن تغيرات الطاقة في كرة اليد .
- اشرح العلاقة بين طاقة الجزيئات المتفاعلة والمثال المطروح في الكتاب ، موضحا المقصود
بالخليط المنشط.
- إعرض شفافية توضح الرسم بياني لتغيرات الطاقة التي تحدث للمواد المتفاعلة والناجحة وطاقة
التنشيط وموقع الخليط المنشط على المنحنى.
- اطلب أليهم الإجابة عن الأسئلة الواردة في الدرس .
- ناقشهم في أثر التغير في كل من درجة الحرارة والتركيز على سرعة التفاعل الكيميائي من
خلال نظرية التصادم .

إجابات أسئلة النص:

- بزيادة التركيز يزداد عدد الجزيئات المتفاعلة ، وتزداد نسبة التصادمات الفعالة وبالتالي تزداد
سرعة التفاعل الكيميائي.
- بزيادة درجة الحرارة تزداد طاقة حركة الجزيئات المتفاعلة وبالتالي تكتسب هذه الجزيئات
طاقة تنشيط مناسبة لحدوث التفاعل.
- بزيادة درجة الحرارة تزداد طاقة حركة الجزيئات ونسبة التصادمات الفعالة ، وبالتالي تزداد
سرعة التفاعل الكيميائي .

١- تكتب درجة حرارة تخزين الدواء على عبوة الدواء لأن لدرجة الحرارة أثرا على سرعة تفاعلات مكونات الدواء وهو ما قد يؤدي إلى أن تتغير خواصه الدوائية وبالتالي قد يصبح الدواء مادة ضارة نتيجة لتلك التفاعلات .

٢- التفاعل ماص للحرارة ، وطاقة التنشيط له عالية وغير متوفرة في الجو الطبيعي ، ولذلك لا يحدث تفاعل كيميائي بينهما .

٣- لان الحرارة الناتجة من عود الثقاب تكسب الجزيئات المتفاعلة (غاز الطبخ وأكسجين الهواء) طاقة التنشيط اللازمة للتفاعل ، وبالتالي يشتعل وعند إبعاد عود الثقاب عنه لا يتوقف عن الاشتعال لأن الطاقة المتحررة من لأن الاحتراق توفر طاقة التنشيط المناسبة لبقيّة الجزيئات من أجل التفاعل .

٥ - العامل الحفاز أو المساعد

مخرجات التعلم

١٢-٤-٥ : تفسير كيف يزيد العامل الحفاز من معدل سرعة التفاعل ، وذلك بتوفير مسار بديل للتفاعل بدون أن تتغير الكمية النهائية للطاقة (الأنزيمات كمثال على التفاعلات الحيوية) .

م٢-١٢-٢ ج : رسم أشكال بيانية تبين تغيرات الطاقة للتفاعلات الكيميائية .

م١-١٢-١ د : تصميم تجربة عملية لدراسة أثر العامل الحفاز على سرعة التفاعل الكيميائي .

م٣-١٢-٢ و : مقارنة تغيرات الطاقة المرتبطة بمختلف التفاعلات الكيميائية المختلفة من خلال تحليل البيانات والأشكال البيانية .

التقديم والتنظيم :

اطرح على الطلاب الأسئلة التالية :

- ما الصيغة الكيميائية لفوق أكسيد الهيدروجين ؟
- هل يتفكك هذا المركب في درجة الحرارة العادية اكتب معادلة التفاعل؟ .
- ماذا تتوقع لسرعة تفككه ؟ وهل يمكن زيادتها ؟ وكيف؟
- ماذا تتوقع أن يحدث لتفكك فوق أكسيد الهيدروجين عند إضافة ثاني أكسيد المنجنيز ؟
- قم بنشاط عرض بمساعدة عدد من الطلاب وذلك بإضافة قليلا من ثاني أكسيد المنجنيز إلى فوق أكسيد الهيدروجين ، وتقريب شظية مشتعلة للكشف عن الغاز المتصاعد .
- ناقشهم في دور ثاني أكسيد المنجنيز في هذا التفاعل ثم اطلب إليهم تعريف العامل الحفاز.
- اسألهم ما أهم خصائص العامل الحفاز ؟
- وضح لهم بالرسم أو بعرض شفافية توضح الشكل (٤-١٣) كيف يعمل العامل الحفاز على خفض طاقة التنشيط اللازمة للتفاعل واطلب منهم إجابة السؤال الوارد في الدرس.

إجابة سؤال النص:

العامل الحفاز هو مادة تضاف إلى التفاعل دون أن تستهلك ، وتعمل على زيادة سرعة التفاعل ، وذلك بتقليل طاقة التنشيط اللازمة لحدوث التفاعل.

٤ - ٦ أهمية العوامل الحفازة Importance of Catalysts :

مخرجات التعلم

١٢-٤-ز تفسير كيفية استخدام التقنيات لحل المشكلات من خلال:

(أ) الاستغلال الأمثل للوقود الأحفوري وذلك بإنتاج كمية أكبر من الوقود الأكثر استخداما في الحياة (الجازولين) .

ب) شرح الكيفية التي تُخفّض بها المواد المحفزة في المحولات الحفازة من التلوث في الهواء.

ج) استغلال العوامل الحفازة في الصناعات الكيميائية

م ٤-١٢-١ ج تبادل الأفكار مع الآخرين حول أهمية العوامل الحفازة .

م ٤-١٢-٢ ج : تبادل الأسئلة والمناقشات حول بيانات ونتائج تجارب واستكشافات تغيرات

الطاقة التي جمعها كل طالب مع بقية أعضاء المجموعة والمجموعات الأخرى .

التقديم والتنظيم :

- خطط مع الطلاب لتنفيذ الدرس وذلك بتقسيمهم إلى مجموعات عمل تكلف بإعداد تقارير من خلال احد التطبيقات الحياتية مستعينا بما ورد في الكتاب وموظفا مصادر التعلم الخارجية لإثراء الموضوع .
- في موعد الدرس حدد وقت لكل مجموعة لتعرض عملها وافتح بابا للنقاش وقدم التغذية الراجعة مؤكدا على ماورد في الكتاب.
- راجع مع الطلاب دور العامل الحفاز في التفاعلات الكيميائية .
- ناقشهم في الأهمية الاقتصادية لتوفير الوقت والطاقة لأي صناعة
- وضح لهم كيف يساعد العامل الحفاز في الصناعات الكيميائية مستعرضا الجدول الوارد في الدرس (ملاحظة : الجدول ليس للحفظ) .
- ذكر الطلاب بنواتج برج التقطير التجزيئي للنفط والنسبة المئوية للجازولين في هذه المخرجات ، ثم اسألهم عن أهمية الجازولين في حياتنا .
- ناقشهم في الدور الذي تقوم به العوامل الحفازة في الحصول على إنتاج أكبر ونوعية أفضل من وقود السيارات ، مبينا لهم نوع العوامل الحفازة المستخدمة في هذه العملية .

- اسألهم عن أهم الملوثات للهواء الجوي والتي تتزايد باستمرار وتؤدي إلى مشكلات كثيرة مثل مشكلة الاحتباس الحراري، ووضح لهم كيف تم حل مشكلة ملوثات الهواء بعبء السيارات .
- استخدم الشكل (٤-١٤) لشرح المحولات الحفازة في السيارات .
- استثمر المعلومات السابقة الموجودة لدى الطلاب عن الإنزيمات ، موضحا لهم دورها الحافز لتفاعلات الحيوية سواء في عملية الهضم أو التخلص من المواد السامة .

حل أسئلة الفصل

السؤال الأول

- ٧ (ب) -٦ (ج) -٥ (ج) -٤ (ج) -٣ (ج) -٢ (أ)
١- (ج) -٨ (ج) -٩ (ب) (أ)-

السؤال الثاني :

١- معادلات رياضية توضح معدل سرعة التفاعل للتفاعل :



$$\text{Reaction Rate} = \frac{\Delta [\text{product}]}{\Delta t} - \frac{\Delta [\text{reactant}]}{\Delta t} =$$

$$= \frac{-\Delta [H_2O]}{\Delta t}$$

$$\text{أو} = \frac{\Delta [CO]}{t\Delta}$$

$$\text{أو} = \frac{\Delta [H_2]}{\Delta t}$$

٢- أ التفاعل أسرع في التجربة رقم (١) وأبطأ في التجربة رقم (٤) .بما أن التفاعل في التجربة رقم (١) كان أسرع فهذا يعني ان تركيز المواد المتفاعلة كان اكبر من باقي التجارب لأنه بزيادة التركيز تزيد سرعة التفاعل .

ب- يمكن زيادة سرعة التفاعل برفع درجة حرارة المواد المتفاعلة أو استخدام عامل حفاز مناسب.

السؤال الثالث :

-١

أ- (١) ب- (٢) ج- (٣)

-٢

أ تفاعل الكالسيوم أسرع لان نشاطه الكيميائي اكبر .

ب- مسحوق الحديد أسرع في التفاعل لان مساحة سطح التفاعل اكبر في حالة المسحوق عنه في حالة القطعة .

ج- حمض النيتريك ذي التركيز 0.5M أسرع في التفاعل مع قطعة النحاس.

د- تفاعل محلول كبريتات الصوديوم مع محلول كلوريد الباريوم أسرع ،لان المواد المتفاعلة كلها مركبات أيونية بينما الكحول الإيثيلي والأمونيا مركبات تساهمية.

-٣

أ- لأن الإنزيمات الموجودة في جسم الإنسان تعمل كعوامل حفازة حيث تقلل من طاقة التنشيط اللازمة لحدوث التفاعل بين السكر والأكسجين في عملية الأكسدة بينما احتراق السكر في المختبر يحتاج إلى طاقة تنشيط عالية لبدء التفاعل .

ب- بزيادة درجة حرارة المواد المتفاعلة تزداد طاقة حركة الجزيئات ، وبالتالي يزداد عدد التصادمات الفعالة بين الدقائق المتفاعلة وهو ما يزيد من سرعة التفاعل الكيميائي .

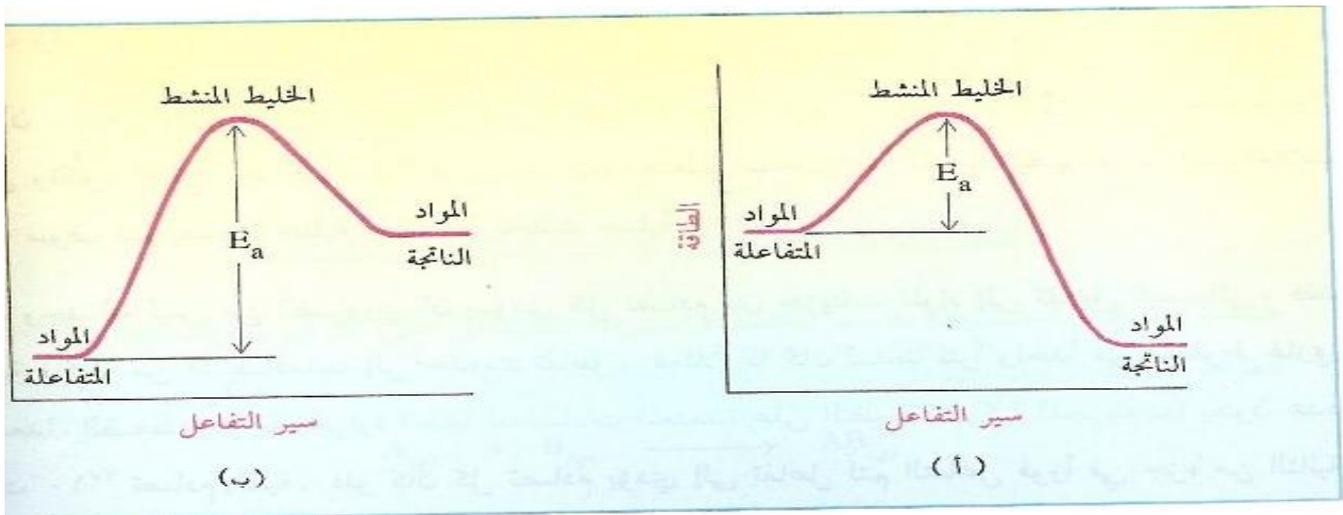
ج- بمرور الزمن تستهلك المواد المتفاعلة ويقل تركيزها متحولة إلى مواد ناتجة الأمر الذي يؤدي إلى تناقص سرعة تفاعلها .

د- لأن حريق نشارة الخشب أسرع في الانتشار بسبب زيادة مساحة سطح التفاعل .

هـ - لأن بعض التفاعلات الكيميائية في هذه العمليات تكون طاقة تنشيطها عالية وهو ما يستلزم رفع درجة حرارة التفاعل لإكساب المواد المتفاعلة طاقة التنشيط اللازمة لبدء التفاعل .

السؤال الرابع :

أ - الرسم التالي يوضح تغيرات الطاقة لمواد التفاعل:



إذا ما توافرت للجزئيات المتفاعلة طاقة التنشيط اللازمة لبدء التفاعل فإنها تقترب من بعضها بعضا وتتصادم فيما بينها ويتبع ذلك ضعف للروابط أو كسرها وتكوين روابط جديدة لمكون غير مستقر يدعى الخليط المنشط تكون فيه الطاقة الحركية أعلى ما يمكن ثم تبدأ هذه الطاقة بالتحول تدريجيا إلى طاقة وضع ، وينتج مركب مستقر ذو طاقة وضع مختلفة عن المواد المتفاعلة والفرق بين طاقة المواد المتفاعلة والناجئة يدعى حرارة التفاعل .

ب- ١- تزداد سرعة التفاعل .

٢- تقل سرعة التفاعل .

ج- بزيادة التركيز فإن عدد جزئيات المواد المتفاعلة ، يزداد وبالتالي يزداد عدد التصادمات الفعالة المحتملة وتزيد سرعة التفاعل ..

السؤال الخامس :

يطلب المعلم من الطلاب عمل تلخيص يوضح أهمية العوامل الحفازة أو المساعدة كما جاء في الدرس أو كتابة مقال أو بحث عن نفس الموضوع .

الوحدة الثالثة
الغازات وقوانينها
Gases and Their Laws

تعد وحدة الغازات، بما تحتويه من مفاهيم وعلاقات وقوانين وتطبيقات رياضية وعلمية على الموضوعات المختلفة للغازات. تتسم هذه الوحدة بالجددة ، ولذلك نأمل من المعلم أثناء تدريسه لهذه الوحدة أن يراعي الأمور الآتية:

- ١- مساعدة الطلاب على اكتساب المعرفة العلمية الواردة في هذه الوحدة بطريقة منظمة وميسرة.
- ٢- إكساب الطلاب المهارات العملية اللازمة وذلك من خلال تنفيذ الاستكشافات والتجارب العملية.
- ٣- العمل على إكساب الطلاب الاتجاهات العلمية والميول العلمية المناسبة وتنميتها.
- ٤- توظيف طرق التدريس الحديثة والتي قد تيسر على الطلاب اكتساب الحقائق والمفاهيم بصورة منظمة ودقيقة.
- ٥- التركيز على تدريب الطلاب على المهارات الرياضية اللازمة للتعامل مع التطبيقات الرياضية الواردة في الوحدة.
- ٦- توظيف الجداول والرسوم البيانية والأشكال التوضيحية بصورة فاعلة لتوضيح الحقائق والمفاهيم الواردة في الوحدة.
- ٧- مساعدة المتعلمين على فهم العلاقات المتداخلة بين العلم والتقانة والمجتمع.

إجابات أسئلة مقدمة الوحدة

- ١- الخصائص الفيزيائية التي يمكن قياسها لجميع الغازات هي درجة الحرارة، والضغط، والحجم، وعدد مولات الغاز (كمية الغاز).
- ٢- يتكون ضغط الغاز نتيجة لاصطدام جزيئات الغاز مع جدران الإناء. ووحدات قياس الضغط هي الكيلو باسكال (kPa)، التور (torr)، وحدة الضغط الجوي (atm)، مليمتر زئبق (mm Hg).

٣- تساعد نظرية الحركة الجزيئية على فهم سلوك الغازات وخصائصها الفيزيائية، حيث تفترض النظرية عددًا من الفروض يمكن من خلالها تفسير السلوك الفيزيائي للغازات المثالية.

٤- هناك عدد من العلاقات التي تربط بين كل من الضغط والحجم ودرجة الحرارة، يترجمها كل من قانون بويل، وقانون شارل، وقانون جاي لوساك، والقانون العام للغازات.

٤ - تستخدم هذه القوانين لإيجاد المتغيرات المجهولة بدلالة المتغيرات المعلومة في المسألة أو التطبيق.

- ٥ - هناك عدد كبير من الاستخدامات التقنية لقوانين الغازات أهمها:
- أ- دلالة وأهمية الضغط الجزئي ل O_2 في الهواء الذي نتنفسه.
- ب- تأثير الرطوبة على الضغط الجزئي للغازات الجوية.
- ج- استخدام العقاقير المخدرة في العمليات الطبية.
- د- استخدام مناطق الضغط الجوي المنخفض والمرتفع للتنبؤ بالظواهر الجوية.
- هـ - استخدام الغازات المضغوطة.

أولاً : المخرجات المعرفية

١٢ - ٥ : شرح كيف أن درجة حرارة وضغط الغاز وحجمه وكتلته تحدد سلوك الغاز

أ : وصف العلاقة بين الخصائص الأربعة التي يُمكن قياسها لجميع الغازات، وهي: الحجم، والضغط، ودرجة الحرارة، والكتلة.

ب : شرح كيفية تكوين الغازات للضغط، وكيف يمكن أن تشتق وحدات قياس الضغط، وعلاقتها ببعضها البعض.

ج : استخدام نظرية الحركة الجزيئية لشرح قوانين الغازات .

د: وصف العلاقات الرياضية التي تربط بين الضغط، ودرجة الحرارة، والحجم، مثل: قانون بويل، وقانون تشارلز، وقانون جاي لوساك، وقانون الغازات العام.

هـ : وصف العلاقات الكمية بين الغازات والغاز المثالي، باستخدام قوانين الغازات في الظروف المعيارية (STP) .

و : حساب قيمة المتغيرات في قانون الغاز المثالي من بيانات معلومة.

ز : وصف الاختلافات بين الغازات المثالية والغازات الحقيقية.

١٢-٦ : شرح الكيفية التي تختلط بها الغازات وتتفاعل طبقاً للنظرية الجزيئية.

أ : شرح مفهوم الضغط الكلي لمجموعة من الغازات.

ب : استخدام النظرية الحركية للجزيئات لشرح قانون دالتون للضغط الجزئي.

ج : وصف تطبيقات الضغوط الجزئية.

د : وصف أهمية نظرية أفوجادرو في فهم تفاعلات الغازات.

هـ : تعريف الحجم المولارية واستخدامها في تحويل الحجم إلى كميات وزنية والعكس.

و : شرح مفهومي التدفق والانتشار.

ز : استخدام قانون جراهام لمقارنة سرعة تدفق غازين مختلفين عند نفس الظروف من الضغط ودرجة الحرارة .

ح: شرح الاستخدامات التقنية لقوانين، ومبادئ الغازات لحل المشكلات :

- أ) دلالة وأهمية الضغط الجزئي ل O_2 في الهواء الذي نتنفسه.
- ب) تأثير الرطوبة على الضغط الجزئي للغازات الجوية.
- ج) استخدام العقاقير المخدرة في العمليات الطبية.
- د) استخدام مناطق الضغط الجوي المنخفض والمرتفع للتنبؤ بالظواهر الجوية.
- استخدام الغازات المضغوطة.

ثانيا : المخرجات المهنية

البند الأول : المبادرة والتخطيط :

م ١ - ١٢ - ١ : طرح أسئلة حول العلاقات الملاحظة وتخطيط عمليات اسقضاء

للأسئلة والأفكار والمشكلات والقضايا

- د- التنبؤ بتأثير ضغط الغاز على الحجم.
- هـ- التنبؤ بتأثير درجة الحرارة على حجم الغاز.
- و- التنبؤ بتأثير درجة الحرارة على ضغط الغاز .
- ز- التنبؤ بسرعة انتشار جزيئات غاز ما في ضوء معطيات محددة..
- م ١-١٢-٢: تصميم تجربة وتحديد المتغيرات

هـ- تصميم تجربة لتوضيح العلاقة بين الحجم وضغط الغاز.

و- تصميم تجربة لقياس الكتلة المولية لغاز البيوتان.

ز- تصميم تجربة لتحديد الحجم المولي لغاز الهيدروجين.

م ١-١٢-٣: اختيار الأدوات المناسبة لجمع المعلومات.

ح- تركيب أجهزة جمع الغاز ومراقبة تكون الغازات وجمع العلاقات بين سلوك هذه

الغازات من حيث الحجم والضغط ودرجة الحرارة .

ط- استخدام مقاييس الحرارة والبارومترات بصورة دقيقة لجمع البيانات اللازمة للتجربة.

ي- استخدام جدول الضغط البخاري للماء عند درجات الحرارة المختلفة لحساب الضغط

الجزئي للغازات التي يتم تجميعها بإزاحة الماء.

البند الثاني :التنفيذ والتدوين

م ٢-١٢-١ :تنفيذ خطوات تجربة وضبط متغيراتها

ب- تنفيذ تجربة لتحديد العلاقة بين حجم الغاز وضغطه.

ج- تنفيذ تجربة لتحديد العلاقة بين حجم الغاز ودرجة الحرارة.

د- إجراء تجربة عملية لحساب ثابت الغاز المثالي (R) عمليا.

هـ- تنفيذ تجربة لملاحظة سرعة انتشار الغازات.

م ٢-١٢-٢ : تنظيم البيانات في أشكال وجداول تناسب مع النص أو التجربة .

د - استخدام البيانات التي تم جمعها من التجربة لتمثيل العلاقة التي تربط بين كل من حجم

الغاز وضغطه ودرجة الحرارة .

البند الثالث : التحليل والتفسير :

م ٢-١٢-٣ تحليل المعلومات والبيانات المقدمة في جداول أو رسوم بيانية .

ط- تفسير العلاقات والأشكال البيانية التي تم التوصل إليها من خلال استقصاء نوع العلاقة

بين كل من ضغط الغاز وحجمه ، ودرجة الحرارة ، وعدد المولات .

ي- تفسير البيانات المستنبطة من التجارب لحساب كل من : ثابت الغاز المثالي (R) ،

الحجم المولي للغاز ، والكتلة المولية .

م ٣-١٢-٣ : تحديد مصادر الخطأ في التجربة

ج- تحديد أوجه القصور في البيانات التي تم جمعها من تجربة حساب ثابت الغاز المثالي (

R)، الحجم المولي للغاز ، والكتلة المولية .

د- تحديد التباين بين القيمة النظرية لثابت الغاز المثالي (R) و القيمة المحسوبة عمليا.

البند الرابع : الاتصال وعمل الفريق :

م ١-١٢-٤ : استقبال وفهم أفكار الآخرين

هـ- تبادل الأفكار مع الآخرين حول نظرية افوجادرو في فهم التفاعلات الغازية .

و- تبادل الأفكار مع الآخرين حول التطبيقات العملية والتقانية على قوانين الغازات.

م ٢-١٢-٤ : تبادل الأسئلة والاهتمامات والخطط والنتائج باستخدام لغة مكتوبة أو حوار

شفوي أو رموز أو أشكال أو غيرها .

- أ- العمل مع أعضاء المجموعة تعاونياً لإجراء الاستقصاءات .
- د- تبادل الأسئلة والمناقشات حول بيانات ونتائج تجارب واستكشافات الغازات التي جمعها كل طالب مع بقية أعضاء المجموعة والمجموعات الأخرى .

جدول يبين التوزيع المقترح لبنود الوحدة الثالثة على عدد الحصص المقررة

للوحدة:

رقم البند	عنوان البند	عدد الحصص المقترح
١-٥	ضغط الغاز	١
٢-٥	نظرية الحركة الجزيئية	١
٣-٥	قانون بويل	١
الاستكشاف (١)	العلاقة بين حجم الغاز وضغطه	١
٤-٥	قانون شارل	٢
الاستكشاف (٢)	العلاقة بين درجة الحرارة والحجم	١
٥-٥	قانون جاي لوساك	١
٦-٥	قانون الغازات الموحد	٢
	أسئلة الفصل الخامس	٣
١-٦	قانون الغاز المثالي	١
الاستكشاف (١)	قياس الكتلة المولية للغاز	١
٢-٦	الغاز المثالي والغازات الحقيقية	١
٣-٦	قانون افوجادرو	٢
٤-٦	الحجم المولي للغاز	٢
٥-٦	قانون دالتون للضغوط الجزئية	١
٦-٦	تطبيقات الضغوط الجزئية	٢

١	الانتشار	الاستكشاف (٢)
١	الدرس العملي الخامس	
١	الدرس العملي السادس	
٣	أسئلة الفصل السادس	
٢٩	مجموع الحصص	

الفصل الخامس

خواص وسلوك الغازات

Properties and Behavior of Gases

افتتاحية الفصل

في هذا الفصل سوف يتعرّف الطلاب على أهم المتغيرات الفيزيائية التي تؤثر على ضغط الغاز، كالحجم، ودرجة الحرارة، وكمية الغاز. حيث سيقومون بدراسة أثر هذه المتغيرات على ضغط الغاز عبر عدد من قوانين الغازات، كقانون بويل، وقانون شارل، وقانون جاي لوساك، والقانون الموحد للغازات. كما سيناقش هذا الفصل فروض نظرية الحركة الجزيئية، والتي من خلالها سيتمكن الطلاب من فهم وتفسير السلوك الفيزيائي للمواد في الحالة الغازية.

- ناقش الطلاب في التساؤلات التي وردت في مقدمة الفصل.
- قم بتنفيذ تجارب واستكشافات الفصل، وذلك لتحقيق المخرجات المعرفية والمهارية.

١-٥ ضغط الغاز *Gas Pressure* :

مخرجات التعلم:

- ١٢-٥-ب: شرح كيفية تكوين الغازات للضغط، وكيف يمكن أن تشتق وحدات قياس الضغط، وعلاقتها ببعضها البعض.
- ١م-١٢-٥١: التنبؤ بتأثير ضغط الغاز على الحجم.

التقديم والتنظيم :

اطلب إلى الطلاب النفخ في بعض البالونات، وبعد أن يتم نفخها ، ناقشهم في الأسئلة الآتية:
ما سبب تمدد جدران البالون؟ اشرح كيف يؤثر الهواء على البالون؟
١- توصل معهم إلى مفهوم الضغط ، ثم وجههم إلى العمل في مجموعات لتنفيذ نشاط يتضمن تعبئة الجدول الآتي على مرحلتين، حيث يعبأ الطلاب مبدئياً العمود الأول والثاني، ثم في نهاية الدرس، يتم تعبئة العمود الثالث:

ماذا أعرف عن الضغط	ماذا أريد أن أعرف عن	ما الذي تعلمته اليوم عن
	الضغط	مفهوم الضغط

٢- بعد أن ينفذ الطلاب الجزء الأول من النشاط، ناقشهم في معلوماهم السابقة حول مفهوم الضغط، ووحداته، وكيفية قياسه، ثم بعد ذلك حدد معهم ما أهداف الدرس، وما سوف يقومون بتعلمه خلال الدرس.

٣- إستراتيجية بصرية: اعرض على الطلاب شفافية تتضمن شكل الكتاب (٧-٢)، ولناقشة محتوى الشكل استخدم طريقة العصف الذهني، أو طريقة الأسئلة السابرة بأنواعها التشجيعية، والتركيزية، والتوضيحية والتبريرية، والمحولة، أو استخدم أسئلة التفكير التقاربي أو التباعدي وذلك لتوضيح مفهوم الضغط، والضغط الجوي، ووحدات الضغط، والتحويلات بينها.

٤- وضح للطلاب أن مصطلح التور مشتق من اسم العالم الإيطالي الذي قاس الضغط الجوي بواسطة عمود الزئبق، وهو العالم تورشلي الذي وجد أن الضغط الجوي عند سطح البحر يساوي ارتفاع عمود من الزئبق طوله 76 cm (760mm)، وبذلك فإن 1 torr يساوي 1mmHg.

إجابة اختبار فهمك (١)

أ- الضغط بوحدة mm Hg $760 \text{ mm Hg} \times 0.830 \text{ atm} / 1 \text{ atm} = \text{mm Hg}$

$$630.8 \text{ mm Hg} =$$

ب- الضغط بوحدة kPa $101.325 \text{ kPa} \times 0.830 \text{ atm} / 1 \text{ atm} = \text{kPa}$

$$84.0 \text{ kPa} =$$

ج - الضغط بوحدة torr $760 \text{ torr} \times 0.830 \text{ atm} / 1 \text{ atm} = \text{torr}$

$$630.8 \text{ torr} =$$

٥-٢ نظرية الحركة الجزيئية *Kinetic-molecular theory*

مخرجات التعلم:

- ١٢-٥-أ: وصف العلاقة بين الخصائص الأربعة التي يُمكن قياسها لجميع الغازات، وهي: - الحجم، والضغط، ودرجة الحرارة، والكتلة.
- ١٢-٥-ج: استخدام نظرية الحركة الجزيئية لشرح قوانين الغازات.

التقديم والتنظيم:

- ١- ناقش الطلاب حول خبراتهم السابقة فيما يختص بالنموذج الجزيئي.
- ٢- استخلص منهم بعض فروض النموذج الجزيئي التي سبق ودرسوها في مادة العلوم في الصف السابع وسجلها على السبورة.

- ٣- اطلب إليهم العمل في مجموعات، لتوضيح كيف فسر النموذج الجزيئي الفروق بين حالات المادة الثلاثة. وذلك من خلال عمل رسومات أو نماذج مبسطة بالصلصال أو الورق.. أو أي خامات متوفرة في البيئة من حولهم.
- ٤- انتقل بهم من الخبرة السابقة إلى فروض نظرية الحركة الجزيئية، وناقش معهم أهمية دراسة هذه النظرية لتفسير سلوك الغازات.
- ٥- استعرض معهم بنود النظرية، مستشهدا بأمثلة وتطبيقات واقعية لإثبات صحة الفروض.
- ٦- أعطهم نبذة مختصرة عن مفهوم الغاز المثالي الذي تتمحور بنود النظرية عليه.
- ٧- استنتج مع الطلاب أهم المتغيرات الفيزيائية التي تؤثر في سلوك الغازات.

إجابة اختبار فهمك (٢)

- ١- لأن الهواء في داخل الكيس يتمدد بارتفاع درجة الحرارة، فيؤثر بضغط أكبر على جدران الكيس، مما يسبب انتفاخها.
- ٢- الفرضان الأول والثاني يشيران إلى وجود مسافات كبيرة تفصل بين جزيئات الغاز، مما يجعلها قابلة للانضغاط.

٣-٥ : قانون بويل : Boyle's Law

مخرجات التعلم:

- ١٢ - ٥ - أ: وصف العلاقة بين الخصائص الأربعة التي يُمكن قياسها لجميع الغازات، وهي: الحجم، والضغط، ودرجة الحرارة، والكتلة.
- ١٢ - ٥ - د: وصف العلاقات الرياضية التي تربط بين الضغط، ودرجة الحرارة، والحجم، مثل: قانون بويل، وقانون تشارلز، وقانون جاي لوساك، وقانون الغازات العام.
- ١٢ - ٥ - ج: استخدام نظرية الحركة الجزيئية لشرح قوانين الغازات.
- ١م - ١٢ - ١ - د : التنبؤ بتأثير ضغط الغاز على الحجم.
- ١م - ١٢ - ٢ - هـ : تصميم تجربة لتوضيح العلاقة بين الحجم وضغط الغاز.

م ٢-١٢-١: تنفيذ تجربة لتحديد العلاقة بين حجم الغاز وضغطه.

م ٢-١٢-٢: استخدام البيانات التي تم جمعها من التجربة لتمثيل العلاقة التي تربط بين كل من حجم الغاز، وضغطه، ودرجة الحرارة.

م ٢-١٢-٣: تفسير العلاقات والأشكال البيانية التي تم التوصل إليها من خلال استقصاء نوع العلاقة بين كل من ضغط الغاز، وحجمه، ودرجة الحرارة، وعدد المولات.

التقديم والتنظيم :

١- يمكن أن تمهّد لهذا الدرس بعدة طرق منها:

- توظيف المدخل التاريخي، أو الأسلوب القصصي عند افتتاحك للدرس، اسرد لهم بأسلوب مشوق الخلفية التاريخية لحياة العالم بويل وقصة اكتشافه للعلاقة بين الضغط والحجم، ولإيجاد الخلفية التاريخية للعالم بويل.

٢- استخدم مدخل تنبأ، فسر، لاحظ، فسر: وذلك عبر النشاط المقترح التالي، مع ملاحظة أن لا تزيد مدة تنفيذ النشاط عن عشر دقائق:

- ضع بالوناً نصف ممتلئ بالهواء تحت ناقوس زجاجي.

- اطلب إلى الطلاب توقع ماذا سيحدث إذا فرغ البالون من الهواء.

- استمع إلى توقعاتهم مع كتابتها على السبورة.

- اطلب إليهم بتقديم تفسير لهذه التوقعات، لكن دون تعليق على صحتها أو خطئها.

- اطلب إلى احد الطلاب بتفريغ الهواء من تحت الناقوس وذلك باستخدام شمعة في أنبوب أو مفرغة هواء إذا توفرت في المختبر، وذلك لتقليل الضغط.

- اطلب إليهم ملاحظة ما يحدث، وتسجيل ملاحظاتهم.

- اطلب إليهم الآن تمحيص تنبؤاتهم السابقة، وما قدموه من تفسيرات.

٣- وضح لهم العلاقة التي تربط بين الحجم والضغط عند ثبوت درجة الحرارة من خلال تنفيذ استكشاف رقم (١).

٤- في حال عدم وجود أئقال كافية في مختبرك استخدم طريق العرض العملي لتنفيذ استكشاف رقم (١).

٥- بعد تنفيذ الاستكشاف ، ومن خلال ما تم جمعه من ملاحظات توصل مع الطلاب إلى استنتاج العلاقة بين الحجم والضغط عند ثبوت درجة الحرارة .

٦- اطلب إليهم تفسير العلاقة التي ينص عليها قانون بويل في ضوء نظرية الحركة الجزيئية.

٧ - نفذ معهم التطبيقات الرياضية التي وردت على قانون بويل، مع التأكيد على أهمية إكساب الطلاب مهارة قراءة التمرين، واستخلاص المعطيات الواردة به وتوظيفها للحصول على الإجابة المرغوبة.

٨ - وجه انتباههم إلى أهمية الوحدات المستخدمة للضغط، وكيفية التعبير عنها بأكثر من وحدة.

استكشاف (١) : العلاقة بين حجم الغاز وضغطه

الإعداد المسبق:

إذا توفرت أدوات كافية، يفضل إجراء الاستكشاف على هيئة مجموعات، ولكن في حال عدم توفر الأدوات يمكن للمعلم أن يلجأ إلى طريقة العرض العملي.

الزمن المطلوب: ٣٠ دقيقة

١- قسّم الطلاب إلى ست مجموعات، ثم وزع على كل مجموعة المواد والأدوات اللازمة لتنفيذ الاستكشاف.

٢- اطلب إليهم تنفيذ خطوات الاستكشاف بدقة، مع التأكيد على أهمية أن يتم تغطية فوهة الحقنة بالغطاء، أو بإغماد الفوهة في ممحاة حتى لا يتسرب الهواء الذي تم سحبه في الحقنة.

٣- اطلب إليهم تسجيل ملاحظاتهم بدقة.

٤- اشرف على عمل المجموعات، للتأكد من سير الاستكشاف بطريقة الصحيحة ، ولتقديم الدعم اللازم للمجموعات التي بحاجة لدعم.

٥- بعد الانتهاء من تنفيذ الاستكشاف، اطلب إلى كل مجموعة تنظيم بياناتها من حيث تدوين الملاحظات وإعداد التفسيرات ورسم العلاقة البيانية المطلوبة، وذلك خلال مدة زمنية لا تتجاوز ربع ساعة.

٦- استعرض أسئلة التحليل والتفسير، وذلك من خلال طرح السؤال، ومطالبة مقرر كل مجموعة بعرض ما توصلت إليه كل مجموعة حول ذلك السؤال.

٧- محص آراء المجموعات، ثم توصل معهم إلى الإجابة العلمية.

التحليل والتفسير:

١- اجعل الطلاب يرسمون العلاقة بين الضغط ومثلاً بوزن الأثقال (محور السينات)، وحجم الهواء داخل المحقن (محور الصادات).

١- كلما زاد وزن الأثقال ، كلما نقص حجم الهواء في الحقنة مع ثبوت درجة الحرارة.

٢- تؤدي زيادة الضغط إلى تناقص في حجم الغاز. علاقة عكسية.

$$V \propto \frac{1}{p} \quad -3$$

إجابة اختبار فهمك (٣)

- ١

المعطيات:

$$V_1 = 2.5L$$

$$P_1 = 105kPa$$

$$P_2 = 40.5kPa$$

$$V_2 = ?$$

الحل:

$$V_2 = P_1 V_1 / P_2$$

$$= 105kPa \times 2.5L / 40.5kPa$$

$$= 6.5 L$$

٢- المعطيات :

$$V_1 = 500\text{mL}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$P_2 = 0.5 \text{ atm}$$

$$V_2 = ?$$

الحل:

$$\begin{aligned} V_2 &= P_1 V_1 / P_2 \\ 500\text{mL} \times \cancel{1\text{atm}} / \cancel{0.5\text{atm}} \\ &= 1.000\text{mL} \\ &= 1\text{L} \end{aligned}$$

٥-٤ قانون شارل : Charles's Law

مخرجات التعلم:

- ١٢-٥- أ: وصف العلاقة بين الخصائص الأربعة التي يُمكن قياسها لجميع الغازات، وهي: الحجم، والضغط، ودرجة الحرارة، والكتلة.
- ١٢-٥- د: وصف العلاقات الرياضية التي تربط بين الضغط، ودرجة الحرارة، والحجم، مثل: قانون بويل، وقانون تشارلز، وقانون جاي لوساك، وقانون الغازات العام.
- ١٢-٥- ج: استخدام نظرية الحركة الجزيئية لشرح قوانين الغازات.
- ١٢-١- هـ: التنبؤ بتأثير درجة الحرارة على حجم الغاز.
- ١٢-٢- ج: تنفيذ تجربة لتحديد العلاقة بين حجم الغاز ودرجة الحرارة.
- ١٢-٢- د: استخدام البيانات التي تم جمعها من التجربة لتمثيل العلاقة التي تربط بين كلٍّ من حجم الغاز، وضغطه، ودرجة الحرارة.
- ١٢-٣- ط: تفسير العلاقات والأشكال البيانية التي تم التوصل إليها من خلال استقصاء نوع العلاقة بين كل من ضغط الغاز، وحجمه، ودرجة الحرارة، وعدد المولات.

١- افتتح الدرس من خلال توظيف شكل الكتاب (٥-٨)، اعرض للطلاب شفافية ملونة بالشكل أو وطف الكتاب المدرسي، واطلب إليهم تتبع إجراءات التجربة التي تعرضها الصور.

٢- اطلب إليهم تقديم تفسير لما تعرضه لهم التجربة من نتائج.

(إذا توفر للمعلم الوقت ورجب بتنفيذ هذه التجربة، فبالإمكان استبدال النيتروجين المسال، بتجميد البالونات المليئة بالهواء في البراد، ثم إخراجها وتركها لفترة في حرارة الغرفة).

٣- ووجه الطلاب إلى تنفيذ استكشاف الكتاب رقم (٢). بإمكان المعلم توظيف طريقة (تنبأ، فسر ، لاحظ، فسر) ، وذلك بمطالبة الطلاب بتسجيل توقعاتهم المبدئية حول نتائج الاستكشاف، وتقديم تفسيرات لها، ثم البدء بتنفيذ الاستكشاف، وتسجيل الملاحظات وتفسيرها مجدداً. بإمكان المعلم الاستعانة بالتخطيط الآتي للطريقة المذكورة:

فسر	لاحظ	فسر	تنبأ

٤- بعد الانتهاء من تنفيذ الاستكشاف وإعطاء التغذية الراجعة، ووجه الطلاب إلى تفسير العلاقة التي تربط بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبوت الضغط في ضوء نظرية الحركة الجزيئية.

٥- ووجه الطلاب إلى تنفيذ التطبيقات الرياضية مع التأكيد على استراتيجيات حل هذا النوع من المسائل.

٦- ركز على تدريب الطلاب على مهارة قراءة الجداول والأشكال البيانية.

استكشاف (٢): العلاقة بين درجة الحرارة والحجم

الإعداد المسبق:

بالتعاون مع فني المختبر قم بإعداد المواد والأدوات اللازمة لتنفيذ الاستكشاف .

الزمن : ٣٠ دقيقة

الإجراءات:

١- قسّم الطلاب إلى ست مجموعات عمل، ثم وّزع على كل مجموعة المواد، والأدوات

اللازمة لتنفيذ الاستكشاف.

٢- اطلب إليهم تنفيذ خطوات الاستكشاف بدقة.

٣- اطلب إليهم تسجيل ملاحظاتهم في جدول البيانات الوارد في الكتاب .

٤- اطلب إليهم الإجابة عن أسئلة التحليل والتفسير، وذلك من خلال العمل التعاوني في

مجموعة.

٥- ناقشهم فيما توصلوا إليه من ملاحظات ونتائج وإجابات لأسئلة التحليل والتفسير، مع

إعطاء التغذية الراجعة المناسبة.

التحليل والتفسير:

١- يرسم الطلاب الشكل البياني، في ضوء ما توصلوا إليه من قياسات.

٢- درجة الحرارة التي يقابل الخط عندها المحور هي (273-) ، وتسمى درجة الصفر

المطلق.

٣- إن حجم الغاز يزداد بارتفاع درجة الحرارة . أي أن حجم الغاز يتناسب مع درجة

الحرارة. وذلك لأن في ضوء فروض نظرية الحركة الجزيئية، فإن ارتفاع درجة الحرارة

يزيد من معدل طاقة حركة الجزيئات، وبالتالي تؤثر بضغط أكبر على جدران الوعاء مما

يؤدي إلى تمددها.

٤- لاحظ أن قيم V/T قيمة ثابتة. استنتج أن الحجم يتناسب طردياً مع درجة الحرارة

بالكلفن.

إجابة اختبار فهمك (٤)

-١

المعطيات:

$$V_1 = 500 \text{cm}^3$$

$$T_1 = 27^\circ \text{C}$$

$$T_2 = -18^\circ \text{C}$$

المطلوب:

$$V_2 = ?$$

الحل:

$$\begin{aligned} V_2 &= V_1 T_2 / T_1 \\ &= 500 \text{cm}^3 \times 255 \text{K} / 300 \text{K} \\ &= 425 \text{cm}^3 \end{aligned}$$

-٢

المعطيات:

$$T_1 = 10^\circ \text{C}$$

$$V_1 = 3/4 \times 1700 \text{cm}^3 = 1275 \text{cm}^3$$

$$V_2 = 1700 \text{cm}^3$$

$$T_2 = ?$$

الحل:

$$\begin{aligned} T_2 &= T_1 V_2 / V_1 \\ &= 283 \text{K} \times 1700 \text{cm}^3 / 1275 \text{cm}^3 \\ &= 377 \text{K} \\ &= 104^\circ \text{C} \end{aligned}$$

٣- في ضوء فروض نظرية الحركة الجزيئية، فإن ارتفاع درجة الحرارة، يؤدي إلى زيادة طاقة حركة الجزيئات ، مما يزيد من عدد التصادمات بينها، فيزيد الضغط الداخلي للغاز، فتندفع جزيئات الغاز لتشغل حجما أكبر.

٤- لأنه قد ينتج عن القياس بالدرجات السيليزية وجود درجات حرارة تأخذ قيما سالبة، مما قد يؤدي إلى ظهور حجوم سالبة في بعض الحسابات، وهذه غير ممكن، ولذلك تستخدم درجات الحرارة بالكلفن لأنها تستخدم الأعداد الموجبة فقط للدلالة على درجات الحرارة.

٥-٥: قانون جاي لوساك: Gay- Lussac's

مخرجات التعلم:

- ١٢- ٥- أ: وصف العلاقة بين الخصائص الأربعة التي يُمكن قياسها لجميع الغازات، وهي: الحجم، والضغط، ودرجة الحرارة ، والكتلة.
- ١٢- ٥- د: وصف العلاقات الرياضية التي تربط بين الضغط، ودرجة الحرارة، والحجم، مثل: قانون بويل، وقانون تشارلز، وقانون جاي لوساك، وقانون الغازات العام.
- ١٢- ٥- ج: استخدام نظرية الحركة الجزيئية لشرح قوانين الغازات.
- ١٢- ١- ١٠: التنبؤ بتأثير درجة الحرارة على ضغط الغاز.

التقديم والتنظيم :

- ١- لافتتاح هذا الدرس، بإمكانك إحضار بعض عبوات المعطر الجوي (البخاخ)، وتوزيعها على المجموعات، ثم توجيههم لقراءة التحذيرات المكتوبة عليها.
- ٢- بتدرج منطقي توصل مع الطلاب إلى المتغيرات الثابتة في قانون جاي لوساك (المستقلة)، وإلى المتغيرات التابعة (المتغيرة).

٣- وجههم نحو صياغة علاقة لفظية تربط بين ضغط الغاز و درجة الحرارة عند ثبوت الحجم.

٤- استنتج معهم صيغة العلاقة الرياضية للقانون.

٥- اطلب إليهم رسم الشكل البياني الذي يمثل هذه العلاقة.

٦- وجههم إلى تفسير هذه العلاقة في ضوء نظرية الحركة الجزيئية.

٧- درّبهم على التطبيقات الرياضية الواردة في القانون.

إجابة اختبار فهمك (٥)

١- وذلك لأن ارتفاع درجة حرارة الطرقات في أيام الصيف الحارة يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الهواء في إطارات السيارات، مما يزيد من طاقة حركة الجزيئات ، وهذا بدوره يؤدي إلى تضاعف ضغط الغاز المحبوس في الإطار ، مما يجعل هذه الإطارات عرضة للانفجار.

٢- المعطيات:

$$P_1 = 1.2 \text{ atm}$$

$$P_2 = 2.0 \text{ atm}$$

$$T_1 = 22 \text{ }^\circ\text{C}$$

المطلوب:

$$T_2 = ?$$

الحل:

$$T_2 = P_2 T_1 / P_1$$

$$= 2.0 \text{ atm} \times 295 \text{ K} / 1.2 \text{ atm}$$

$$= 492 \text{ K}$$

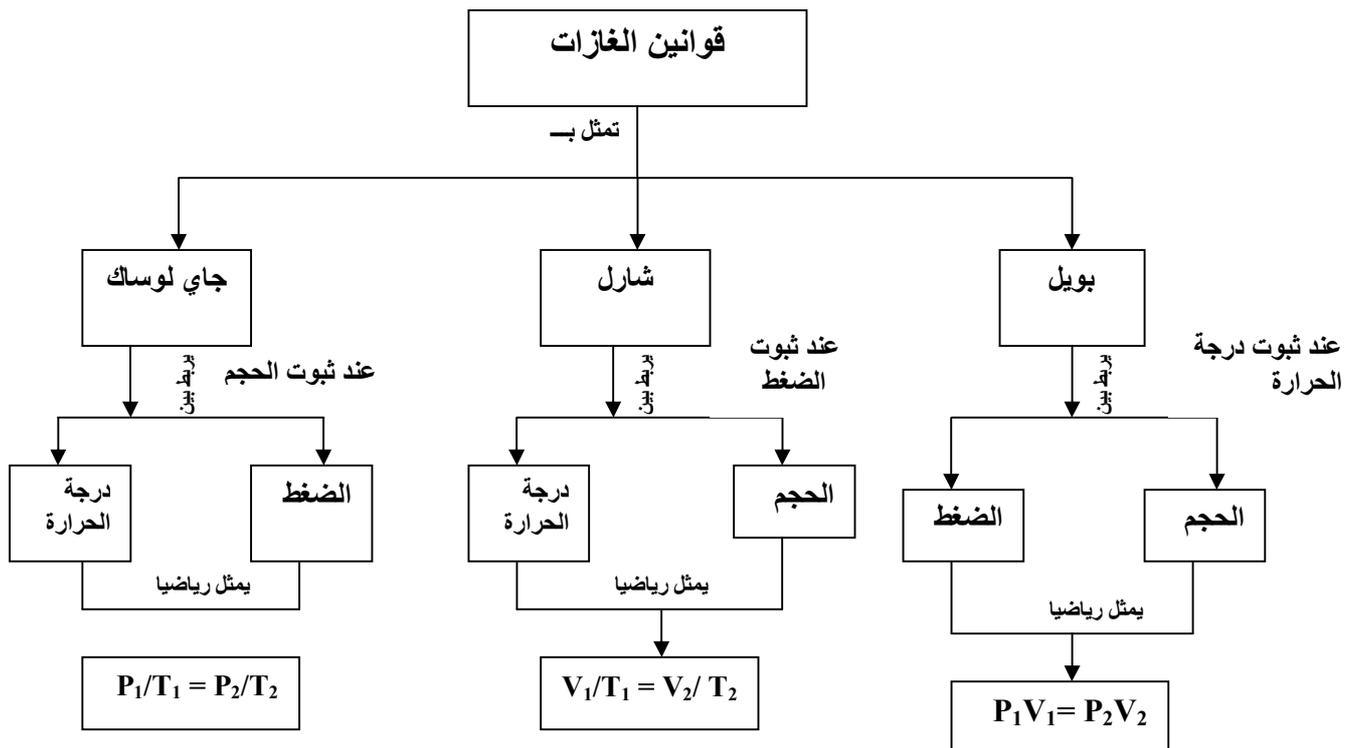
$$= 219 \text{ }^\circ\text{C}$$

مخرجات التعلم:

- ١٢-٥-أ: وصف العلاقة بين الخصائص الأربعة التي يُمكن قياسها لجميع الغازات، وهي: الحجم، والضغط، ودرجة الحرارة، والكتلة.
- ١٢-٥-د: وصف العلاقات الرياضية التي تربط بين الضغط، ودرجة الحرارة، والحجم، مثل: قانون بويل، وقانون تشارلز، وقانون جاي لوساك، وقانون الغازات العام.
- ١٢-٥-ج: استخدام نظرية الحركة الجزيئية لشرح قوانين الغازات.
- ٣-١٢-٢ط: تفسير العلاقات والأشكال البيانية التي تم التوصل إليها من خلال استقصاء نوع العلاقة بين كل من ضغط الغاز وحجمه ودرجة الحرارة وعدد المولات.

التقديم والتنظيم :

- ١- افتتح هذا الدرس بتكوين خارطة مفاهيمية بالتعاون مع الطلاب على السبورة، بحيث تشمل هذه الخارطة قوانين الغازات السابقة التي درسها الطالب، بصورة توضح المتغيرات التابعة والمستقلة لكل قانون ونوع العلاقة، وفيما يأتي مقترح لهذه الخارطة:



- ٢- وضّح لهم كيف تم جمع القوانين الثلاثة في القانون الموحد للغازات.
٣- درّبهم على توظيف القانون لحل التطبيقات الرياضية الواردة في الكتاب.

إجابة اختبار فهمك (٦)

١- يمكن الحصول على أيّ من قوانين الغازات الثلاثة من القانون الموحد للغازات $P_1V_1/T_1 = P_2V_2/T_2$ ، وذلك بتثبيت المتغير المناسب في كل حالة:

فمثلا عند تثبيت درجة الحرارة، تختصر (T) من طرفي المعادلة العامة للقانون، وبذلك نحصل على قانون بويل :

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

وفي حالة تثبيت متغير الضغط ، تختصر (P) من طرفي المعادلة ، فنحصل على قانون شارل:

$$V_1/T_1 = V_2/T_2$$

وعند إبقاء الحجم ثابتا ، تختصر قيمة (V) من طرفي المعادلة ، وبذلك نحصل على قانون جاي لوساك:

$$P_1/T_1 = P_2/T_2$$

٢- المعطيات:

$$V_1 = 60 \text{ mL}$$

$$V_2 = 10 \text{ mL}$$

$$T_1 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_1 = 101.325 \text{ kPa}$$

المطلوب

$$P_2 = ?$$

الحل:

$$P_2 = P_1 V_1 T_2 / V_2 T_1$$

$$= 101.325 \text{ atm} \times 60 \text{ mL} \times 298 \text{ K} / 10 \text{ mL} \times 273 \text{ K}$$

$$= 663.6 \text{ kPa}$$

$$= 6.55 \text{ atm}$$

٣- المعطيات:

$$V_1 = 100 \text{ mL}$$

$$V_2 = 200 \text{ mL}$$

$$P_1 = 760 \text{ torr}$$

$$P_2 = 720 \text{ torr}$$

$$T_1 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

المطلوب:

$$T_2$$

الحل:

$$T_2 = P_2 V_2 T_1 / P_1 V_1$$

$$= 720 \text{ torr} \times 200 \text{ mL} \times 308 \text{ K} / 760 \text{ torr} \times 100 \text{ mL}$$

$$= 584 \text{ K}$$

$$= 311 \text{ }^\circ\text{C}$$

إجابة أسئلة الفصل الخامس

السؤال الأول:

- ١- ب ٢- د ٣- ج ٤- ج ٥- ج
٦- ج ٧- ب ٨- أ ٩- أ ١٠- أ
١١- أ ١٢- ج ١٣- ب

السؤال الثاني:

١-

أ- وذلك حتى لا يسبب التغير في الضغط مشكلات صحية للركاب، حيث ينخفض الضغط عند الارتفاعات الشاهقة بصورة تعجز أجهزة جسم الإنسان من التكيف معها، مما قد يؤدي إلى الوفاة.

ب- لأن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى تضاعف متوسط طاقة حركة جزيئات الغاز المحبوس، وهذا بدوره يؤدي إلى تضاعف ضغط الغاز في الوعاء المحكم الغلق، مما قد يؤدي إلى انفجاره، مما قد يسبب إضرار جسيمة.

ج- حسب قانون بويل، عندما يرتفع المنطاد، ينخفض الضغط على السطح الخارجي له. وعندما ينخفض الضغط فإن الحجم يزيد، فإذا كان المنطاد منفوخا بشكل جزئي، فإن ذلك يسمح بهذا التمدد ويمنع انفجار المنطاد. مع أن درجة الحرارة تنخفض مع ارتفاع المنطاد إلا أن هذا التأثير قليل الأهمية.

٢- المعطيات:

$$T_1 = 5^\circ\text{C}$$

$$V_1 = 1600 \times 80 / 100 = 1280 \text{ cm}^3$$

$$V_2 = 1600 \text{ cm}^3$$

المطلوب:

$$T_2 = ?$$

الحل:

$$T_2 = V_2 T_1 / V_1$$

$$= 1600 \text{ cm}^3 \times 278 \text{ K} / 1280 \text{ cm}^3$$

$$= 347.5 \text{ K}$$

$$= 74.5^\circ\text{C}$$

٣- المعطيات:

$$P_1 = 198 \text{ kPa}$$

$$P_2 = 225 \text{ kPa}$$

$$T_1 = 27^\circ\text{C}$$

$$T_2 = ?$$

الحل:

$$T_2 = P_2 \times T_1 / P_1$$

$$= 225 \text{ kPa} \times 300 \text{ K} / 198 \text{ kPa}$$

$$= 341 \text{ K}$$

$$= 68^\circ\text{C}$$

السؤال الثالث:

١- أ

الحجم (L)	درجة الحرارة (°C)	درجة الحرارة (K)	(L/K) V/T
5.00	25	298	0.017
5.42	50	323	0.017
5.84	75	348	0.017
6.26	100	373	0.017
6.68	125	398	0.017

- ب- تمثل القيمة (V/T) مقدار ثابت (Constant) التناسب العكسي، المتغيرات التي تؤثر بها هي كمية الغاز (n)، و الضغط (P) .
- ج- يترك الرسم للطالب، حيث تمثل درجة الحرارة محور السينات والحجم محور الصادات.
- د- يفترض أن حجم الغاز يساوي صفراً، وهو أمر لا يمكن حدوثه.

٢- المعطيات:

$$V_1 = 505 \text{ cm}^3$$

$$T_1 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_1 = 9.95 \times 10^4$$

$$P_2 = 101.325 \text{ kPa}$$

$$T_2 = 273 \text{ K}$$

$$V_2 = ?$$

الحل:

$$\begin{aligned} V_2 &= P_1 V_1 T_2 / P_2 T_1 \\ &= 9.95 \times 10^4 \times 505 \text{cm}^3 \times 273 \text{K} / 101.325 \text{kPa} \times 293 \text{K} \\ &= 462055 \text{cm}^3 = 462.1 \text{L} \end{aligned}$$

بالتالي فإن حجم الهواء الذي يتنفسه الإنسان في يوم كامل =
(15 نفس) / دقيقة × (60 دقيقة) / ساعة × (24 ساعة) / يوم = 21600 نفس باليوم
21600 نفس / يوم × 462.1L / نفس
= 9980m³

٣- أ- المعطيات:

$$V_1 = 1000 \text{mL}$$

$$P_1 = 740 \text{torr}$$

$$T_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_2 = 814 \text{torr}$$

$$V_2 = 900 \text{mL}$$

المطلوب:

$$T_2 = ?$$

الحل:

$$\begin{aligned} T_2 &= V_2 P_2 T_1 / P_1 V_1 \\ &= 900 \text{mL} \times 814 \text{torr} \times 298 \text{K} / 740 \text{torr} \times 1000 \text{mL} \\ &= 295 \text{K} \\ &= 22 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

ب- المعطيات:

$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

$$P_1 = 3 \text{ atm}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm}$$

المطلوب:

$$V_2 = ?$$

الحل:

$$V_2 = P_1 V_1 / P_2$$

$$= 3 \text{ atm} \times 2 \text{ mL} / 1 \text{ atm}$$

$$= 6 \text{ mL}$$

بالتالي يتضاعف حجم الفقاعة ثلاث مرات بانخفاض الضغط، وهذا يتناسب مع قانون بويل.

السؤال الرابع:

أ- ١

المعطيات:

$$V_1 = 400 \text{ cm}^3$$

$$P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$T_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 77 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$V_2 = 50 \text{ cm}^3$$

المطلوب:

$$P_2 = ?$$

الحل:

$$\begin{aligned}P_2 &= P_1 V_1 T_2 / V_2 T_1 \\ &= 1 \text{ atm} \times 400 \text{ cm}^3 \times 350 \text{ K} / 50 \text{ cm}^3 \times 300 \text{ K} \\ &= 9.3 \text{ atm}\end{aligned}$$

٢ - يزداد

ب) المعطيات:

$$\begin{aligned}V_1 &= 1 \text{ L} \\ P_1 &= 1 \text{ atm} \\ T_1 &= 200 \text{ }^\circ\text{C} \\ V_2 &= 0.5 \text{ L} \\ T_2 &= 40 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

المطلوب:

$$P_2 = ?$$

الحل:

$$\begin{aligned}P_2 &= P_1 V_1 T_2 / V_2 T_1 \\ &= 1 \text{ atm} \times 1 \text{ L} \times 313 \text{ K} / 0.5 \text{ L} \times 473 \text{ K} \\ &= 1.3 \text{ atm}\end{aligned}$$

(ج)

المعطيات:

$$V_1 = 3.5L$$

$$T_1 = 20^\circ C$$

$$P_1 = 86.7kPa$$

$$V_2 = 8L$$

$$P_2 = 56.7 kPa$$

المطلوب:

$$T_2 = ?$$

الحل:

$$T_2 = V_2 P_2 T_1 / P_1 V_1$$

$$= 8L \times 56.7 kPa \times 293K / 86.7kPa \times 3.5L$$

$$= 438K$$

$$= 165^\circ C$$

السؤال الخامس:

أغلي علبة الصودا سوف يؤدي إلى ملئها بالبخار، وعند وضعها بشكل مقلوب في الماء الثلج؛ تنخفض درجة حرارة جزيئات البخار، وتبدأ بالتكاثف، مما يؤدي إلى خفض ضغط الغاز في داخل العلبة، وبالتالي يؤثر الضغط الجوي بقوة على جدران العلبة مما يؤدي إلى انبعاجها.

ب-

المعطيات:

$$P_1 = 101.325 \text{ kPa}$$

$$V_1 = 3.5 \text{ L}$$

المطلوب:

$$P_2 = ?$$

$$V_2 = ?$$

الحل:

لإيجاد P_2 على عمق 51 m نقوم بالآتي:

$$10.2 \text{ m} / 100 \text{ kPa} = 51 \text{ m} / x$$

$$x = 51 \times 100 / 10.2 = 500 \text{ kPa}$$

بالتالي:

$$P_2 = 101.325 + 500 = 601.325 \text{ kPa}$$

$$V_2 = P_1 V_1 / P_2$$

$$= 101.325 \text{ kPa} \times 3.5 \text{ L} / 601.325 \text{ kPa}$$

$$= 0.59 \text{ L}$$

ج)

المعطيات:

$$V_1 = 80.0 \text{ L}$$

$$T_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$P_1 = 0.2 \text{ atm}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm}$$

$$T_2 = 273 \text{ K}$$

المطلوب:

$$V_2 = ?$$

الحل:

$$V_2 = P_1 V_1 T_2 / P_2 T_1$$

$$0.2 \text{ atm} \times 80.0 \text{ L} \times 273 \text{ K} / 1 \text{ atm} \times 300 \text{ K}$$

$$= 14.6 \text{ L}$$

السؤال السادس:

١- قانون شارل.

٢- علاقة تناسب طردية: يتناسب حجم كمية معينة من الغاز مع درجة الحرارة بالكلفن عند ثبوت الضغط.

٣- درجة (-273°C) ، وتسمى بالصفير المطلق.

٤- 3.5L

٥- $\text{Constant} = V/T$

$$= 0.013$$

السؤال السابع:

أ)

١- العوامل المستقلة: درجة الحرارة ، و الضغط.

-العوامل الثابتة : الحجم ، و كمية الغاز.

٢- عند رفع درجة كمية معينة من غاز محبوس في وعاء ما، فإن ذلك يؤدي إلى زيادة طاقة حركة الجزيئات، مما يؤدي إلى زيادة ضغط الغاز على جدران الوعاء، مما يمكن أن يولد ضغطا هائلا يؤدي إلى تحطم الوعاء.

- ٣- العلاقة: تضاعف طاقة الحركة ينتج عنه تضاعف الضغط الذي يمارسه الغاز. أي أن طاقة حركة جزيئات غاز محبوس تتناسب مع درجة حرارة الغاز عند ثبوت الحجم.
- ٤- التغييرات المقترحة: فتح الوعاء المغلق لخفض الضغط داخل الوعاء.

(ب) - المعطيات:

$$P_1 = 745 \text{ torr}$$

$$V_1 = 2.55 \text{ L}$$

$$V_2 = 2.75 \text{ L}$$

$$T_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$$

المطلوب:

$$P_2 = ?$$

الحل:

$$P_2 = P_1 V_1 T_2 / V_2 T_1$$

$$= 745 \text{ torr} \times 2.55 \text{ L} \times 348 \text{ K} / 2.75 \text{ L} \times 298 \text{ K}$$

$$= 806.7 \text{ torr}$$

الوحدة الرابعة
الاتزان الكيميائي
والأحماض والقواعد
Chemical Equilibrium
and Acids and Bases

التفاعل الكيميائي هو العملية التي يتحول فيها مركب كيميائي أو أكثر إلى مركبات جديدة تختلف في صفاتها عن المركب أو المركبات التي بدأت بها العملية. وقد دلت التجارب الكثيرة على أن التفاعل الكيميائي لا يستمر حتى تنتهي جميع المواد المتفاعلة ، ونجد أنه بعد مرور الزمن لا يلاحظ أي تغيير في تركيز أي منها . وهذا الوضع الذي يصله التفاعل يصف بوضع الاتزان . وتعالج هذه الوحدة كثيراً من الموضوعات العلمية الأساسية والهادفة التي تزيد من حصيلة المفاهيم الكيميائية لدى الطالب.

لقد تم تأليف هذه الوحدة لتكون مكملة لما درسه الطالب في الصفوف السابقة. تتكون هذه الوحدة من فصلين: يختص الفصل الأول بدراسة الاتزان الكيميائي ، ويركز على دراسة مفهوم وطبيعة الاتزان الكيميائي وأهميته ، وكيفية حساب ثابت الاتزان. كما سيتعرف الطالب العوامل التي تؤثر على حالة الاتزان باستخدام مبدأ لوشاتيليه وكيفية الاستفادة من الاتزان الكيميائي في التطبيقات الحياتية . أما الفصل الثاني فقد ركز على دراسة الاتزان في الأحماض والقواعد وكيفية حساب ثابت التأيّن للأحماض الضعيفة والقواعد الضعيفة ، واهتم أيضاً بدراسة الصفات الحمضية والقاعدية للأملاح ، وحاصل الإذابة للأملاح شحيحة الذوبان في الماء وكيف يمكن حسابه ، وأهم التطبيقات على حاصل الإذابة مثل تأثير الأيون المشترك ، كما اشتمل هذا الفصل على دراسة المحاليل المنظمة وأهميتها . تتضمن الوحدة عدداً من التطبيقات الحياتية للمفاهيم الكيميائية وبعض المعلومات التي يستفيد منها الطالب عند دراسته للوحدة. كما تضمنت أيضاً على مجموعة من الاستكشافات والدروس العملية التي تساعد على تحقيق المخرجات المعرفية والمهارية، وتساعد الطلاب على اكتساب مزيدٍ من المهارات والمعارف .

- اطلب إلى الطلاب الإجابة عن أسئلة الوحدة.

- ١- نعم، ففي دورة ثاني أكسيد الكربون ينتج CO_2 في عمليات التنفس التي تقوم بها جميع الكائنات الحية، ثم تستهلكه النباتات الخضراء في عملية البناء الضوئي ، وبذلك تظل نسبته ثابتة. أما في دورة الماء ، تظل نسبة الماء في الطبيعة ثابتة ، فإذا استهلكت المياه في عملية طبيعية نجدها تعود إلى الطبيعة مرة أخرى بطريقة معكوسة ، فالمياه تتصاعد إلى طبقات الجو العليا في صورة بخار ثم تعود ثانية على هيئة أمطار ، كما تستهلك المياه في عمليات التغذية وتعود مرة أخرى في عمليات الإخراج .
- ٢- يكون التفاعل الكيميائي في حالة اتزان عندما تتساوى سرعة التفاعل الأمامي، وسرعة التفاعل العكسي .
- ٣- بتغير أحد العوامل المؤثرة على حالة الاتزان لتفاعل ما مثل الضغط أو درجة الحرارة أو التركيز تساعدنا في التنبؤ باتجاه سير التفاعل .
- ٤-تكتسب المحاليل المنظمة أهمية بالغة في كثير من التفاعلات الكيميائية مثل الطلاء الكهربائي وترسيب بعض المواد ، كما أن لها أهمية كبيرة في أجسام الكائنات الحية ، وتظهر أهمية هذه المحاليل المنظمة في نشاط الإنزيمات التي تتأثر بدرجة كبيرة بقيمة الرقم الهيدروجيني للوسط الذي يعمل فيه ، ولكل إنزيم رقم هيدروجيني معين يكون عنده في قمة نشاطه.
- ٥-يتوقع حدوث تغير في قيمة pH لمحلول الحمض أو القاعدة .
- ٦- تعتمد التطبيقات التقنية (التكنولوجيا) للاتزان الكيميائي على إمكانية تحويل الأفكار النظرية والتجارب المخبرية البسيطة إلى وسائل تطبيقية يمكن الاستفادة منها في الحياة العملية بيسر وسهولة، بدون أن تكون لها تأثيرات بيئية ضارة ، وعلى مدى توفر المواد اللازمة لهذه الوسائل وسهولة الحصول عليها من خاماتها .

أولاً : مخرجات التعلم المعرفية

١٢-٧ شرح طبيعة الاتزان الكيميائي .

أ : تعريف الاتزان الكيميائي ، النظام المغلق ، التفاعلات الأمامية والتفاعلات العكسية ، قاعدة لوشاتيليه .

ب : كتابة وتفسير المعادلات الكيميائية في الأنظمة المتزنة .

ج : التنبؤ وصفيًا بالتغيرات التي تحدث في الأنظمة المتزنة وتأثيرها على ثابت الاتزان مثل : درجة الحرارة ، التركيز ، الضغط ، العامل الحفاز .

د : التعرف على ثابت الاتزان K_C للتنبؤ بمدى حدوث التفاعل وكتابة التغيرات الخاصة بقانون ثابت الاتزان لمعادلات كيميائية معلومة باستخدام الحد الأدنى من الأرقام الصحيحة .

هـ : إجراء عمليات حسابية على قيمة ثابت الاتزان K_C وتحديد تراكيز المواد التي تشترك في التفاعلات المتزنة .

و: تحليل العلاقة بين المعرفة العلمية والتطور التقني في تطبيقات عملية الاتزان وأهميته في العمليات الكيميائية .

ز : استخدام بيانات ومنحنيات التراكيز للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة في الحالة الغازية لتفسير التغيرات التي تحدث في درجة الحرارة وتركيز المواد بمرور الزمن.

ح : تفسير كيفية استخدام التقنيات لحل مشكلة ملوثات الهواء .

١٢-٨ تحديد وتفسير العلاقات الكمية في تفاعلات اتزان الأحماض والقواعد:

أ : استرجاع المفاهيم والمصطلحات الآتية : الرقم الهيدروجيني ، أيون الهيدرونيوم H_3O^+ ،

pH ، pOH ، التعادل ، نظرية ارهينوس من حيث علاقتها بالأحماض والقواعد .

ب : استخدام نظرية بورنستد-لوري لتحديد الأحماض والقواعد كمادة مانحة

ومستقبلة للبروتونات .

ج : كتابة وتفسير معادلات بورنستد-لوري للأحماض والقواعد ، والتنبؤ فيما إذا

كانت المواد المتفاعلة والمواد الناتجة تتجه نحو الأحماض والقواعد أحادية البروتون أو عديدة البروتون .

د : التعرف على مفهوم الأزواج المرافقة في ضوء نظرية برونستد-لوري للأحماض والقواعد .

هـ : تعريف المحلول المنظم وتفسير أثره وصفيًا وحسابيًا في الحفاظ على الرقم الهيدروجيني pH عند إضافة كميات قليلة من الحمض أو القاعدة .

و : تعريف ثابت تأين الأحماض الضعيفة K_a ، ثابت تأين القواعد الضعيفة K_b ، التأين الذاتي للماء K_w وحساب كل منها بمعلومية تراكيز المواد في بداية التفاعل أو بمعلومية ثابت الاتزان لتحديد تراكيز المواد .

ز : مقارنة القوى النسبية للأحماض والقواعد باستخدام قيم ثوابت الاتزان K_a ، K_b

ح : التعرف على الصفات الحمضية والقاعدية لمحاليل الأملاح وتحديد سلوكها (تميؤ الأملاح) .

ط : استقصاء أهمية ثابت حاصل الإذابة K_{sp} للأملاح ضعيفة الذوبان في الماء وكيفية إجراء العمليات الحسابية له .

ي : استخدام مفهوم أثر الأيون المشترك في تعيين قيمة الرقم الهيدروجيني .

ك : توظيف التقنيات لتحليل بعض الظواهر مثل الأمطار الحمضية .

ثانيا : مخرجات التعلم المهنية :

البند الأول : المبادرة والتخطيط :

م ١ - ١٢ - ١ : طرح أسئلة حول العلاقات الملاحظة وتخطيط عمليات اسقضاء

للأسئلة والأفكار والمشكلات والقضايا

ح- تكوين توقعات وتنبؤات حول حدوث الاتزان الكيميائي .

ط- التنبؤ بمدى حدوث التفاعل وكتابة التغيرات الخاصة بقانون ثابت الاتزان لمعادلات

كيميائية معلومة .

ي- التنبؤ بأثر العوامل المختلفة على الاتزان لتفاعل ما باستخدام مبدأ لوشاتيليه .
ك- تكوين توقعات وتنبؤات حول قوة الحمض والقاعدة اعتماداً على نظرية برونستد-لوري.

ل-مقارنة التنبؤات بالملاحظات في محاليل الأملاح .

م- التنبؤ بمدى حدوث ترسيب عند إذابة أملاح شحيحة الذوبان في الماء اعتماداً على قيمة حاصل الإذابة .

ن- كتابة فرضيات عن أثر الأيون المشترك معتمداً على قيمة حاصل الإذابة ومبدأ لوشاتيليه .
س- التنبؤ بقيمة pH لمحلول منظم عند إضافة قليل من حمض قوي أو قاعدة قوية .

م ١٢-١-٢: تصميم تجربة وتحديد المتغيرات

ح-تصميم تجربة لمراقبة حدوث الاتزان الكيميائي .

ط- تصميم تجربة للتعرف على أثر تغير التركيز على موضع الاتزان.

ي- تصميم تجربة لاستقصاء أثر الضغط على موضع الاتزان

ك -تصميم تجربة عملية توضح أثر درجة الحرارة في الاتزان الكيميائي.

ل- تصميم تجربة لتعيين قيمة ثابت تأين الأحماض الضعيفة أو ثابت تأين القواعد الضعيفة .

م ١٢-١-٣: اختيار الأدوات المناسبة لجمع المعلومات.

ك- اختيار واستخدام الأجهزة المناسبة بشكل صحيح لتأدية تجربة تطبيق مبدأ لوشاتيليه .

ل-استخدام مقياس pH لإيجاد تركيز أيون $[H^+]$ وتحديد طبيعة محاليل الأملاح .

م_ استخدام محاليل منظمة معلومة الرقم الهيدروجيني بهدف قياس ثابت تأين الأحماض الضعيفة.

البند الثاني: التنفيذ والتدوين

م ١٢-١-٢: تنفيذ خطوات تجربة وضبط متغيراتها

و- إجراء تجارب عملية لدراسة التغير في العوامل المؤثرة على الاتزان .

ز- تنفيذ خطوات تجربة وضبط متغيراتها لتحديد قيمة ثابت تأين الأحماض الضعيفة أو قيمة ثابت تأين القواعد الضعيفة .

ح- تنفيذ تجربة للتعرف على سلوك محاليل الأملاح .

ط- إجراء تجربة لدراسة أثر الايون المشترك في تأين الأحماض الضعيفة وتأين القواعد الضعيفة.

ي- تنفيذ خطوات تجربة لتوضيح دور المحلول المنظم في مقاومة التغيرات في قيمة pH عند إضافة كميات قليلة من حمض أو قاعدة .

م ٢-١٢-٢ : تنظيم البيانات في أشكال وجداول تتناسب مع النص أو التجربة .

و- إنشاء رسومات توضيحية توضح نتائج تجارب أثر تغير كل من درجة الحرارة والتركيز على الاتزان الكيميائي بمرور الزمن .

ز- إنشاء رسم بياني أو جدول المدى التغير في pH للتعرف على طبيعة المحاليل المنظمة.

م ٢-١٢-٣ : انتقاء المعلومات من مصادر مختلفة مطبوعة أو إلكترونية .

أ- اختيار المعلومات من مصادر إعلامية ومطبوعة لإعداد وثائق وتقارير حول ملوثات الهواء وطرق معالجتها .

ب- البحث من خلال المراجع والمصادر عن تأثيرات الأمطار الحمضية.

البند الثالث : التحليل والتفسير :

م ٣-١٢-١ تحليل المعلومات والبيانات المقدمة في جداول أو رسوم بيانية.

أ- تصنيف الأملاح في كونها حمضية أم متعادلة أم قاعدية بناء على قيمة pH.

م ٣-١٢-٢ تحليل المعلومات والبيانات المقدمة في جداول أو رسوم بيانية .

ك- تفسير أثر التغير في كل من التركيز ودرجة الحرارة على الاتزان الكيميائي من خلال مبدأ لوشاتيليه والأشكال البيانية .

ل- تفسير أنماط البيانات المستنبطة من قياس ثابت تأين الأحماض الضعيفة أو القواعد الضعيفة .

م- استخدام الجداول والرسوم البيانية ونتائج التجارب في تحديد وتفسير سلوك محاليل الأملاح وأثر الأيون المشترك .

ن- شرح الاختلافات بين قيم pH النظرية والمحسوبة في دراسة الايون المشترك.

م ٣-١٢-٣ : تحديد مصادر الخطأ في التجربة

هـ- تقويم المخاطر التي قد تحدث أثناء التعامل مع بعض المحاليل الملحية والأحماض والقواعد وبعض المواد المستخدمة في المختبر أو المتزل وفي طريقة حفظها والتخلص منها .

و- معالجة البيانات وتقديمها من خلال اختيار أدوات مناسبة مثل استخدام الآلات العلمية والحاسبات وقواعد المعلومات لتعيين ثابت تأين الأحماض الضعيفة .

البند الرابع : الاتصال وعمل الفريق :

م ٤-١٢-١ : استقبال وفهم أفكار الآخرين

ز- تبادل الأفكار مع الآخرين للمقارنة بين التفاعلات العكسية والتفاعلات غير العكسية .

ح- تبادل الأفكار مع الآخرين حول ربط العلاقة بين أثر تغير كل من درجة الحرارة والتركيز على حالة الاتزان .

ط- تبادل الأفكار مع الآخرين حول التطبيقات العملية والتقانية على الاتزان .

ي- تبادل الأفكار مع الآخرين حول الربط بين نظريات الأحماض والقواعد مثل نظرية ارهينوس ونظرية برونستد-لوري .

ك- تبادل الأفكار مع الآخرين حول مفهوم التآين الذاتي للماء ، وكيفية حساب كل من أيونات H^+ وأيونات OH^- عند الاتزان .

ل- تبادل الأفكار مع الآخرين حول أهمية دراسة حاصل الإذابة وكيفية حسابه .

م ٤-١٢-٢ : تبادل الأسئلة والاهتمامات والخطط والنتائج باستخدام لغة مكتوبة أو حوار شفوي أو رموز أو أشكال أو غيرها .

أ- العمل مع أعضاء المجموعة تعاونيا لإجراء الاستقصاءات .

هـ- تبادل الأسئلة والأفكار حول حسابات ثابت الاتزان .

- و- تبادل الأسئلة والأفكار حول مفهوم كل من الحمض ، القاعدة ، زوج الحمض والقاعدة
المرافق لنظرية برونستد-لوري .
- ز- تبادل الأسئلة والأفكار حول حسابات ثابت تأين الأحماض الضعيفة والقواعد الضعيفة .
- ح- تبادل الأسئلة والأفكار حول حسابات قيمة pH للمحاليل المنظمة .

جدول يبين التوزيع المقترح لبنود الوحدة الرابعة على عدد الحصص المقررة
للوحدة:

رقم البند	عنوان البند	عدد الحصص المقترح
١-٧	التفاعلات العكسية وغير العكسية	١
٢-٧	طبيعة الاتزان	٢
٣-٧	ثابت الاتزان	١
٤-٧	حسابات ثابت الاتزان	٢
٥-٧	العوامل المؤثرة على الاتزان	٢
استكشاف (١)	تغير التركيز	١
	الدرس العملي: تطبيق مبدأ لوشاتيليه	١
٦-٧	تطبيقات عملية على الاتزان وأهميته في العمليات الكيميائية	١
	أسئلة الفصل السابع	٢
١-٨	نظرية برونستد-لوري للأحماض والقواعد	٢
٢-٨	التأين الذاتي للماء	١
٣-٨	الاتزان في محاليل الأحماض الضعيفة	١
	الدرس العملي: قياس ثابت التأين (K_a) لحمض الإيثانويك	١
٤-٨	الاتزان في القواعد الضعيفة	١
٥-٨	التميؤ	١

١	دراسة سلوك محاليل الأملاح	استكشاف (١)
١	ثابت حاصل الإذابة	٦-٨
١	تأثير الأيون المشترك	٧-٨
١	دراسة أثر الأيون المشترك	استكشاف (٢)
١	المحاليل المنظمة	٨-٨
١	أثر المحاليل المنظمة	استكشاف (٣)
١	تطبيقات عملية على الاتزان في الأحماض والقواعد	٩-٨
٣	أسئلة الفصل	
٣٠	مجموع الحصص	

الفصل السابع

الاتزان الكيميائي

Chemical Equilibrium

افتتاحية الفصل :

سوف يدرس الطالب في هذا الفصل الاتزان الكيميائي بصورة عامة ، وسيتعرّف إلى مفهوم وطبيعة الاتزان والفرق بين الاتزان الاستاتيكي والاتزان الدينامي ، حيث سيتم التطرق إلى الاتزان الدينامي بصورة أكبر ومن الأمثلة عليه الاتزان الكيميائي . وسوف يدرس أيضاً ثابت الاتزان وكيف يتم حسابه ، والعوامل المؤثرة على الاتزان . وسيتعرّف أيضاً على بعض المصطلحات الكيميائية الجديدة مثل: الاتزان الاستاتيكي، الاتزان الدينامي ، ثابت الاتزان وغيرها من المفاهيم.

وفي نهاية الفصل سيتعرّف الطالب على بعض التطبيقات العملية لثابت الاتزان . وسيقوم بإجراء الاستكشافات والدروس العملية لهذا الفصل ، وذلك لتحقيق المخرجات المعرفية والمهارية .

٧-١ التفاعلات العكسية و غير العكسية : *Reversible and Irreversible Reactions*

مخرجات التعلم المعرفية والمهارية:

١٢-٧-أ : تعريف الاتزان الكيميائي ، النظام المغلق ، التفاعلات الأمامية والتفاعلات العكسية ، قاعدة لوشاتيليه .

١٢-٤م-١ ح : تبادل الأفكار مع الآخرين للمقارنة بين التفاعلات العكسية والتفاعلات غير العكسية .

التقديم والتنظيم :

- ابدأ الدرس بطرح الأسئلة الآتية :

١- كيف تتعرّف على التفاعل الكيميائي ؟

٢- ما المقصود بالمعادلة الكيميائية ؟ اذكر أمثلة على ذلك .

- استرجع مع الطلاب أنواع التفاعلات الكيميائية التي درسوها ، واطلب إليهم ذكر أمثلة لكل نوع .

- اسألهم عن سبب كتابة بعض المعادلات بسهم واحد وبعضها بسهمين .

- ناقشهم في كيفية التعرّف على التفاعلات العكسية والتفاعلات غير العكسية ، وما الفرق

٧-٢ طبيعة الاتزان : *Nature of Equilibrium*

مخرجات التعلم المعرفية والمهارية:

١٢-٧-أ : تعريف الاتزان الكيميائي ، النظام المغلق ، التفاعلات الأمامية والتفاعلات العكسية ، قاعدة لوشاتيليه .

١٢-٧-ب : كتابة وتفسير المعادلات الكيميائية في الأنظمة المتزنة .

١م-١٢-١ح : تكوين توقعات وتنبؤات حول حدوث الاتزان الكيميائي .

١م-١٢-٢ح : تصميم تجربة لمراقبة حدوث الاتزان الكيميائي .

التقديم والتنظيم :

- ناقش الطلاب حول مفهوم الاتزان من خلال طرح بعض الأسئلة مثل :

١- هل الكتاب الموجود على المنضدة في حالة اتزان ؟

٢- ما القوى التي يمكن أن تؤثر على هذا الكتاب ؟ وفي أي اتجاه؟

٣- بالنظر من حولك ، اذكر أمثلة أخرى على الاتزان .

٤- هل يوجد الكون في حالة اتزان ؟ وضح ذلك بذكر بعض الأمثلة .

- اطلب إليهم استنتاج المقصود بالاتزان .
- اسألهم عن أنواع الاتزان ، واطلب إليهم ذكر أمثلة من واقع حياتهم عن كل نوع .
- بالاستعانة بلوحة ورقية أو شفافية توضح شكلاً للاتزان الاستاتيكي وآخر للاتزان الدينامي ، ويمكنك الاستعانة بالصور الموجودة في كتاب الطالب ، ناقشهم حول الفرق بين الاتزان الاستاتيكي والاتزان الدينامي .
- حاول الاستعانة بمقطع فيديو عن السلام الكهربائي مثلاً لتوضيح مفهوم الاتزان الدينامي، واطلب إليهم ملاحظة الاتزان الدينامي عند زيارتهم للأماكن التي يوجد فيها سلام كهربائية .
- ناقشهم في الأمثلة المذكورة في الكتاب حول الاتزان الاستاتيكي والاتزان الدينامي ، وذلك بطرح التساؤلات الآتية :
 - ١- متى تكون لعبة الميزان في حالة اتزان ؟
 - ٢- هل يختل الاتزان إذا جلس شخصان مختلفان في الكتلة ؟
 - ٣- ما الشرط اللازم لحدوث الاتزان على لعبة الميزان ؟
 - ٤- هل اتجاه حركة الشخص على السلم الكهربائي هو نفس اتجاه حركة السلم ؟
 - ٥- متى يظهر هذا الشخص وكأنه ثابت على السلم بالنسبة للناظر إليه ؟
- قسّم الطلاب إلى مجموعات ، ثم ناقشهم في المثال المذكور في الكتاب عن اتزان الماء وبخاره ، ويفضل إجراء تجربة بسيطة لتبخّر الماء باستخدام الأدوات الآتية : (ماء ، ورق مغلق بإحكام، مصدر لهب ، حامل ثلاثي بشبكة) ، ثم اطرح إليهم بعض الأسئلة مثل:
 - ١- تنبأ ما يحدث للماء ؟
 - ٢- ما العلاقة بين معدل التبخر ودرجة الحرارة ؟
 - ٣- ما نوع هذا الاتزان ؟
 - ٤- هل يعتبر هذا الاتزان اتزاناً فيزيائياً أم كيميائياً ؟ فسر ذلك.
 - ٥- متى يصل الماء وبخاره إلى حالة الاتزان ؟

٦- هل يستمر تبخر وتكثف الماء أم يتوقف بمجرد وصوله إلى حالة الاتزان ؟

٦- أي من أنواع الاتزان يصنف الاتزان الكيميائي ، الاتزان الاستاتيكي أم الاتزان

الدينامي ؟ ولماذا ؟

- وضح لهم أن النظام يصل إلى حالة الاتزان الكيميائي الدينامي عند تساوي سرعة

التفاعل الأمامي وسرعة التفاعل العكسي ، ولتوضيح ذلك استعن بلوحة ورقية أو شفافية

توضح الشكل البياني الموجود في الكتاب الذي يعبر عن التغير في سرعتي التفاعلين

الأمامي والعكسي وتغير تراكيز المواد للوصول إلى حالة الاتزان.

- اشرح لهم أن التفاعل لا يتوقف عند وصوله إلى حالة الاتزان بالرغم من ثبات التراكيز

والخواص، وإنما التوقف سببه تساوي سرعة التفاعلين الأمامي والعكسي .

- اطلب إليهم استنتاج مفهوم الاتزان الكيميائي .

إجابة اختبار فهمك (١)

١- نعم ، للاتزان الدينامي أشكال أخرى غير الاتزان الكيميائي مثل :

أ- اتزان حالة : ويحدث هذا الاتزان بين حالتين لنفس المادة كالاتزان بين الماء السائل والماء الجليدي في الأماكن الباردة (القطبية مثلاً) .

ب- اتزان الذائبية : ويحدث بين المادة الذائبة ونفس المادة في صورة غير ذائبة، وهذا ما يظهر في المحاليل فوق المشبعة أو عند ترسيب مادة ما في سائل .

٢- نعم ، الاتزان يعني أن تتساوى سرعتي التفاعلين الأمامي والعكسي ، بغض النظر عن ثبات تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة .

٣- نعم ، يوجد هذا التفاعل في حالة اتزان ، وذلك لأنه يبدو أن التفاعل متوقف؛ لأن لون المحلول ثابت لا يتغير .

٧-٣ ثابت الاتزان : K The Equilibrium Constant

مخرجات التعلم:

١٢-٧-د : التّعريف على ثابت الاتزان K_C للتنبؤ بمدى حدوث التفاعل، وكتابة التغيرات الخاصة بقانون ثابت الاتزان لمعادلات كيميائية معلومة باستخدام الحد الأدنى من الأرقام الصحيحة .

١م-١٢-١ ط: التنبؤ بمدى حدوث التفاعل، وكتابة التغيرات الخاصة بقانون ثابت الاتزان لمعادلات كيميائية معلومة .

٤م-١٢-٢ أ: العمل مع أعضاء المجموعة تعاونياً لإجراء الاستقصاءات.

التقديم والتنظيم :

- مّهد للدرس عن طريق طرح السؤال الآتي : هل يمكن حساب الاتزان لتفاعل ما ؟ كيف؟
- ناقش الطلاب في إجاباتهم التي توصلوا إليها ، ثم قم بكتابة تفاعل متزن عام على السبورة ، واطلب إليهم تحديد العلاقة بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة .
- وّضح لهم أنه يمكن حساب قيمة ثابت الاتزان من خلال العلاقة التي تربط بين تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة .
- اطلب إليهم كتابة قانون ثابت الاتزان لتفاعل عام متزن .
- وجههم إلى ضرورة مراعاة كتابة الحالة الفيزيائية للمواد الداخلة في التفاعل عند كتابة التفاعل .
- اطلب إليهم تعريف مفهوم ثابت الاتزان بمعرفة قانون ثابت الاتزان .
- درّهم على كيفية كتابة علاقة ثابت الاتزان لعدد من التفاعلات الكيميائية .
- ا طرح عليهم السؤال الآتي : لماذا لا تظهر المواد السائلة والمواد الصلبة في علاقة ثابت الاتزان ؟ ناقشهم في إجاباتهم ، وتوصل معهم إلى أن تراكيز المواد السائلة والمواد الصلبة لا تتغير بتغير كمية المادة ، وبالتالي فإنها لا تكتب في علاقة ثابت الاتزان .

- وضح لهم أنه لا توجد وحدة قياس لثابت الاتزان .
- قسّم الطلاب إلى مجموعات ، ثم اطرح عليهم السؤال الآتي : ما فائدة حساب ثابت الاتزان ؟ ، استمع إلى إجاباتهم وسجلها على السبورة حتى إذا كانت خاطئة ، ثم توصل معهم على أن معرفة قيمة ثابت الاتزان تساعد في التنبؤ بكميات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند الاتزان .
- بطريقة التعلم بأسلوب الاكتشاف اسألهم كيف يمكن حساب ثابت الاتزان عند عكس معادلة التفاعل الكيميائي ، وزودهم بمجموعة من الأمثلة على ذلك .
- ناقشهم في قيمة ثابت الاتزان عندما تضرب معادلة التفاعل في معامل معين ، وأعطهم أمثلة تدريبية لطريقة حسابها .

إجابة اختبار فهمك (٢)

$$K_p = \frac{(P_{H_2})^4}{(P_{H_2O})} \quad -١$$

$$K_c = \frac{[Zn^{2+}]}{[Fe^{2+}]} \quad -٢$$

إجابة اختبار فهمك (٣)

- ١- في التفاعل ج الذي تكون قيمة K_c تساوي 4×10^3
- ٢- تعني أن تركيز المادة A أكبر من تركيز المادة B بعشرات مرات عند الاتزان.

٣- التفاعل لا يوجد في حالة اتزان ، وذلك لأن K_C أقل من حاصل ضرب تراكيز المواد الناتجة مقسومًا على حاصل ضرب تراكيز المواد المتفاعلة ، ويسير التفاعل نتيجة لذلك في الاتجاه العكسي .

٧-٤ حسابات ثابت الاتزان : *Calculations of the Equilibrium Constant*

مخرجات التعلم:

- ١٢-٧-هـ : إجراء عمليات حسابية على قيمة ثابت الاتزان K_C ، وتحديد تراكيز المواد التي تشترك في التفاعلات المتزنة .
- ٤م-١٢-٢ هـ: تبادل الأسئلة والأفكار حول حسابات ثابت الاتزان .

التقديم والتنظيم :

- استعرض مع الطلاب بعض الأمثلة والتطبيقات في كيفية حساب ثابت الاتزان بمعلومية تراكيز المواد، أو حساب تراكيز أحد المواد بمعلومية ثابت الاتزان .
- درهم على كيفية حساب ثابت الاتزان .
- وزعهم في مجموعات ، ثم أعطهم مجموعة من المسائل المتنوعة على حساب ثابت الاتزان، واطلب إليهم الإجابة عليها ، ثم ناقشهم في إجاباتهم .

إجابة اختر فهمك (٤)

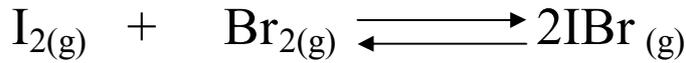
$$K_C = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]}$$

١- بالتعويض في العلاقة :

$$32 = \frac{[0.70][0.80]}{[PCl_5]}$$

$$[PCl_5] = 1.75 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

٢ - أ -



ب- عدد مولات كل من I_2 ، Br_2 قبل التفاعل تساوي 4 mol وعدد مولات IBr تساوي صفر .

أما عند الاتزان فإن :

$$[IBr] = 3.38 \text{ M}$$

$$[Br_2] = [I_2] = 0.31 \text{ M}$$

نكتب تركيز كل مادة في بداية التفاعل وعند الاتزان كما في الجدول الآتي:

معادلة التفاعل الموزونة	$I_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2IBr_{(g)}$		
التركيز في بداية التفاعل	2	2	صفر
بفرض أن: التغير في التركيز	- X	- X	+2X
التركيز عند الاتزان	2 - X	2 - X	2X

وبما أن تركيز يوديد البروم عند الاتزان يساوي 3.38 mol/L فإن :

$$[IBr] = 2X$$

$$3.38 = 2X$$

$$X = 1.69$$

إذاً :

ومنه يحسب تركيز كل من اليود والبروم عند الاتزان كالآتي :

$$[\text{Br}_2] = [\text{I}_2] = 2-X$$

$$[\text{Br}_2] = [\text{I}_2] = 2-1.69 = 0.31 \text{ mol/L}$$

وبالتعويض عن قيمة التركيز عند الاتزان في تعبير ثابت الاتزان :

$$K_C = \frac{[\text{IBr}]^2}{[\text{I}_2][\text{Br}_2]}$$
$$K_C = \frac{(3.38)^2}{(0.31)(0.31)}$$

$$K_C = 118.8$$

إذاً :

خلفية علمية (١) : قانون فعل الكتلة وثابت الاتزان

في التفاعل العام الآتي :



ومع افتراضنا بأن التفاعل الأمامي يحدث في اتجاه واحد ، وأن التفاعل العكسي يحدث في عكس ذلك الاتجاه ، فإن قانوني المعدل للتفاعل الأمامي هو :—

$$R_f = K_f [A]^a [B]^b$$

ومعدل التفاعل العكسي هو :—

$$R_r = K_r [C]^c [D]^d$$

حيث R (Rate) معدل التفاعل والحروف f (forward) r

(reverse) تشير إلى أمامي وعكسي على التوالي .

ونستطيع التعبير عما سبق رياضياً كما يلي :—

$$R_f = R_r \quad \text{عند الاتزان :}$$

وبالتعويض عن قيم R_f و R_r فإن :

$$K_f [A]^a [B]^b = K_r [C]^c [D]^d \quad **$$

وبإعادة ترتيب المعادلة ** ، بوضع التراكيز في جانب والثوابت في جانب آخر ، وقد تم الاتفاق

على أن يكون ثابت الاتزان K_c يساوي :

$$\frac{K_f}{K_r}$$

، ومنه فإننا نحصل على الآتي :

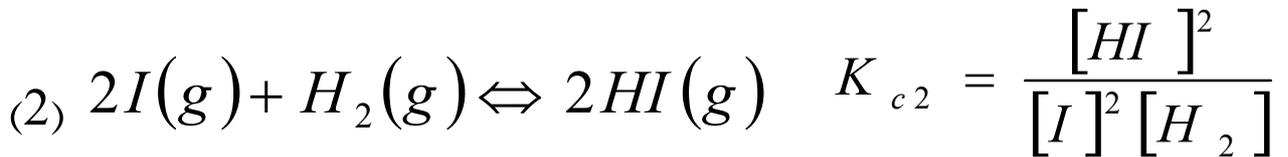
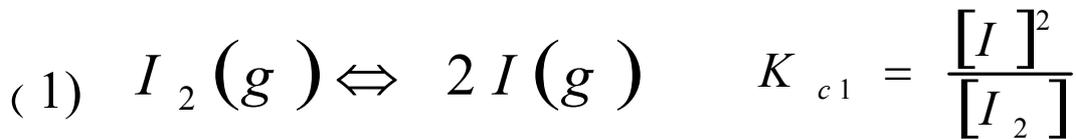
$$\frac{K_f}{K_r} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

حيث $[A]$ و $[B]$ و $[C]$ و $[D]$ عبارة عن تراكيز المواد عند الاتزان (بالمول / لتر) ،
بينما a و b و c و d عبارة عن معاملات المواد أو عدد المولات المواد المتفاعلة والناجمة في المعادلة
الموزونة التي تمثل التفاعل . بينما يسمى الثابت K_c ثابت الاتزان للتفاعل **equilibrium constant** .

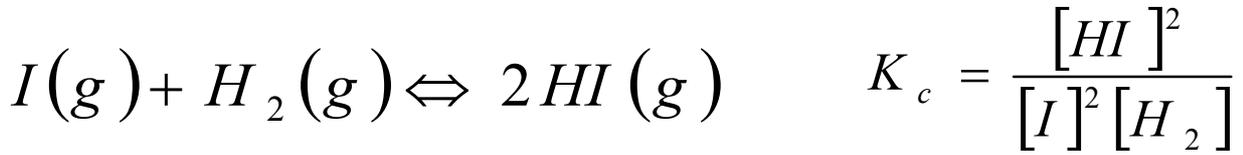
وهناك في الواقع العملي تفاعلات تتكون من أكثر من خطوة واحدة. فهل تستطيع حساب
قيمة ثابت الاتزان لتفاعل يتكون من خطوتين من معرفتنا لثابت الاتزان لكل خطوة ؟ الجواب ،
نعم . والمثال التالي يوضح ذلك :

يتفاعل اليود I_2 مع الهيدروجين H_2 لإعطاء يوريد الهيدروجين HI ، ويتم التفاعل

حسب الخطوتين التاليتين :



والتفاعل الكلي هو حاصل جمع الخطوتين 1 و 2 كما يلي :—



والآن ، ما العلاقة بين ثابت الاتزان K_c للتفاعل الكلي وثابتي اتزان الخطوتين الذين يكونانه

؟ تعطى تلك العلاقة بالمعادلة الآتية :

$$K_c = K_{c1} \cdot K_{c2}$$

إذ إن :

$$K_{c1} \cdot K_{c2} = \frac{[I]^2}{[I_2]} \times \frac{[HI]^2}{[I]^2 [H_2]} = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = K_c$$

أي أن ثابت الاتزان للتفاعل الكلي يساوي حاصل ضرب ثوابت الاتزان للخطوات المختلفة المكونة للتفاعل .

٥-٧ العوامل المؤثرة على الاتزان : *Factors Affecting Equilibrium*

مخرجات التعلم:

١٢-٧-ج: التنبؤ وصفياً بالتغيرات التي تحدث في الأنظمة المتزنة وتأثيرها على ثابت الاتزان

مثل : درجة الحرارة ، التركيز ، الضغط ، العامل الحفاز .

١٢-٧-ز : استخدام بيانات ومنحنيات التراكيز للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة في الحالة

الغازية لتفسير التغيرات التي تحدث في درجة الحرارة، وتركيز المواد بمرور الزمن .

١م-١٢-١ي : التنبؤ بأثر العوامل المختلفة على الاتزان لتفاعل ما باستخدام مبدأ لوشاتيليه.

١م-١٢-٢ط : تصميم تجربة للتعرف على أثر تغير التركيز على موضع الاتزان.

١م-١٢-٢ي : تصميم تجربة لاستقصاء أثر الضغط على موضع الاتزان.

١م-١٢-٢ك : تصميم تجربة عملية توضح أثر درجة الحرارة في الاتزان الكيميائي.

١م-١٢-٣ك : اختيار واستخدام الأجهزة المناسبة بشكل صحيح لتأدية تجربة تطبيق مبدأ

لوشاتيليه.

٢م-١٢-١و : إجراء تجارب عملية لدراسة التغير في العوامل المؤثرة على الاتزان .

- م ٢-١٢-٢ و : إنشاء رسومات توضيحية توضح نتائج تجارب أثر تغير كل من درجة الحرارة والتركيز على الاتزان الكيميائي بمرور الزمن .
- م ٢-١٢-٣ ك : تفسير أثر التغير في كل من التركيز ودرجة الحرارة على الاتزان الكيميائي من خلال مبدأ لوشاتيليه والأشكال البيانية .
- م ١-١٢-٤ ح : تبادل الأفكار مع الآخرين حول ربط العلاقة بين أثر تغير كل من درجة الحرارة، والتركيز على حالة الاتزان .

١- التركيز **Concentration** :

التقديم والتنظيم:

- استرجع مع الطلاب العوامل التي تؤثر على سرعة التفاعل الكيميائي.
- اطرح اليهم الأسئلة الآتية : ما العوامل التي يمكن أن تؤثر على حالة الاتزان لتفاعل متزن ؟ وهل تتوقع أن تتأثر حالة الاتزان بالعوامل نفسها التي تؤثر على سرعة التفاعل الكيميائي ؟
- ناقشهم فيما توصلوا إليه من إجابات وتوقعات .
- وضح لهم الدور الكبير الذي قام به العالم الفرنسي هنري لوشاتيليه في التوصل والتنبؤ بأثر العوامل المختلفة على حالة الاتزان .
- اطلب إليهم استنتاج مبدأ لوشاتيليه .
- اطلب إليهم تنفيذ الاستكشاف (١)، واستنتاج أثر تغير التركيز على حالة الاتزان .
- يمكنك توضيح أثر تغير التركيز على حالة الاتزان عن طريق إتباع أسلوب التعلم بالاستقصاء مستعينا بالاستكشاف (١) ، ويتم كالاتي :
- * اعرض عليهم السؤال العلمي : ما مدى أثر تغير التركيز على حالة الاتزان لتفاعل ما ؟
- * اطلب إليهم إكمال الجدول التالي للإجابة عن السؤال السابق بالاستقصاء العلمي .

العوامل التي يمكن استقصاؤها :
العامل المراد استقصاؤه :
فرضية الاستقصاء (التنبؤ) :
المتغير المستقل (الذي نريد قياسه) :
المتغير التابع (الذي نريد قياسه) :
المتغيرات المضبوطة :
المواد والأدوات اللازمة :
إجراءات الأمن والسلامة :
خطوات تنفيذ الاستقصاء :
النتائج :
تفسير النتائج :
المقارنة بين النتيجة والفرضية :
التحسينات المقترحة :

*يمكنك الاستعانة بمشرف المادة لمساعدتك في استخدام هذه الطريقة للتدريس .

- مستعيناً بلوحة ورقية أو التقنيات المتوفرة في المدرسة ، ناقشهم في التفاعل المذكور في الكتاب لتوضيح أثر تغير التركيز على موضع الاتزان .

- باستخدام أسلوب العصف الذهني أو التفكير التقاربي اطلب إليهم تقديم تفسير حول عدم تأثر قيمة ثابت الاتزان عند تغير التركيز .

- وضح لهم أن قيمة ثابت الاتزان لا تتغير مهما تغير التركيز، والسبب في ذلك أن مجرد حدوث تغير تركيز أحد المواد المتفاعلة أو أحد المواد الناتجة سرعان ما يقوم النظام بتعديل نفسه بحيث يعوض النقص في التركيز بنفس المقدار الذي تغير .

استكشاف (١) : تغير التركيز

الإعداد المسبق : بالتعاون مع فني المختبر جّهب المواد والأدوات اللازمة لتنفيذ الاستكشاف .
الزمن : ٢٥ دقيقة.

حجم المجموعة : ٥-٦ طلاب .

الإجراءات:

- ١- اطلب إليهم تنفيذ خطوات الاستكشاف بدقة .
- ٢- اطلب إليهم تسجيل ملاحظاتهم في دفاترهم .
- ٣- اطلب إليهم الإجابة عن أسئلة التحليل والتفسير، وذلك من خلال العمل التعاوني في مجموعات .
- ٤- ناقشهم فيما توصلوا إليه من ملاحظات ونتائج وإجابات لأسئلة التحليل والتفسير ، مع إعطائهم التغذية الراجعة .

التحليل والتفسير:

- ١- لا يتغير اللون البرتقالي لمحلول داكرومات البوتاسيوم عند إضافة قطرات من HCl ، ولكن عند إضافة محلول القاعدي ($NaOH$) يتغير لون محلول داكرومات البوتاسيوم من اللون البرتقالي إلى اللون الأصفر .
- ٢- نعم ، وذلك لأن التغير في تركيز أحد المواد يخل بحالة الاتزان .
- ٣- يكون محلول كرومات البوتاسيوم ثابتاً في الوسط القاعدي ، أما في الوسط الحمضي يتحول إلى داكرومات البوتاسيوم .

إجابة اختبار فهمك (٥)

- ١- يسير التفاعل في الاتجاه الأمامي (إلى اليمين باتجاه المواد الناتجة) .
- ٢- يسير التفاعل في الاتجاه الأمامي (إلى اليمين باتجاه المواد الناتجة) .
- ٣- يسير التفاعل في الاتجاه العكسي (إلى اليسار باتجاه المواد المتفاعلة) .

٢- الضغط Pressure :

- التقديم والتنظيم:

- باستخدام لوحة ورقية أو شفافية توضح التفاعل المذكور في الكتاب (إنتاج غاز الأمونيا) ، ناقش الطلاب حول أثر تغير الضغط على موضع الاتزان.
- وضح لهم العلاقة بين أثر تغير الضغط والحجم على حالة الاتزان.
- وضح لهم أن أثر الضغط يكون فقط في التفاعلات الغازية المترنة.
- يمكنك توظيف طريقة (تنبأ ، فسر ، لاحظ ، فسر) في حالة تنفيذ الاستكشاف الإثرائي التالي ، وذلك بمطالبتهم بتسجيل توقعاتهم الأولية حول نتائج الاستكشاف ، وتقديم تفسيرات لها ، ثم البدء بتنفيذ الاستكشاف ، وتسجيل الملاحظات وتفسيرها مجدداً ، حيث يمكنك الاستعانة بالمخطط التالي للطريقة المذكورة :

فسر	لاحظ	فسر	تنبأ

استكشاف إثرائي : أثر الضغط

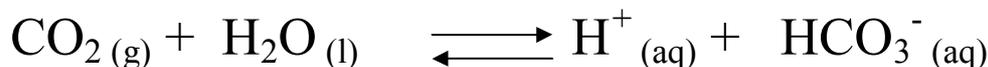
الهدف من الاستكشاف : استقصاء أثر الضغط على موضع الاتزان

المواد والأدوات : ماء مقطر ، كاشف البروثايمول الأزرق (HBb) ، محقن ، خليط

بيكربونات الصوديوم مع ثاني أكسيد الكربون ، عدد (2) كأس زجاجي سعة 100 mL .

ملاحظة: يمكن الحصول على مخلوط بيكربونات الصوديوم وثاني أكسيد الكربون بإمرار غاز

ثاني أكسيد الكربون عن طريق النفخ في المحلول لمدة كافية من الزمن حسب المعادلة الآتية :



الإجراءات :

١- ضع 25 mL من مخلوط بيكربونات الصوديوم وثاني أكسيد الكربون في كأس زجاجية

سعتها 100 mL .

٢- أضف ثلاث إلى أربع قطرات من كاشف الثايمول الأزرق إلى الخليط الموجود في الكأس الزجاجية . سجّل ملاحظاتك .

٣- اسحب بواسطة المحقن بعض مكونات الخليط ، ثم أغلق فوهة المحقن بقطعة من الفلين مباشرة . سجّل ملاحظاتك .

٤- اضغط ببطء مكبس المحقن . لاحظ التغير في اللون .

التحليل والتفسير :

١- كيف يؤثر الضغط على التغير في اللون ؟

٢- يمثل كاشف الثايمول الأزرق بالرمز HBb(aq) . اكتب معادلات الاتزان الممكنة لهذا الكاشف .

- لجذب وإثارة انتباه الطلاب وتنمية تفكيرهم اطرح عليهم السؤال الآتي:
هل تتأثر قيمة ثابت الاتزان عند تغير الضغط لتفاعل متزن ؟ وضح ذلك .

٣- درجة الحرارة Temperature :

- التقديم والتنظيم:

- يمكنك بدء الدرس بمراجعة ما درسوه الطلاب عن التفاعلات الماصة للحرارة والتفاعلات الطاردة للحرارة من خلال طرح بعض الأسئلة مثل :

١- ما الفرق بين التفاعلات الماصة للحرارة والتفاعلات الطاردة للحرارة ؟

٢- أين تكتب الطاقة في معادلة التفاعل الماص للحرارة ؟

٣- أين تكتب الطاقة في معادلة التفاعل الطارد للحرارة ؟

- من خلال الاستعانة بالتقنيات المتوفرة في المدرسة أو استخدام لوحة ورقية توضح التفاعلات الموجودة في الكتاب ، ناقش معهم أثر درجة الحرارة على موضع الاتزان .

- وضح لهم العلاقة بين أثر درجة الحرارة وتغير تركيز المواد للتفاعلات المتزنة بمرور الزمن ، مسعيناً بلوحة ورقية أو شفافية لتوضيح ذلك .

- دَرِّبهم على مهارة قراءة وتحليل الرسوم والأشكال البيانية والربط بين المفاهيم التي تتناولها تلك الأشكال .

- اطلب إليهم العمل في مجموعات لتوضيح أثر درجة الحرارة على قيمة ثابت الاتزان .

- اعرض على شفافية أو لوحة ورقية ملخصاً للعوامل المؤثرة على الاتزان ، واستعن في ذلك بالشكل الموجود في الكتاب ، ثم اطلب إليهم بمساعدتك تكوين خارطة مفاهيم ، بحيث تشمل العوامل المؤثرة على الاتزان ، وفيما يلي مقترح لهذه الخارطة :

- اطلب إليهم تنفيذ الدرس العملي السابع ، ثم ناقشهم فيما توصلوا إليه من ملاحظات ونتائج وإجابات لأسئلة التحليل والتفسير .

إجابة اختبار فهمك (٦)

- ١

أ- كما هو موضح في الشكل فإن تقليل درجة الحرارة تنتج حالة اتزان جديدة يقل فيها تراكيز المواد الناتجة ويزداد تراكيز المواد المتفاعلة؛ مما يجعل قيمة ثابت الاتزان تقل عند تخفيض درجة الحرارة .

ب- يرسم باليد أو الكمبيوتر .

الدرس العملي السابع : تطبيق مبدأ لوشاتيليه

أولاً : أثر التركيز

الإجراءات :

- ١- يتحول المزيج إلى اللون الأخضر الداكن .
- ٣- يتحول اللون إلى اللون البرتقالي المصفر .
- ٤- يتحول اللون إلى اللون الأزرق الداكن .

ثانياً : درجة الحرارة

الإجراءات :

- ١- نحصل على محلول مخفف من كلوريد الكوبالت لونه زهري (وردي فاتح) .
- ٢- يخفت اللون الزهري قليلا (تقل شدة اللون) .
- ٣- يتحول اللون الزهري إلى اللون البنفسجي .
- ٥- يتحول اللون البنفسجي إلى اللون الزهري .

ثالثاً : أثر الضغط

الإجراءات :

- ١- يحدث تفاعل كيميائي قوي ويتصاعد غاز NO_2 .
- ٣- لون الغاز بني محمر .
- ٤- تقل شدة اللون البني المحمر (يخفت اللون) .

التحليل والتفسير :

- ١- زيادة تركيز أحد المواد يدفع التفاعل في اتجاه تقليل تركيز هذه المادة والعكس صحيح .



عديم اللون بني محمر

بزيادة الضغط يندفع التفاعل في اتجاه تكوين N_2O_4 (عديم اللون)، ولذلك تخفت شدة

اللون البني المحمر .

- ٤- التفاعل ماص للحرارة ، وذلك لأن خفض درجة الحرارة يدفع التفاعل في الاتجاه العكسي ، وهو اتجاه تكوين كلوريد الكوبالت ذو اللون الوردي .
- ٥- العامل المساعد لا يؤثر على موضع الاتزان ، وذلك لأنه يقلل طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي وطاقة التنشيط للتفاعل العكسي بنفس المقدار .
- ٦- نعم تتفق ، وذلك بسبب النتائج التجريبية التي حصلت عليها من إجراء التجربة .

٤- العامل الحفاز (المساعد) : Catalyst :

التقديم والتنظيم:

- استرجع مع الطلاب أثر العامل الحفاز على سرعة التفاعل الكيميائي ، وذلك من خلال طرح الأسئلة الآتية :

١- ما المقصود بالعامل الحفاز ؟

٢- ما خصائص العامل الحفاز ؟

٣- كيف يعمل العامل الحفاز على خفض طاقة التنشيط ؟

- وضح لهم بالرسم أو بعرض شفافية توضح الشكل (٧-١٣) أثر العامل الحفاز على حالة الاتزان لتفاعل ما .

- ناقشهم حول أثر العامل الحفاز على قيمة ثابت الاتزان .

- اعرض على شفافية أو لوحة ورقية ملخصاً للعوامل المؤثرة على الاتزان ، واستعن في ذلك بالشكل الموجود في الكتاب ، ثم اطلب إليهم بمساعدتك في تكوين خارطة مفاهيمية ، بحيث تشمل العوامل المؤثرة على الاتزان.

خلفية علمية : العوامل المؤثرة على الاتزان

هنالك ثلاثة عوامل تؤثر على نظام ما في حالة اتزان، واحد فقط منها يغير قيمة K_c وهو التغير في درجة الحرارة. فتغير التركيز أو الضغط (الحجم) يمكن أن يغير تراكيزات الاتزان للمخلوط المتفاعل، ولكنه لا يغير قيمة ثابت الاتزان.

ويمكن توضيح ذلك من خلال دراسة تأثير الزيادة المفاجئة لتركيز H_2 في مخلوط الاتزان $H_2(g)$ ، $I_2(g)$ ، $HI(g)$. ولنفرض أن تراكيزات الاتزان كانت كالآتي :

$$[I_2] = 0.01M , [H_2] = 0.01M , [HI] = 0.07M$$

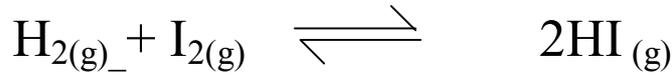
$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{(0.07)^2}{0.01 \times 0.01} = 49$$

عند درجة حرارة معينة (

وعند زيادة $[H_2]$ إلى الضعف ، فإن :

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{(0.07)^2}{(0.02)(0.01)} = 24.5$$

وفي هذه الحالة فإن النظام لا يكون في حالة اتزان ، ولكي يحافظ النظام على الاتزان؛ فلا بد من رفع تركيز HI وخفض تركيز كل من H_2 ، I_2 وهذا يتحقق بواسطة تحول بعض H_2 ، I_2 في المخلوط إلى HI .



وقد وجد عمليا أنه عندما يصل النظام إلى حالة الاتزان الجديدة، فإنه يكون :

$$[HI] = 0.076 \text{ M} , [H_2] = 0.017 \text{ M} , [I_2] = 0.007 \text{ M} , \text{ وفي هذه الحالة}$$

فإن :

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{(0.076)^2}{(0.017)(0.007)} \cong 49$$

ماذا تستنتج ؟

إجابة اختبار فهمك (٧)

أ- رفع درجة الحرارة ، تقليل الضغط .

ب- تقل كمية الأمونيا .

ج- يزداد تركيز كل من الأمونيا وكبريتيد الهيدروجين .

٦-٧ تطبيقات عملية على الاتزان وأهميته في العمليات الكيميائية : *Chemical Application of Equilibrium*

مخرجات التعلم:

١٢-٧- و: تحليل العلاقة بين المعرفة العلمية والتطور التقني في تطبيقات عملية الاتزان، وأهميته في العمليات الكيميائية .

١٢-٧- ح : تفسير كيفية استخدام التقنيات لحل مشكلة ملوثات الهواء .

٢م-١٢-٣ أ : اختيار المعلومات من مصادر إعلامية ومطبوعة لإعداد وثائق وتقارير حول ملوثات الهواء وطرق معالجتها .

٤م-١٢-١ ط : تبادل الأفكار مع الآخرين حول التطبيقات العملية والتعاونية على الاتزان.

التقديم والتنظيم:

- اطلب إلى الطلاب العمل في مجموعات ، ثم ناقشهم في أهمية الاتزان في العمليات الكيميائية وتطبيقاته الصناعية .

- استعن بوسيلة تعليمية مناسبة لتوضيح طريقة هابر لصناعة الأمونيا.

- ناقشهم حول الأسباب التي تؤدي إلى تلوث الهواء .

- وجههم للبحث في المصادر والمراجع بهدف كتابة تقرير عن دور وزارة البيئة والشؤون المناخية لتقليل من تلوث الهواء بالغازات الضارة.

إجابات أسئلة الفصل

السؤال الأول :

- ١ - أ) درجة الحرارة .
- ٢ - ج) تكون سرعة التفاعل الأمامي مساوية لسرعة التفاعل العكسي .
- ٣ - أ) التفاعل يندفع في اتجاه تكوين المواد الناتجة .
- ٤ - ب)
$$K_c = \frac{[SO_2]^2 [O_2]}{[SO_3]^2}$$
- ٥ - ب) تركيز بخار الماء < تركيز غازي الهيدروجين والأكسجين .
- ٦ - ب) يندفع في الاتجاه العكسي .
- ٧ - ج) $SO_2(g)$ ، $CO_2(g)$ ، $O_2(g)$.
- ٨ - ج) تركيز المواد الناتجة < من تركيز المواد المتفاعلة .
- ٩ - د) 3.2 .
- ١٠ - أ) $CO(g) + 2H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(l)$.
- ١١ - ج) تقليل الضغط .
- ١٢ - أ) 0.4 .
- ١٣ - د) سحب SO_2 .

السؤال الثاني :

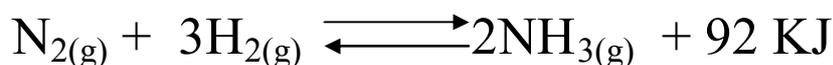
١- أ) جميع تفاعلات التفكك تفاعلات تامة (غير منعكسة) عندما تحدث في وعاء مفتوح؛ وذلك لتكون غازات مثل نترات النحاس الذي يؤدي إلى خروج غازي NO_2 و O_2 من حيز التفاعل الذي يتم في وعاء مفتوح .



ب) لأن التفاعل يكون مستمراً في الاتجاهين الأمامي والعكسي ، على الرغم من تساوي سرعة التفاعل الأمامي والتفاعل العكسي .

ج) لأن تركيزها لا يتغير ، يظل ثابتاً تقريباً مهما تغيرت كميتها .

د) حتى تكتسب الجزيئات طاقة التنشيط اللازمة لبدء التفاعل .



ولأن خفض درجة الحرارة من التفاعل الطارد للحرارة المتزن ينتج عنه دفع التفاعل في الاتجاه

الأمامي (اتجاه تكوين الأمونيا) الذي ينتج فيه حرارة .

-٢

المؤثر	المتأثر	أثر التغير
سحب H_2	كتلة C_2H_2	تزداد
إضافة C_2H_2	K_C	لا يتغير
رفع درجة الحرارة	كتلة C_2H_4	تزداد
نقص الضغط	K_C	لا يتغير
إضافة C_2H_4	كتلة H_2	تزداد

السؤال الثالث :

$$K_p = \frac{(P_{CO}) (P_{H_2})^3}{(P_{CH_4}) (P_{H_2O})^3} \quad (أ - ١)$$

- (ب) * زيادة الضغط : لا تتأثر قيمة K_p .
* زيادة درجة الحرارة : تزداد قيمة K_p .
* إضافة العامل الحفاز : لا تتأثر قيمة K_p .

-٢

$$1- K_c = 1 \times 10^{-10}$$

$$2- K_c = (10^{10})^2 = 10^{20}$$

٣- عند رفع درجة الحرارة وحسب مبدأ لوشاتيليه فإن التفاعل سوف يندفع في الاتجاه الماص للحرارة، وعليه فإن عملية تكوين الماس سوف تستفيد من درجة الحرارة العالية .

السؤال الرابع :

- (أ) -١ التفاعل ماص للحرارة ، لأن التفاعل يتم عند درجة الحرارة فوق العادية .
(ب) من معادلة ثابت الاتزان :

$$K_p = \frac{(P_{N_2O_4})}{(P_{NO_2})^2}$$

بالتعويض نجد أن :

$$K_p = \frac{0.6}{(0.6)^2}$$
$$K_p = 1.67$$

٢- أ) ثابت الاتزان عند كل تجربة يساوي 55.3 .

ب) تشير النتائج إلى ثبات قيمة ثابت الاتزان مع ثبات درجة الحرارة.

٣- أ) زيادة الضغط يؤدي إلى زيادة نسبة الأمونيا الناتجة .

ب) عند خفض درجة الحرارة فإن إنتاج الأمونيا في الوعاء يقل على الرغم من زيادة نسبة الأمونيا في المراحل الأخيرة .

ج) سوف يتم إنتاج الأمونيا بشكل بطيء جدًا ما لم يتم استخدام عوامل مساعدة لزيادة سرعة التفاعل وإنتاج المزيد من الأمونيا .

السؤال الخامس :

- ١

معادلة التفاعل الموزونة	$SO_2(g) + NO_2(g) \rightleftharpoons NO(g) + SO_3(g)$			
التركيز في بداية التفاعل	0.05	0.05	صفر	صفر
بفرض أن : التغير في التركيز	- X	- X	+ X	+ X
التركيز عند الاتزان	0.05 - X	0.05 - X	X	X

بالتعويض عن قيمة التركيز عند الاتزان في تعبير ثابت الاتزان :

$$K_C = \frac{[\text{NO}][\text{SO}_3]}{[\text{SO}_2][\text{NO}_2]}$$

$$75 = \frac{(X)^2}{(0.05-X)^2}$$

وبأخذ الجذر التربيعي لطرفي المعادلة نجد أن :

$$8.66 = \frac{X}{0.05-X}$$

وبحل هذه المعادلة نجد أن :

$$X = 0.045 \text{ mol/L}$$

إذا التراكيز عند الاتزان هي:

$$[\text{NO}_{(g)}] = [\text{SO}_{3(g)}] = 0.045 \text{ mol/L}$$

$$[\text{SO}_{2(g)}] = [\text{NO}_{2(g)}] = 0.05 - 0.045 = 0.005 \text{ mol/L}$$

٢- ب) إنتاج كمية أكبر من PCl_5 عند دفع المكبس في حالة الاتزان .

وذلك لأن بزيادة الضغط يتجه التفاعل نحو عدد المولات الأقل أي باتجاه تكوين خامس

أكسيد الفسفور .

الوحدة الرابعة
الاتزان الكيميائي
والأحماض والقواعد
Chemical Equilibrium
and Acids and Bases

التفاعل الكيميائي هو العملية التي يتحول فيها مركب كيميائي أو أكثر إلى مركبات جديدة تختلف في صفاتها عن المركب أو المركبات التي بدأت بها العملية. وقد دلت التجارب الكثيرة على أن التفاعل الكيميائي لا يستمر حتى تنتهي جميع المواد المتفاعلة ، ونجد أنه بعد مرور الزمن لا يلاحظ أي تغيير في تركيز أي منها . وهذا الوضع الذي يصله التفاعل يصف بوضع الاتزان . وتعالج هذه الوحدة كثيراً من الموضوعات العلمية الأساسية والهادفة التي تزيد من حصيلة المفاهيم الكيميائية لدى الطالب.

لقد تم تأليف هذه الوحدة لتكون مكملة لما درسه الطالب في الصفوف السابقة. تتكون هذه الوحدة من فصلين: يختص الفصل الأول بدراسة الاتزان الكيميائي ، ويركز على دراسة مفهوم وطبيعة الاتزان الكيميائي وأهميته ، وكيفية حساب ثابت الاتزان. كما سيتعرف الطالب العوامل التي تؤثر على حالة الاتزان باستخدام مبدأ لوشاتيليه وكيفية الاستفادة من الاتزان الكيميائي في التطبيقات الحياتية . أما الفصل الثاني فقد ركز على دراسة الاتزان في الأحماض والقواعد وكيفية حساب ثابت التأيّن للأحماض الضعيفة والقواعد الضعيفة ، واهتم أيضاً بدراسة الصفات الحمضية والقاعدية للأملاح ، وحاصل الإذابة للأملاح شحيحة الذوبان في الماء وكيف يمكن حسابه ، وأهم التطبيقات على حاصل الإذابة مثل تأثير الأيون المشترك ، كما اشتمل هذا الفصل على دراسة المحاليل المنظمة وأهميتها . تتضمن الوحدة عدداً من التطبيقات الحياتية للمفاهيم الكيميائية وبعض المعلومات التي يستفيد منها الطالب عند دراسته للوحدة. كما تضمنت أيضاً على مجموعة من الاستكشافات والدروس العملية التي تساعد على تحقيق المخرجات المعرفية والمهارية، وتساعد الطلاب على اكتساب مزيدٍ من المهارات والمعارف .

- اطلب إلى الطلاب الإجابة عن أسئلة الوحدة.

- ١- نعم، ففي دورة ثاني أكسيد الكربون ينتج CO_2 في عمليات التنفس التي تقوم بها جميع الكائنات الحية، ثم تستهلكه النباتات الخضراء في عملية البناء الضوئي ، وبذلك تظل نسبته ثابتة. أما في دورة الماء ، تظل نسبة الماء في الطبيعة ثابتة ، فإذا استهلكت المياه في عملية طبيعية نجدها تعود إلى الطبيعة مرة أخرى بطريقة معكوسة ، فالمياه تتصاعد إلى طبقات الجو العليا في صورة بخار ثم تعود ثانية على هيئة أمطار ، كما تستهلك المياه في عمليات التغذية وتعود مرة أخرى في عمليات الإخراج .
- ٢- يكون التفاعل الكيميائي في حالة اتزان عندما تتساوى سرعة التفاعل الأمامي، وسرعة التفاعل العكسي .
- ٣- بتغير أحد العوامل المؤثرة على حالة الاتزان لتفاعل ما مثل الضغط أو درجة الحرارة أو التركيز تساعدنا في التنبؤ باتجاه سير التفاعل .
- ٤-تكتسب المحاليل المنظمة أهمية بالغة في كثير من التفاعلات الكيميائية مثل الطلاء الكهربائي وترسيب بعض المواد ، كما أن لها أهمية كبيرة في أجسام الكائنات الحية ، وتظهر أهمية هذه المحاليل المنظمة في نشاط الإنزيمات التي تتأثر بدرجة كبيرة بقيمة الرقم الهيدروجيني للوسط الذي يعمل فيه ، ولكل إنزيم رقم هيدروجيني معين يكون عنده في قمة نشاطه.
- ٥-يتوقع حدوث تغير في قيمة pH لمحلول الحمض أو القاعدة .
- ٦- تعتمد التطبيقات التقنية (التكنولوجيا) للاتزان الكيميائي على إمكانية تحويل الأفكار النظرية والتجارب المخبرية البسيطة إلى وسائل تطبيقية يمكن الاستفادة منها في الحياة العملية بيسر وسهولة، بدون أن تكون لها تأثيرات بيئية ضارة ، وعلى مدى توفر المواد اللازمة لهذه الوسائل وسهولة الحصول عليها من خاماتها .

أولاً : مخرجات التعلم المعرفية

١٢-٧ شرح طبيعة الاتزان الكيميائي .

أ : تعريف الاتزان الكيميائي ، النظام المغلق ، التفاعلات الأمامية والتفاعلات العكسية ، قاعدة لوشاتيليه .

ب : كتابة وتفسير المعادلات الكيميائية في الأنظمة المتزنة .

ج : التنبؤ وصفياً بالتغيرات التي تحدث في الأنظمة المتزنة وتأثيرها على ثابت الاتزان مثل : درجة الحرارة ، التركيز ، الضغط ، العامل الحفاز .

د : التعرف على ثابت الاتزان K_C للتنبؤ بمدى حدوث التفاعل وكتابة التغيرات الخاصة بقانون ثابت الاتزان لمعادلات كيميائية معلومة باستخدام الحد الأدنى من الأرقام الصحيحة .

هـ : إجراء عمليات حسابية على قيمة ثابت الاتزان K_C وتحديد تراكيز المواد التي تشترك في التفاعلات المتزنة .

و: تحليل العلاقة بين المعرفة العلمية والتطور التقني في تطبيقات عملية الاتزان وأهميته في العمليات الكيميائية .

ز : استخدام بيانات ومنحنيات التراكيز للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة في الحالة الغازية لتفسير التغيرات التي تحدث في درجة الحرارة وتركيز المواد بمرور الزمن.

ح : تفسير كيفية استخدام التقنيات لحل مشكلة ملوثات الهواء .

١٢-٨ تحديد وتفسير العلاقات الكمية في تفاعلات اتزان الأحماض والقواعد:

أ : استرجاع المفاهيم والمصطلحات الآتية : الرقم الهيدروجيني ، أيون الهيدرونيوم H_3O^+ ،

pH ، pOH ، التعادل ، نظرية ارهينوس من حيث علاقتها بالأحماض والقواعد .

ب : استخدام نظرية بورنستد-لوري لتحديد الأحماض والقواعد كمادة مانحة

ومستقبلة للبروتونات .

ج : كتابة وتفسير معادلات بورنستد-لوري للأحماض والقواعد ، والتنبؤ فيما إذا

كانت المواد المتفاعلة والمواد الناتجة تتجه نحو الأحماض والقواعد أحادية البروتون أو عديدة البروتون .

د : التعرف على مفهوم الأزواج المرافقة في ضوء نظرية برونستد-لوري للأحماض والقواعد .

هـ : تعريف المحلول المنظم وتفسير أثره وصفيًا وحسابيًا في الحفاظ على الرقم الهيدروجيني pH عند إضافة كميات قليلة من الحمض أو القاعدة .

و : تعريف ثابت تأين الأحماض الضعيفة K_a ، ثابت تأين القواعد الضعيفة K_b ، التأين الذاتي للماء K_w وحساب كل منها بمعلومية تراكيز المواد في بداية التفاعل أو بمعلومية ثابت الاتزان لتحديد تراكيز المواد .

ز : مقارنة القوى النسبية للأحماض والقواعد باستخدام قيم ثوابت الاتزان K_a ، K_b

ح : التعرف على الصفات الحمضية والقاعدية لمحاليل الأملاح وتحديد سلوكها (تميؤ الأملاح) .

ط : استقصاء أهمية ثابت حاصل الإذابة K_{sp} للأملاح ضعيفة الذوبان في الماء وكيفية إجراء العمليات الحسابية له .

ي : استخدام مفهوم أثر الأيون المشترك في تعيين قيمة الرقم الهيدروجيني .

ك : توظيف التقنيات لتحليل بعض الظواهر مثل الأمطار الحمضية .

ثانيا : مخرجات التعلم المهنية :

البند الأول : المبادرة والتخطيط :

م ١ - ١٢ - ١ : طرح أسئلة حول العلاقات الملاحظة وتخطيط عمليات اسقضاء

للأسئلة والأفكار والمشكلات والقضايا

ح- تكوين توقعات وتنبؤات حول حدوث الاتزان الكيميائي .

ط- التنبؤ بمدى حدوث التفاعل وكتابة التغيرات الخاصة بقانون ثابت الاتزان لمعادلات

كيميائية معلومة .

ي- التنبؤ بأثر العوامل المختلفة على الاتزان لتفاعل ما باستخدام مبدأ لوشاتيليه .
ك- تكوين توقعات وتنبؤات حول قوة الحمض والقاعدة اعتماداً على نظرية برونستد-لوري.

ل-مقارنة التنبؤات بالملاحظات في محاليل الأملاح .

م- التنبؤ بمدى حدوث ترسيب عند إذابة أملاح شحيحة الذوبان في الماء اعتماداً على قيمة حاصل الإذابة .

ن- كتابة فرضيات عن أثر الأيون المشترك معتمداً على قيمة حاصل الإذابة ومبدأ لوشاتيليه .
س- التنبؤ بقيمة pH لمحلول منظم عند إضافة قليل من حمض قوي أو قاعدة قوية .

م ١٢-١-٢: تصميم تجربة وتحديد المتغيرات

ح-تصميم تجربة لمراقبة حدوث الاتزان الكيميائي .

ط- تصميم تجربة للتعرف على أثر تغير التركيز على موضع الاتزان.

ي- تصميم تجربة لاستقصاء أثر الضغط على موضع الاتزان

ك -تصميم تجربة عملية توضح أثر درجة الحرارة في الاتزان الكيميائي.

ل- تصميم تجربة لتعيين قيمة ثابت تأين الأحماض الضعيفة أو ثابت تأين القواعد الضعيفة .

م ١٢-١-٣: اختيار الأدوات المناسبة لجمع المعلومات.

ك- اختيار واستخدام الأجهزة المناسبة بشكل صحيح لتأدية تجربة تطبيق مبدأ لوشاتيليه .

ل-استخدام مقياس pH لإيجاد تركيز أيون $[H^+]$ وتحديد طبيعة محاليل الأملاح .

م_ استخدام محاليل منظمة معلومة الرقم الهيدروجيني بهدف قياس ثابت تأين الأحماض الضعيفة.

البند الثاني: التنفيذ والتدوين

م ١٢-١-٢: تنفيذ خطوات تجربة وضبط متغيراتها

و- إجراء تجارب عملية لدراسة التغير في العوامل المؤثرة على الاتزان .

ز- تنفيذ خطوات تجربة وضبط متغيراتها لتحديد قيمة ثابت تأين الأحماض الضعيفة أو قيمة ثابت تأين القواعد الضعيفة .

ح- تنفيذ تجربة للتعرف على سلوك محاليل الأملاح .

ط- إجراء تجربة لدراسة أثر الايون المشترك في تأين الأحماض الضعيفة وتأيين القواعد الضعيفة.

ي- تنفيذ خطوات تجربة لتوضيح دور المحلول المنظم في مقاومة التغيرات في قيمة pH عند إضافة كميات قليلة من حمض أو قاعدة .

م ٢-١٢-٢ : تنظيم البيانات في أشكال وجداول تتناسب مع النص أو التجربة .

و- إنشاء رسومات توضيحية توضح نتائج تجارب أثر تغير كل من درجة الحرارة والتركيز على الاتزان الكيميائي بمرور الزمن .

ز- إنشاء رسم بياني أو جدول مدى التغير في pH للتعرف على طبيعة المحاليل المنظمة.

م ٢-١٢-٣ : انتقاء المعلومات من مصادر مختلفة مطبوعة أو إلكترونية .

أ- اختيار المعلومات من مصادر إعلامية ومطبوعة لإعداد وثائق وتقارير حول ملوثات الهواء وطرق معالجتها .

ب- البحث من خلال المراجع والمصادر عن تأثيرات الأمطار الحمضية.

البند الثالث : التحليل والتفسير :

م ٣-١٢-١ تحليل المعلومات والبيانات المقدمة في جداول أو رسوم بيانية.

أ- تصنيف الأملاح في كونها حمضية أم متعادلة أم قاعدية بناء على قيمة pH.

م ٣-١٢-٢ تحليل المعلومات والبيانات المقدمة في جداول أو رسوم بيانية .

ك- تفسير أثر التغير في كل من التركيز ودرجة الحرارة على الاتزان الكيميائي من خلال مبدأ لوشاتيليه والأشكال البيانية .

ل- تفسير أنماط البيانات المستنبطة من قياس ثابت تأين الأحماض الضعيفة أو القواعد الضعيفة .

م- استخدام الجداول والرسوم البيانية ونتائج التجارب في تحديد وتفسير سلوك محاليل الأملاح وأثر الأيون المشترك .

ن- شرح الاختلافات بين قيم pH النظرية والمحسوبة في دراسة الايون المشترك.

م ٣-١٢-٣ : تحديد مصادر الخطأ في التجربة

هـ- تقويم المخاطر التي قد تحدث أثناء التعامل مع بعض المحاليل الملحية والأحماض والقواعد وبعض المواد المستخدمة في المختبر أو المتزل وفي طريقة حفظها والتخلص منها .

و- معالجة البيانات وتقديمها من خلال اختيار أدوات مناسبة مثل استخدام الآلات العلمية والحاسبات وقواعد المعلومات لتعيين ثابت تأين الأحماض الضعيفة .

البند الرابع : الاتصال وعمل الفريق :

م ٤-١٢-١ : استقبال وفهم أفكار الآخرين

ز- تبادل الأفكار مع الآخرين للمقارنة بين التفاعلات العكسية والتفاعلات غير العكسية .

ح- تبادل الأفكار مع الآخرين حول ربط العلاقة بين أثر تغير كل من درجة الحرارة والتركيز على حالة الاتزان .

ط- تبادل الأفكار مع الآخرين حول التطبيقات العملية والتقانية على الاتزان .

ي- تبادل الأفكار مع الآخرين حول الربط بين نظريات الأحماض والقواعد مثل نظرية ارهينوس ونظرية برونستد-لوري .

ك- تبادل الأفكار مع الآخرين حول مفهوم التآين الذاتي للماء ، وكيفية حساب كل من أيونات H^+ وأيونات OH^- عند الاتزان .

ل- تبادل الأفكار مع الآخرين حول أهمية دراسة حاصل الإذابة وكيفية حسابه .

م ٤-١٢-٢ : تبادل الأسئلة والاهتمامات والخطط والنتائج باستخدام لغة مكتوبة أو حوار شفوي أو رموز أو أشكال أو غيرها .

أ- العمل مع أعضاء المجموعة تعاونيا لإجراء الاستقصاءات .

هـ- تبادل الأسئلة والأفكار حول حسابات ثابت الاتزان .

- و- تبادل الأسئلة والأفكار حول مفهوم كل من الحمض ، القاعدة ، زوج الحمض والقاعدة
المرافق لنظرية برونستد-لوري .
- ز- تبادل الأسئلة والأفكار حول حسابات ثابت تأين الأحماض الضعيفة والقواعد الضعيفة .
- ح- تبادل الأسئلة والأفكار حول حسابات قيمة pH للمحاليل المنظمة .

جدول يبين التوزيع المقترح لبنود الوحدة الرابعة على عدد الحصص المقررة
للوحدة:

رقم البند	عنوان البند	عدد الحصص المقترح
١-٧	التفاعلات العكسية وغير العكسية	١
٢-٧	طبيعة الاتزان	٢
٣-٧	ثابت الاتزان	١
٤-٧	حسابات ثابت الاتزان	٢
٥-٧	العوامل المؤثرة على الاتزان	٢
استكشاف (١)	تغير التركيز	١
	الدرس العملي: تطبيق مبدأ لوشاتيليه	١
٦-٧	تطبيقات عملية على الاتزان وأهميته في العمليات الكيميائية	١
	أسئلة الفصل السابع	٢
١-٨	نظرية برونستد-لوري للأحماض والقواعد	٢
٢-٨	التأين الذاتي للماء	١
٣-٨	الاتزان في محاليل الأحماض الضعيفة	١
	الدرس العملي: قياس ثابت التأين (K_a) لحمض الإيثانويك	١
٤-٨	الاتزان في القواعد الضعيفة	١
٥-٨	التميؤ	١

١	دراسة سلوك محاليل الأملاح	استكشاف (١)
١	ثابت حاصل الإذابة	٦-٨
١	تأثير الأيون المشترك	٧-٨
١	دراسة أثر الأيون المشترك	استكشاف (٢)
١	المحاليل المنظمة	٨-٨
١	أثر المحاليل المنظمة	استكشاف (٣)
١	تطبيقات عملية على الاتزان في الأحماض والقواعد	٩-٨
٣	أسئلة الفصل	
٣٠	مجموع الحصص	

الفصل السابع

الاتزان الكيميائي

Chemical Equilibrium

افتتاحية الفصل :

سوف يدرس الطالب في هذا الفصل الاتزان الكيميائي بصورة عامة ، وسيتعرّف إلى مفهوم وطبيعة الاتزان والفرق بين الاتزان الاستاتيكي والاتزان الدينامي ، حيث سيتم التطرق إلى الاتزان الدينامي بصورة أكبر ومن الأمثلة عليه الاتزان الكيميائي . وسوف يدرس أيضاً ثابت الاتزان وكيف يتم حسابه ، والعوامل المؤثرة على الاتزان . وسيتعرّف أيضاً على بعض المصطلحات الكيميائية الجديدة مثل: الاتزان الاستاتيكي، الاتزان الدينامي ، ثابت الاتزان وغيرها من المفاهيم.

وفي نهاية الفصل سيتعرّف الطالب على بعض التطبيقات العملية لثابت الاتزان . وسيقوم بإجراء الاستكشافات والدروس العملية لهذا الفصل ، وذلك لتحقيق المخرجات المعرفية والمهارية .

٧-١ التفاعلات العكسية و غير العكسية : *Reversible and Irreversible Reactions*

مخرجات التعلم المعرفية والمهارية:

١٢-٧-أ : تعريف الاتزان الكيميائي ، النظام المغلق ، التفاعلات الأمامية والتفاعلات العكسية ، قاعدة لوشاتيليه .

١٢-٤م-١ ح : تبادل الأفكار مع الآخرين للمقارنة بين التفاعلات العكسية والتفاعلات غير العكسية .

التقديم والتنظيم :

- ابدأ الدرس بطرح الأسئلة الآتية :

١- كيف تتعرّف على التفاعل الكيميائي ؟

٢- ما المقصود بالمعادلة الكيميائية ؟ اذكر أمثلة على ذلك .

- استرجع مع الطلاب أنواع التفاعلات الكيميائية التي درسوها ، واطلب إليهم ذكر أمثلة لكل نوع .

- اسألهم عن سبب كتابة بعض المعادلات بسهم واحد وبعضها بسهمين .

- ناقشهم في كيفية التعرّف على التفاعلات العكسية والتفاعلات غير العكسية ، وما الفرق

٧-٢ طبيعة الاتزان : *Nature of Equilibrium*

مخرجات التعلم المعرفية والمهارية:

١٢-٧-أ : تعريف الاتزان الكيميائي ، النظام المغلق ، التفاعلات الأمامية والتفاعلات العكسية ، قاعدة لوشاتيليه .

١٢-٧-ب : كتابة وتفسير المعادلات الكيميائية في الأنظمة المتزنة .

١م-١٢-١ح : تكوين توقعات وتنبؤات حول حدوث الاتزان الكيميائي .

١م-١٢-٢ح : تصميم تجربة لمراقبة حدوث الاتزان الكيميائي .

التقديم والتنظيم :

- ناقش الطلاب حول مفهوم الاتزان من خلال طرح بعض الأسئلة مثل :

١- هل الكتاب الموجود على المنضدة في حالة اتزان ؟

٢- ما القوى التي يمكن أن تؤثر على هذا الكتاب ؟ وفي أي اتجاه؟

٣- بالنظر من حولك ، اذكر أمثلة أخرى على الاتزان .

٤- هل يوجد الكون في حالة اتزان ؟ وضح ذلك بذكر بعض الأمثلة .

- اطلب إليهم استنتاج المقصود بالاتزان .
- اسألهم عن أنواع الاتزان ، واطلب إليهم ذكر أمثلة من واقع حياتهم عن كل نوع .
- بالاستعانة بلوحة ورقية أو شفافية توضح شكلاً للاتزان الاستاتيكي وآخر للاتزان الدينامي ، ويمكنك الاستعانة بالصور الموجودة في كتاب الطالب ، ناقشهم حول الفرق بين الاتزان الاستاتيكي والاتزان الدينامي .
- حاول الاستعانة بمقطع فيديو عن السلام الكهربائي مثلاً لتوضيح مفهوم الاتزان الدينامي، واطلب إليهم ملاحظة الاتزان الدينامي عند زيارتهم للأماكن التي يوجد فيها سلام كهربائية .
- ناقشهم في الأمثلة المذكورة في الكتاب حول الاتزان الاستاتيكي والاتزان الدينامي ، وذلك بطرح التساؤلات الآتية :
 - ١- متى تكون لعبة الميزان في حالة اتزان ؟
 - ٢- هل يختل الاتزان إذا جلس شخصان مختلفان في الكتلة ؟
 - ٣- ما الشرط اللازم لحدوث الاتزان على لعبة الميزان ؟
 - ٤- هل اتجاه حركة الشخص على السلم الكهربائي هو نفس اتجاه حركة السلم ؟
 - ٥- متى يظهر هذا الشخص وكأنه ثابت على السلم بالنسبة للناظر إليه ؟
- قسّم الطلاب إلى مجموعات ، ثم ناقشهم في المثال المذكور في الكتاب عن اتزان الماء وبخاره ، ويفضل إجراء تجربة بسيطة لتبخّر الماء باستخدام الأدوات الآتية : (ماء ، ورق مغلق بإحكام، مصدر لهب ، حامل ثلاثي بشبكة) ، ثم اطرح إليهم بعض الأسئلة مثل:
 - ١- تنبأ ما يحدث للماء ؟
 - ٢- ما العلاقة بين معدل التبخر ودرجة الحرارة ؟
 - ٣- ما نوع هذا الاتزان ؟
 - ٤- هل يعتبر هذا الاتزان اتزاناً فيزيائياً أم كيميائياً ؟ فسر ذلك.
 - ٥- متى يصل الماء وبخاره إلى حالة الاتزان ؟

٦- هل يستمر تبخر وتكثف الماء أم يتوقف بمجرد وصوله إلى حالة الاتزان ؟

٦- أي من أنواع الاتزان يصنف الاتزان الكيميائي ، الاتزان الاستاتيكي أم الاتزان

الدينامي ؟ ولماذا ؟

- وضح لهم أن النظام يصل إلى حالة الاتزان الكيميائي الدينامي عند تساوي سرعة

التفاعل الأمامي وسرعة التفاعل العكسي ، ولتوضيح ذلك استعن بلوحة ورقية أو شفافية

توضح الشكل البياني الموجود في الكتاب الذي يعبر عن التغير في سرعتي التفاعلين

الأمامي والعكسي وتغير تراكيز المواد للوصول إلى حالة الاتزان.

- اشرح لهم أن التفاعل لا يتوقف عند وصوله إلى حالة الاتزان بالرغم من ثبات التراكيز

والخواص، وإنما التوقف سببه تساوي سرعة التفاعلين الأمامي والعكسي .

- اطلب إليهم استنتاج مفهوم الاتزان الكيميائي .

إجابة اختبار فهمك (١)

١- نعم ، للاتزان الدينامي أشكال أخرى غير الاتزان الكيميائي مثل :

أ- اتزان حالة : ويحدث هذا الاتزان بين حالتين لنفس المادة كالاتزان بين الماء السائل والماء الجليدي في الأماكن الباردة (القطبية مثلاً) .

ب- اتزان الذائبية : ويحدث بين المادة الذائبة ونفس المادة في صورة غير ذائبة، وهذا ما يظهر في المحاليل فوق المشبعة أو عند ترسيب مادة ما في سائل .

٢- نعم ، الاتزان يعني أن تتساوى سرعتي التفاعلين الأمامي والعكسي ، بغض النظر عن ثبات تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة .

٣- نعم ، يوجد هذا التفاعل في حالة اتزان ، وذلك لأنه يبدو أن التفاعل متوقف؛ لأن لون المحلول ثابت لا يتغير .

٧-٣ ثابت الاتزان : K The Equilibrium Constant

مخرجات التعلم:

١٢-٧-د : التعرّف على ثابت الاتزان K_C للتنبؤ بمدى حدوث التفاعل، وكتابة التغيرات الخاصة بقانون ثابت الاتزان لمعادلات كيميائية معلومة باستخدام الحد الأدنى من الأرقام الصحيحة .

١م-١٢-١ ط: التنبؤ بمدى حدوث التفاعل، وكتابة التغيرات الخاصة بقانون ثابت الاتزان لمعادلات كيميائية معلومة .

٤م-١٢-٢ أ: العمل مع أعضاء المجموعة تعاونياً لإجراء الاستقصاءات.

التقديم والتنظيم :

- مّهد للدرس عن طريق طرح السؤال الآتي : هل يمكن حساب الاتزان لتفاعل ما ؟ كيف؟
- ناقش الطلاب في إجاباتهم التي توصلوا إليها ، ثم قم بكتابة تفاعل متزن عام على السبورة ، واطلب إليهم تحديد العلاقة بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة .
- وّضح لهم أنه يمكن حساب قيمة ثابت الاتزان من خلال العلاقة التي تربط بين تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة .
- اطلب إليهم كتابة قانون ثابت الاتزان لتفاعل عام متزن .
- وجههم إلى ضرورة مراعاة كتابة الحالة الفيزيائية للمواد الداخلة في التفاعل عند كتابة التفاعل .
- اطلب إليهم تعريف مفهوم ثابت الاتزان بمعرفة قانون ثابت الاتزان .
- درّهم على كيفية كتابة علاقة ثابت الاتزان لعدد من التفاعلات الكيميائية .
- ا طرح عليهم السؤال الآتي : لماذا لا تظهر المواد السائلة والمواد الصلبة في علاقة ثابت الاتزان ؟ ناقشهم في إجاباتهم ، وتوصل معهم إلى أن تراكيز المواد السائلة والمواد الصلبة لا تتغير بتغير كمية المادة ، وبالتالي فإنها لا تكتب في علاقة ثابت الاتزان .

- وضح لهم أنه لا توجد وحدة قياس لثابت الاتزان .
- قسّم الطلاب إلى مجموعات ، ثم اطرح عليهم السؤال الآتي : ما فائدة حساب ثابت الاتزان ؟ ، استمع إلى إجاباتهم وسجلها على السبورة حتى إذا كانت خاطئة ، ثم توصل معهم على أن معرفة قيمة ثابت الاتزان تساعد في التنبؤ بكميات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند الاتزان .
- بطريقة التعلم بأسلوب الاكتشاف اسألهم كيف يمكن حساب ثابت الاتزان عند عكس معادلة التفاعل الكيميائي ، وزودهم بمجموعة من الأمثلة على ذلك .
- ناقشهم في قيمة ثابت الاتزان عندما تضرب معادلة التفاعل في معامل معين ، وأعطهم أمثلة تدريبية لطريقة حسابها .

إجابة اختبار فهمك (٢)

$$K_p = \frac{(P_{H_2})^4}{(P_{H_2O})} \quad -١$$

$$K_c = \frac{[Zn^{2+}]}{[Fe^{2+}]} \quad -٢$$

إجابة اختبار فهمك (٣)

- ١- في التفاعل ج الذي تكون قيمة K_c تساوي 4×10^3
- ٢- تعني أن تركيز المادة A أكبر من تركيز المادة B بعشرات مرات عند الاتزان.

٣- التفاعل لا يوجد في حالة اتزان ، وذلك لأن K_C أقل من حاصل ضرب تراكيز المواد الناتجة مقسومًا على حاصل ضرب تراكيز المواد المتفاعلة ، ويسير التفاعل نتيجة لذلك في الاتجاه العكسي .

٧-٤ حسابات ثابت الاتزان : *Calculations of the Equilibrium Constant*

مخرجات التعلم:

- ١٢-٧-هـ : إجراء عمليات حسابية على قيمة ثابت الاتزان K_C ، وتحديد تراكيز المواد التي تشترك في التفاعلات المتزنة .
- ٤م-١٢-٢ هـ: تبادل الأسئلة والأفكار حول حسابات ثابت الاتزان .

التقديم والتنظيم :

- استعرض مع الطلاب بعض الأمثلة والتطبيقات في كيفية حساب ثابت الاتزان بمعلومية تراكيز المواد، أو حساب تراكيز أحد المواد بمعلومية ثابت الاتزان .
- درهم على كيفية حساب ثابت الاتزان .
- وزعهم في مجموعات ، ثم أعطهم مجموعة من المسائل المتنوعة على حساب ثابت الاتزان، واطلب إليهم الإجابة عليها ، ثم ناقشهم في إجاباتهم .

إجابة اختر فهمك (٤)

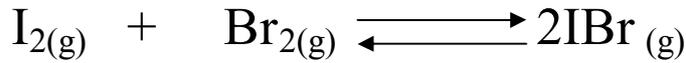
$$K_C = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]}$$

١- بالتعويض في العلاقة :

$$32 = \frac{[0.70][0.80]}{[PCl_5]}$$

$$[PCl_5] = 1.75 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

٢ - أ -



ب- عدد مولات كل من I_2 ، Br_2 قبل التفاعل تساوي 4 mol وعدد مولات IBr تساوي صفر .

أما عند الاتزان فإن :

$$[IBr] = 3.38 \text{ M}$$

$$[Br_2] = [I_2] = 0.31 \text{ M}$$

نكتب تركيز كل مادة في بداية التفاعل وعند الاتزان كما في الجدول الآتي:

معادلة التفاعل الموزونة	$I_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2IBr_{(g)}$		
التركيز في بداية التفاعل	2	2	صفر
بفرض أن: التغير في التركيز	- X	- X	+2X
التركيز عند الاتزان	2 - X	2 - X	2X

وبما أن تركيز يوديد البروم عند الاتزان يساوي 3.38 mol/L فإن :

$$[IBr] = 2X$$

$$3.38 = 2X$$

$$X = 1.69$$

إذاً :

ومنه يحسب تركيز كل من اليود والبروم عند الاتزان كالآتي :

$$[\text{Br}_2] = [\text{I}_2] = 2-X$$

$$[\text{Br}_2] = [\text{I}_2] = 2-1.69 = 0.31 \text{ mol/L}$$

وبالتعويض عن قيمة التركيز عند الاتزان في تعبير ثابت الاتزان :

$$K_C = \frac{[\text{IBr}]^2}{[\text{I}_2][\text{Br}_2]}$$
$$K_C = \frac{(3.38)^2}{(0.31)(0.31)}$$

$$K_C = 118.8$$

إذاً :

خلفية علمية (١) : قانون فعل الكتلة وثابت الاتزان

في التفاعل العام الآتي :



ومع افتراضنا بأن التفاعل الأمامي يحدث في اتجاه واحد ، وأن التفاعل العكسي يحدث في عكس ذلك الاتجاه ، فإن قانوني المعدل للتفاعل الأمامي هو :—

$$R_f = K_f [A]^a [B]^b$$

ومعدل التفاعل العكسي هو :—

$$R_r = K_r [C]^c [D]^d$$

حيث R (Rate) معدل التفاعل والحروف f (forward) r

(reverse) تشير إلى أمامي وعكسي على التوالي .

ونستطيع التعبير عما سبق رياضياً كما يلي :—

$$R_f = R_r \quad \text{عند الاتزان :}$$

وبالتعويض عن قيم R_f و R_r فإن :

$$K_f [A]^a [B]^b = K_r [C]^c [D]^d \quad **$$

وبإعادة ترتيب المعادلة ** ، بوضع التراكيز في جانب والثوابت في جانب آخر ، وقد تم الاتفاق

على أن يكون ثابت الاتزان K_c يساوي :

$$\frac{K_f}{K_r}$$

، ومنه فإننا نحصل على الآتي :

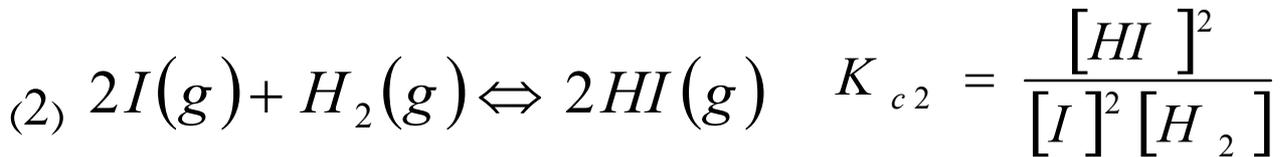
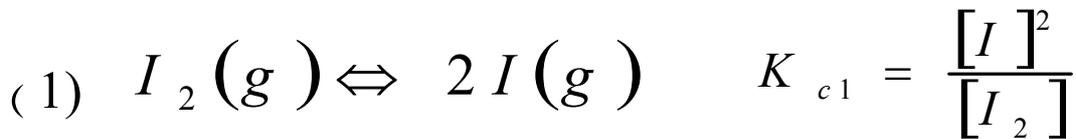
$$\frac{K_f}{K_r} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

حيث $[A]$ و $[B]$ و $[C]$ و $[D]$ عبارة عن تراكيز المواد عند الاتزان (بالمول / لتر) ،
بينما a و b و c و d عبارة عن معاملات المواد أو عدد المولات المواد المتفاعلة والناجمة في المعادلة
الموزونة التي تمثل التفاعل . بينما يسمى الثابت K_c ثابت الاتزان للتفاعل **equilibrium constant** .

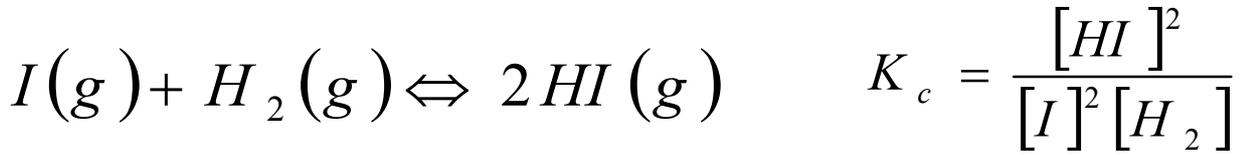
وهناك في الواقع العملي تفاعلات تتكون من أكثر من خطوة واحدة. فهل تستطيع حساب
قيمة ثابت الاتزان لتفاعل يتكون من خطوتين من معرفتنا لثابت الاتزان لكل خطوة ؟ الجواب ،
نعم . والمثال التالي يوضح ذلك :

يتفاعل اليود I_2 مع الهيدروجين H_2 لإعطاء يوريد الهيدروجين HI ، ويتم التفاعل

حسب الخطوتين التاليتين :



والتفاعل الكلي هو حاصل جمع الخطوتين 1 و 2 كما يلي :—



والآن ، ما العلاقة بين ثابت الاتزان K_c للتفاعل الكلي وثابتي اتزان الخطوتين الذين يكونانه

؟ تعطى تلك العلاقة بالمعادلة الآتية :

$$K_c = K_{c1} \cdot K_{c2}$$

إذ إن :

$$K_{c1} \cdot K_{c2} = \frac{[I]^2}{[I_2]} \times \frac{[HI]^2}{[I]^2 [H_2]} = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = K_c$$

أي أن ثابت الاتزان للتفاعل الكلي يساوي حاصل ضرب ثوابت الاتزان للخطوات المختلفة المكونة للتفاعل .

٥-٧ العوامل المؤثرة على الاتزان : *Factors Affecting Equilibrium*

مخرجات التعلم:

١٢-٧-ج: التنبؤ وصفياً بالتغيرات التي تحدث في الأنظمة المتزنة وتأثيرها على ثابت الاتزان

مثل : درجة الحرارة ، التركيز ، الضغط ، العامل الحفاز .

١٢-٧-ز : استخدام بيانات ومنحنيات التراكيز للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة في الحالة

الغازية لتفسير التغيرات التي تحدث في درجة الحرارة، وتركيز المواد بمرور الزمن .

١م-١٢-١ي : التنبؤ بأثر العوامل المختلفة على الاتزان لتفاعل ما باستخدام مبدأ لوشاتيليه.

١م-١٢-٢ط : تصميم تجربة للتعرف على أثر تغير التركيز على موضع الاتزان.

١م-١٢-٢ي : تصميم تجربة لاستقصاء أثر الضغط على موضع الاتزان.

١م-١٢-٢ك : تصميم تجربة عملية توضح أثر درجة الحرارة في الاتزان الكيميائي.

١م-١٢-٣ك : اختيار واستخدام الأجهزة المناسبة بشكل صحيح لتأدية تجربة تطبيق مبدأ

لوشاتيليه.

٢م-١٢-١و : إجراء تجارب عملية لدراسة التغير في العوامل المؤثرة على الاتزان .

- م ٢-١٢-٢ و : إنشاء رسومات توضيحية توضح نتائج تجارب أثر تغير كل من درجة الحرارة والتركيز على الاتزان الكيميائي بمرور الزمن .
- م ٢-١٢-٣ ك : تفسير أثر التغير في كل من التركيز ودرجة الحرارة على الاتزان الكيميائي من خلال مبدأ لوشاتيليه والأشكال البيانية .
- م ١-١٢-٤ ح : تبادل الأفكار مع الآخرين حول ربط العلاقة بين أثر تغير كل من درجة الحرارة، والتركيز على حالة الاتزان .

١- التركيز **Concentration** :

التقديم والتنظيم:

- استرجع مع الطلاب العوامل التي تؤثر على سرعة التفاعل الكيميائي.
- اطرح اليهم الأسئلة الآتية : ما العوامل التي يمكن أن تؤثر على حالة الاتزان لتفاعل متزن ؟ وهل تتوقع أن تتأثر حالة الاتزان بالعوامل نفسها التي تؤثر على سرعة التفاعل الكيميائي ؟
- ناقشهم فيما توصلوا إليه من إجابات وتوقعات .
- وضح لهم الدور الكبير الذي قام به العالم الفرنسي هنري لوشاتيليه في التوصل والتنبؤ بأثر العوامل المختلفة على حالة الاتزان .
- اطلب إليهم استنتاج مبدأ لوشاتيليه .
- اطلب إليهم تنفيذ الاستكشاف (١)، واستنتاج أثر تغير التركيز على حالة الاتزان .
- يمكنك توضيح أثر تغير التركيز على حالة الاتزان عن طريق إتباع أسلوب التعلم بالاستقصاء مستعينا بالاستكشاف (١) ، ويتم كالاتي :
- * اعرض عليهم السؤال العلمي : ما مدى أثر تغير التركيز على حالة الاتزان لتفاعل ما ؟
- * اطلب إليهم إكمال الجدول التالي للإجابة عن السؤال السابق بالاستقصاء العلمي .

العوامل التي يمكن استقصاؤها :
العامل المراد استقصاؤه :
فرضية الاستقصاء (التنبؤ) :
المتغير المستقل (الذي نريد قياسه) :
المتغير التابع (الذي نريد قياسه) :
المتغيرات المضبوطة :
المواد والأدوات اللازمة :
إجراءات الأمن والسلامة :
خطوات تنفيذ الاستقصاء :
النتائج :
تفسير النتائج :
المقارنة بين النتيجة والفرضية :
التحسينات المقترحة :

*يمكنك الاستعانة بمشرف المادة لمساعدتك في استخدام هذه الطريقة للتدريس .

- مستعيناً بلوحة ورقية أو التقنيات المتوفرة في المدرسة ، ناقشهم في التفاعل المذكور في الكتاب لتوضيح أثر تغير التركيز على موضع الاتزان .

- باستخدام أسلوب العصف الذهني أو التفكير التقاربي اطلب إليهم تقديم تفسير حول عدم تأثر قيمة ثابت الاتزان عند تغير التركيز .

- وضح لهم أن قيمة ثابت الاتزان لا تتغير مهما تغير التركيز، والسبب في ذلك أن مجرد حدوث تغير تركيز أحد المواد المتفاعلة أو أحد المواد الناتجة سرعان ما يقوم النظام بتعديل نفسه بحيث يعوض النقص في التركيز بنفس المقدار الذي تغير .

استكشاف (١) : تغير التركيز

الإعداد المسبق : بالتعاون مع فني المختبر جّهب المواد والأدوات اللازمة لتنفيذ الاستكشاف .
الزمن : ٢٥ دقيقة.

حجم المجموعة : ٥-٦ طلاب .

الإجراءات:

- ١- اطلب إليهم تنفيذ خطوات الاستكشاف بدقة .
- ٢- اطلب إليهم تسجيل ملاحظاتهم في دفاترهم .
- ٣- اطلب إليهم الإجابة عن أسئلة التحليل والتفسير، وذلك من خلال العمل التعاوني في مجموعات .
- ٤- ناقشهم فيما توصلوا إليه من ملاحظات ونتائج وإجابات لأسئلة التحليل والتفسير ، مع إعطائهم التغذية الراجعة .

التحليل والتفسير:

- ١- لا يتغير اللون البرتقالي لمحلول داكرومات البوتاسيوم عند إضافة قطرات من HCl ، ولكن عند إضافة محلول القاعدي ($NaOH$) يتغير لون محلول داكرومات البوتاسيوم من اللون البرتقالي إلى اللون الأصفر .
- ٢- نعم ، وذلك لأن التغير في تركيز أحد المواد يخل بحالة الاتزان .
- ٣- يكون محلول كرومات البوتاسيوم ثابتاً في الوسط القاعدي ، أما في الوسط الحمضي يتحول إلى داكرومات البوتاسيوم .

إجابة اختبار فهمك (٥)

- ١- يسير التفاعل في الاتجاه الأمامي (إلى اليمين باتجاه المواد الناتجة) .
- ٢- يسير التفاعل في الاتجاه الأمامي (إلى اليمين باتجاه المواد الناتجة) .
- ٣- يسير التفاعل في الاتجاه العكسي (إلى اليسار باتجاه المواد المتفاعلة) .

٢- الضغط Pressure :

- التقديم والتنظيم:

- باستخدام لوحة ورقية أو شفافية توضح التفاعل المذكور في الكتاب (إنتاج غاز الأمونيا) ، ناقش الطلاب حول أثر تغير الضغط على موضع الاتزان.
- وضح لهم العلاقة بين أثر تغير الضغط والحجم على حالة الاتزان.
- وضح لهم أن أثر الضغط يكون فقط في التفاعلات الغازية المترنة.
- يمكنك توظيف طريقة (تنبأ ، فسر ، لاحظ ، فسر) في حالة تنفيذ الاستكشاف الإثرائي التالي ، وذلك بمطالبتهم بتسجيل توقعاتهم الأولية حول نتائج الاستكشاف ، وتقديم تفسيرات لها ، ثم البدء بتنفيذ الاستكشاف ، وتسجيل الملاحظات وتفسيرها مجدداً ، حيث يمكنك الاستعانة بالمخطط التالي للطريقة المذكورة :

فسر	لاحظ	فسر	تنبأ

استكشاف إثرائي : أثر الضغط

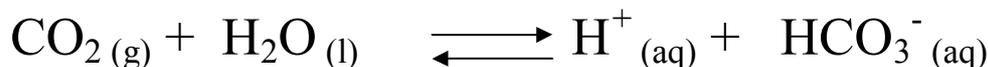
الهدف من الاستكشاف : استقصاء أثر الضغط على موضع الاتزان

المواد والأدوات : ماء مقطر ، كاشف البروثايمول الأزرق (HBb) ، محقن ، خليط

بيكربونات الصوديوم مع ثاني أكسيد الكربون ، عدد (2) كأس زجاجي سعة 100 mL .

ملاحظة: يمكن الحصول على مخلوط بيكربونات الصوديوم وثاني أكسيد الكربون بإمرار غاز

ثاني أكسيد الكربون عن طريق النفخ في المحلول لمدة كافية من الزمن حسب المعادلة الآتية :



الإجراءات :

١- ضع 25 mL من مخلوط بيكربونات الصوديوم وثاني أكسيد الكربون في كأس زجاجية

سعتها 100 mL .

٢- أضف ثلاث إلى أربع قطرات من كاشف الثايمول الأزرق إلى الخليط الموجود في الكأس الزجاجية . سجّل ملاحظاتك .

٣- اسحب بواسطة المحقن بعض مكونات الخليط ، ثم أغلق فوهة المحقن بقطعة من الفلين مباشرة . سجّل ملاحظاتك .

٤- اضغط ببطء مكبس المحقن . لاحظ التغير في اللون .

التحليل والتفسير :

١- كيف يؤثر الضغط على التغير في اللون ؟

٢- يمثل كاشف الثايمول الأزرق بالرمز HBb(aq) . اكتب معادلات الاتزان الممكنة لهذا الكاشف .

- لجذب وإثارة انتباه الطلاب وتنمية تفكيرهم اطرح عليهم السؤال الآتي :
هل تتأثر قيمة ثابت الاتزان عند تغير الضغط لتفاعل متزن ؟ وضح ذلك .

٣- درجة الحرارة Temperature :

- التقديم والتنظيم :

- يمكنك بدء الدرس بمراجعة ما درسوه الطلاب عن التفاعلات الماصة للحرارة والتفاعلات الطاردة للحرارة من خلال طرح بعض الأسئلة مثل :

١- ما الفرق بين التفاعلات الماصة للحرارة والتفاعلات الطاردة للحرارة ؟

٢- أين تكتب الطاقة في معادلة التفاعل الماص للحرارة ؟

٣- أين تكتب الطاقة في معادلة التفاعل الطارد للحرارة ؟

- من خلال الاستعانة بالتقنيات المتوفرة في المدرسة أو استخدام لوحة ورقية توضح التفاعلات الموجودة في الكتاب ، ناقش معهم أثر درجة الحرارة على موضع الاتزان .

- وضح لهم العلاقة بين أثر درجة الحرارة وتغير تركيز المواد للتفاعلات المتزنة بمرور الزمن ، مسعيناً بلوحة ورقية أو شفافية لتوضيح ذلك .

- دَرِّبهم على مهارة قراءة وتحليل الرسوم والأشكال البيانية والربط بين المفاهيم التي تتناولها تلك الأشكال .

- اطلب إليهم العمل في مجموعات لتوضيح أثر درجة الحرارة على قيمة ثابت الاتزان .

- اعرض على شفافية أو لوحة ورقية ملخصاً للعوامل المؤثرة على الاتزان ، واستعن في ذلك بالشكل الموجود في الكتاب ، ثم اطلب إليهم بمساعدتك تكوين خارطة مفاهيم ، بحيث تشمل العوامل المؤثرة على الاتزان ، وفيما يلي مقترح لهذه الخارطة :

- اطلب إليهم تنفيذ الدرس العملي السابع ، ثم ناقشهم فيما توصلوا إليه من ملاحظات ونتائج وإجابات لأسئلة التحليل والتفسير .

إجابة اختبار فهمك (٦)

- ١

أ- كما هو موضح في الشكل فإن تقليل درجة الحرارة تنتج حالة اتزان جديدة يقل فيها تراكيز المواد الناتجة ويزداد تراكيز المواد المتفاعلة؛ مما يجعل قيمة ثابت الاتزان تقل عند تخفيض درجة الحرارة .

ب- يرسم باليد أو الكمبيوتر .

الدرس العملي السابع : تطبيق مبدأ لوشاتيليه

أولاً : أثر التركيز

الإجراءات :

١- يتحول المزيج إلى اللون الأخضر الداكن .

٣- يتحول اللون إلى اللون البرتقالي المصفر .

٤- يتحول اللون إلى اللون الأزرق الداكن .

ثانياً : درجة الحرارة

الإجراءات :

- ١- نحصل على محلول مخفف من كلوريد الكوبالت لونه زهري (وردي فاتح) .
- ٢- يخفت اللون الزهري قليلا (تقل شدة اللون) .
- ٣- يتحول اللون الزهري إلى اللون البنفسجي .
- ٥- يتحول اللون البنفسجي إلى اللون الزهري .

ثالثاً : أثر الضغط

الإجراءات :

- ١- يحدث تفاعل كيميائي قوي ويتصاعد غاز NO_2 .
- ٣- لون الغاز بني محمر .
- ٤- تقل شدة اللون البني المحمر (يخفت اللون) .

التحليل والتفسير :

- ١- زيادة تركيز أحد المواد يدفع التفاعل في اتجاه تقليل تركيز هذه المادة والعكس صحيح .



عديم اللون بني محمر

بزيادة الضغط يندفع التفاعل في اتجاه تكوين N_2O_4 (عديم اللون)، ولذلك تخفت شدة

اللون البني المحمر .

- ٤- التفاعل ماص للحرارة ، وذلك لأن خفض درجة الحرارة يدفع التفاعل في الاتجاه العكسي ، وهو اتجاه تكوين كلوريد الكوبالت ذو اللون الوردي .
- ٥- العامل المساعد لا يؤثر على موضع الاتزان ، وذلك لأنه يقلل طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي وطاقة التنشيط للتفاعل العكسي بنفس المقدار .
- ٦- نعم تتفق ، وذلك بسبب النتائج التجريبية التي حصلت عليها من إجراء التجربة .

٤- العامل الحفاز (المساعد) : Catalyst :

التقديم والتنظيم:

- استرجع مع الطلاب أثر العامل الحفاز على سرعة التفاعل الكيميائي ، وذلك من خلال طرح الأسئلة الآتية :

١- ما المقصود بالعامل الحفاز ؟

٢- ما خصائص العامل الحفاز ؟

٣- كيف يعمل العامل الحفاز على خفض طاقة التنشيط ؟

- وضح لهم بالرسم أو بعرض شفافية توضح الشكل (٧-١٣) أثر العامل الحفاز على حالة الاتزان لتفاعل ما .

- ناقشهم حول أثر العامل الحفاز على قيمة ثابت الاتزان .

- اعرض على شفافية أو لوحة ورقية ملخصاً للعوامل المؤثرة على الاتزان ، واستعن في ذلك بالشكل الموجود في الكتاب ، ثم اطلب إليهم بمساعدتك في تكوين خارطة مفاهيمية ، بحيث تشمل العوامل المؤثرة على الاتزان.

خلفية علمية : العوامل المؤثرة على الاتزان

هنالك ثلاثة عوامل تؤثر على نظام ما في حالة اتزان، واحد فقط منها يغير قيمة K_c وهو التغير في درجة الحرارة. فتغير التركيز أو الضغط (الحجم) يمكن أن يغير تراكيزات الاتزان للمخلوط المتفاعل، ولكنه لا يغير قيمة ثابت الاتزان.

ويمكن توضيح ذلك من خلال دراسة تأثير الزيادة المفاجئة لتركيز H_2 في مخلوط الاتزان $H_2(g)$ ، $I_2(g)$ ، $HI(g)$. ولنفرض أن تراكيزات الاتزان كانت كالتالي :

$$[I_2] = 0.01M , [H_2] = 0.01M , [HI] = 0.07M$$

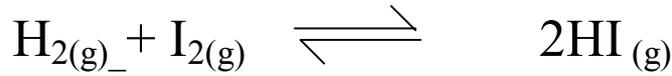
$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{(0.07)^2}{0.01 \times 0.01} = 49$$

عند درجة حرارة معينة)

وعند زيادة $[H_2]$ إلى الضعف ، فإن :

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{(0.07)^2}{(0.02)(0.01)} = 24.5$$

وفي هذه الحالة فإن النظام لا يكون في حالة اتزان ، ولكي يحافظ النظام على الاتزان؛ فلا بد من رفع تركيز HI وخفض تركيز كل من H_2 ، I_2 وهذا يتحقق بواسطة تحول بعض H_2 ، I_2 في المخلوط إلى HI .



وقد وجد عمليا أنه عندما يصل النظام إلى حالة الاتزان الجديدة، فإنه يكون :

$$[HI] = 0.076 \text{ M} , [H_2] = 0.017 \text{ M} , [I_2] = 0.007 \text{ M} , \text{ وفي هذه الحالة}$$

فإن :

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{(0.076)^2}{(0.017)(0.007)} \cong 49$$

ماذا تستنتج ؟

إجابة اختبار فهمك (٧)

أ- رفع درجة الحرارة ، تقليل الضغط .

ب- تقل كمية الأمونيا .

ج- يزداد تركيز كل من الأمونيا وكبريتيد الهيدروجين .

٦-٧ تطبيقات عملية على الاتزان وأهميته في العمليات الكيميائية : *Chemical Application of Equilibrium*

مخرجات التعلم:

١٢-٧- و: تحليل العلاقة بين المعرفة العلمية والتطور التقني في تطبيقات عملية الاتزان، وأهميته في العمليات الكيميائية .

١٢-٧- ح : تفسير كيفية استخدام التقنيات لحل مشكلة ملوثات الهواء .

٢م-١٢-٣ أ : اختيار المعلومات من مصادر إعلامية ومطبوعة لإعداد وثائق وتقارير حول ملوثات الهواء وطرق معالجتها .

٤م-١٢-١ ط : تبادل الأفكار مع الآخرين حول التطبيقات العملية والتعاونية على الاتزان.

التقديم والتنظيم:

- اطلب إلى الطلاب العمل في مجموعات ، ثم ناقشهم في أهمية الاتزان في العمليات الكيميائية وتطبيقاته الصناعية .

- استعن بوسيلة تعليمية مناسبة لتوضيح طريقة هابر لصناعة الأمونيا.

- ناقشهم حول الأسباب التي تؤدي إلى تلوث الهواء .

- وجههم للبحث في المصادر والمراجع بهدف كتابة تقرير عن دور وزارة البيئة والشؤون المناخية لتقليل من تلوث الهواء بالغازات الضارة.

إجابات أسئلة الفصل

السؤال الأول :

- ١ - أ) درجة الحرارة .
- ٢ - ج) تكون سرعة التفاعل الأمامي مساوية لسرعة التفاعل العكسي .
- ٣ - أ) التفاعل يندفع في اتجاه تكوين المواد الناتجة .
- ٤ - ب)
$$K_c = \frac{[SO_2]^2 [O_2]}{[SO_3]^2}$$
- ٥ - ب) تركيز بخار الماء < تركيز غازي الهيدروجين والأكسجين .
- ٦ - ب) يندفع في الاتجاه العكسي .
- ٧ - ج) $SO_2(g)$ ، $CO_2(g)$ ، $O_2(g)$.
- ٨ - ج) تركيز المواد الناتجة < من تركيز المواد المتفاعلة .
- ٩ - د) 3.2 .
- ١٠ - أ) $CO(g) + 2H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(l)$.
- ١١ - ج) تقليل الضغط .
- ١٢ - أ) 0.4 .
- ١٣ - د) سحب SO_2 .

السؤال الثاني :

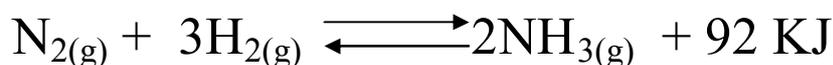
١- أ) جميع تفاعلات التفكك تفاعلات تامة (غير منعكسة) عندما تحدث في وعاء مفتوح؛ وذلك لتكون غازات مثل نترات النحاس الذي يؤدي إلى خروج غازي NO_2 و O_2 من حيز التفاعل الذي يتم في وعاء مفتوح .



ب) لأن التفاعل يكون مستمراً في الاتجاهين الأمامي والعكسي ، على الرغم من تساوي سرعة التفاعل الأمامي والتفاعل العكسي .

ج) لأن تركيزها لا يتغير ، يظل ثابتاً تقريباً مهما تغيرت كميتها .

د) حتى تكتسب الجزيئات طاقة التنشيط اللازمة لبدء التفاعل .



ولأن خفض درجة الحرارة من التفاعل الطارد للحرارة المتزن ينتج عنه دفع التفاعل في الاتجاه

الأمامي (اتجاه تكوين الأمونيا) الذي ينتج فيه حرارة .

-٢

المؤثر	المتأثر	أثر التغير
سحب H_2	كتلة C_2H_2	تزداد
إضافة C_2H_2	K_C	لا يتغير
رفع درجة الحرارة	كتلة C_2H_4	تزداد
نقص الضغط	K_C	لا يتغير
إضافة C_2H_4	كتلة H_2	تزداد

السؤال الثالث :

$$K_p = \frac{(P_{CO}) (P_{H_2})^3}{(P_{CH_4}) (P_{H_2O})^3} \quad (أ - ١)$$

- (ب) * زيادة الضغط : لا تتأثر قيمة K_p .
* زيادة درجة الحرارة : تزداد قيمة K_p .
* إضافة العامل الحفاز : لا تتأثر قيمة K_p .

-٢

$$1- K_c = 1 \times 10^{-10}$$

$$2- K_c = (10^{10})^2 = 10^{20}$$

٣- عند رفع درجة الحرارة وحسب مبدأ لوشاتيليه فإن التفاعل سوف يندفع في الاتجاه الماص للحرارة، وعليه فإن عملية تكوين الماس سوف تستفيد من درجة الحرارة العالية .

السؤال الرابع :

- (أ) -١ التفاعل ماص للحرارة ، لأن التفاعل يتم عند درجة الحرارة فوق العادية .
(ب) من معادلة ثابت الاتزان :

$$K_p = \frac{(P_{N_2O_4})}{(P_{NO_2})^2}$$

بالتعويض نجد أن :

$$K_p = \frac{0.6}{(0.6)^2}$$
$$K_p = 1.67$$

٢- أ) ثابت الاتزان عند كل تجربة يساوي 55.3 .

ب) تشير النتائج إلى ثبات قيمة ثابت الاتزان مع ثبات درجة الحرارة.

٣- أ) زيادة الضغط يؤدي إلى زيادة نسبة الأمونيا الناتجة .

ب) عند خفض درجة الحرارة فإن إنتاج الأمونيا في الوعاء يقل على الرغم من زيادة نسبة الأمونيا في المراحل الأخيرة .

ج) سوف يتم إنتاج الأمونيا بشكل بطيء جدًا ما لم يتم استخدام عوامل مساعدة لزيادة سرعة التفاعل وإنتاج المزيد من الأمونيا .

السؤال الخامس :

- ١

معادلة التفاعل الموزونة	$SO_2(g) + NO_2(g) \rightleftharpoons NO(g) + SO_3(g)$			
التركيز في بداية التفاعل	0.05	0.05	صفر	صفر
بفرض أن : التغير في التركيز	- X	- X	+ X	+ X
التركيز عند الاتزان	0.05 - X	0.05 - X	X	X

بالتعويض عن قيمة التركيز عند الاتزان في تعبير ثابت الاتزان :

$$K_C = \frac{[\text{NO}][\text{SO}_3]}{[\text{SO}_2][\text{NO}_2]}$$

$$75 = \frac{(X)^2}{(0.05-X)^2}$$

وبأخذ الجذر التربيعي لطرفي المعادلة نجد أن :

$$8.66 = \frac{X}{0.05-X}$$

وبحل هذه المعادلة نجد أن :

$$X = 0.045 \text{ mol/L}$$

إذا التراكيز عند الاتزان هي:

$$[\text{NO}_{(g)}] = [\text{SO}_{3(g)}] = 0.045 \text{ mol/L}$$

$$[\text{SO}_{2(g)}] = [\text{NO}_{2(g)}] = 0.05 - 0.045 = 0.005 \text{ mol/L}$$

٢- ب) إنتاج كمية أكبر من PCl_5 عند دفع المكبس في حالة الاتزان .

وذلك لأن زيادة الضغط يتجه التفاعل نحو عدد المولات الأقل أي باتجاه تكوين خامس

أكسيد الفسفور .

الفصل الثامن

الانزان في الأحماض والقواعد

Acid-Base Equilibrium

افتتاحية الفصل :

سوف يدرس الطالب في هذا الفصل الانزان الأيوني في الأحماض والقواعد ، وهو من أهم تطبيقات الانزان الكيميائي ، حيث أن كثيراً من المواد المعروفة تكون إما حمضاً أو قاعدة سواء أكانت قوية أم ضعيفة، وهي توجد دائماً على صورة محاليل مائية . كما سيتعرف إلى مفهوم كل من الحمض والقاعدة حسب نظرية برونستد-لوري وكذلك مفهوم زوج الحمض والقاعدة المرافق . وكبئية أساسية بدأ الفصل بتأين الماء ، والتوصل إلى العلاقة التي يمكن من خلالها حساب تركيز الأيونات في المحاليل المائية . بعد ذلك تم التطرق إلى تأين الأحماض الضعيفة والقواعد الضعيفة ، ومنها سيتعرف الطالب كيف تتأين هذه المركبات جزئياً في الماء كنتيجة للانزان الذي يحدث بين أيوناتها وجزئياتها التي لم تتأين في المحلول ، ومن ثم يستطيع حساب ثابت التأين للحمض الضعيف K_a ، وثابت التأين للقاعدة الضعيفة K_b . وسوف يدرس أيضاً الصفات الحمضية والقاعدية للأملاح ، وحاصل الإذابة وكيف يتم حسابه، وأهم تطبيقاته . وفي نهاية الفصل يتعرف الطالب إلى مفهوم المحاليل المنظمة ، وأهم التطبيقات العملية على الانزان في الأحماض والقواعد . وسيتعرف أيضاً من خلال دراسته للفصل بعض المصطلحات والمفاهيم الكيميائية الجديدة . وسيقوم بإجراء الاستكشافات والدروس العملية لهذا الفصل ، وذلك لتحقيق المخرجات المعرفية والمهارية .

٨-١ نظرية برونستد-لوري للأحماض والقواعد :
Bronsted-Lowry Theory of Acids and Bases

مخرجات التعلم المعرفية والمهارية:

- ١٢-٨-أ : استرجاع المفاهيم والمصطلحات الآتية : الرقم الهيدروجيني ، أيون الهيدرونيوم H_3O^+ ، pH ، pOH ، التعادل ، نظرية ارهينوس من حيث علاقتها بالأحماض والقواعد .
- ١٢-٨-ب : استخدام نظرية برونستد-لوري لتحديد الأحماض والقواعد كمواد مانحة ومستقبلة للبروتونات .
- ١٢-٨-ج : كتابة وتفسير معادلات برونستد-لوري للأحماض والقواعد، والتنبؤ فيما إذا كانت المواد المتفاعلة والمواد الناتجة تتجه نحو الأحماض والقواعد أحادية أو البروتون عديدة البروتون.
- ١٢-٨-د : التعرف على مفهوم الأزواج المرافقة في ضوء نظرية برونستد-لوري للأحماض والقواعد.
- ١٢-١-ك: تكوين توقعات وتنبؤات حول قوة الحمض والقاعدة اعتماداً على نظرية برونستد-لوري .
- ١٢-٤-ي: تبادل الأفكار مع الآخرين حول الربط بين نظريات الأحماض والقواعد مثل نظرية ارهينوس ونظرية برونستد-لوري .
- ١٢-٤-و: تبادل الأسئلة والأفكار حول مفهوم كل من الحمض ، القاعدة، زوج الحمض والقاعدة المرافق لنظرية برونستد-لوري .

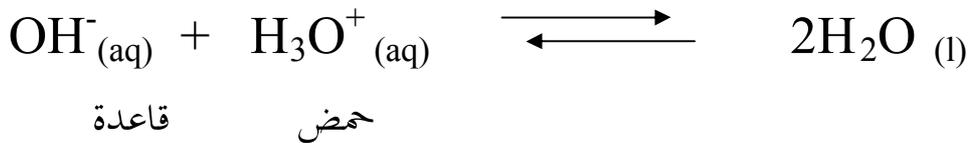
التقديم والتنظيم :

- مَّهد للدرس باسترجاع ما درسه الطلاب في الصفوف السابقة عن مفهوم كل من الحمض والقاعدة حسب نظرية ارهينوس ، واطلب إليهم ذكر بعض الأمثلة ، ثم اسألهم عن الاعتراضات حول نظرية ارهينوس للأحماض والقواعد ؟

- وضح لهم مفهوم كل من الحمض والقاعدة حسب نظرية برونستد-لوري ، واذكر بعض الأمثلة ، ويمكنك الاستعانة بالتقنيات المتوفرة في المدرسة لتوضيح ذلك .
- ناقشهم حول مفهوم الحمض المرافق والقاعدة المرافقة ، مع ذكر بعض الأمثلة التوضيحية .
- ارسم على السبورة الشكل (٨-٢) ، ووضح لهم تنافس كل من الحمض والقاعدة في الحصول على البروتون ، ويمكنك الاستعانة بالوسائل التي تراها مناسبة لتوضيح ذلك .
- ذكروهم بما درسوه في الصف الحادي عشر عن قوة الأحماض والقواعد ، واطرح عليهم السؤال الآتي : ما الأساس الذي تم من خلاله تصنيف قوة الأحماض والقواعد ؟ ثم اطلب إليهم توضيح إجاباتهم بكتابة معادلات كيميائية على ذلك .
- وضح لهم العلاقة بين قوة الحمض وقاعدته المرافقة وكذلك قوة القاعدة والحمض المرافق مستخدمًا معادلات كيميائية لعدد من التفاعلات الكيميائية لتوضيح ذلك .
- استعن بوسيلة تعليمية مناسبة مثل شفافية أو لوحة ورقية لتوضيح الشكل (٨-٣) ، وفي ضوء ذلك درّبهم على كيفية كتابة معادلات كيميائية باستخدام صيغ أزواج الأحماض والقواعد المرافقة لها، أو صيغ أزواج القواعد والأحماض المرافقة لها .

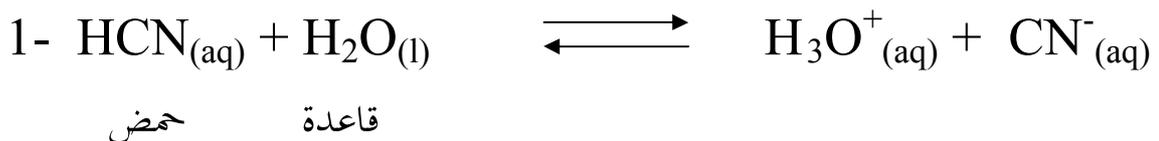
إجابة اختبار فهمك (١)

- ١- نعم ، حيث إن NaOH مادة أيونية تتفكك في الماء إلى أيونات Na^+ ، OH^- ، والأيون الذي يستقبل البروتون هو OH^- ، وبذلك فهو قاعدة برونستد-لوري :

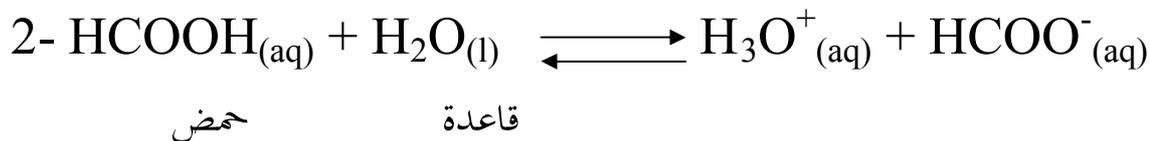


-٢

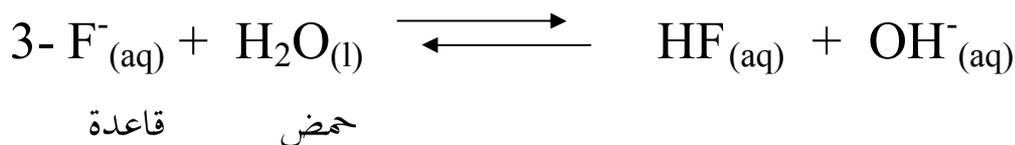
- في معادلات التفاعلات التالية حدد كلاً من الحمض والقاعدة حسب تعريف برونستد-لوري مبيّنًا سلوك الماء في كل منها :



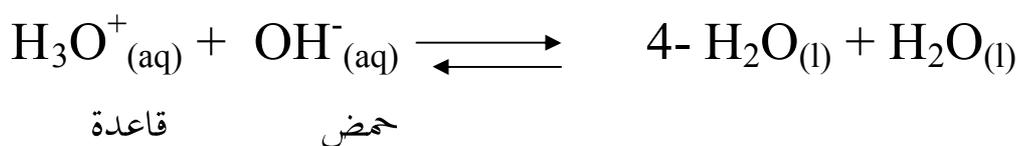
يسلك الماء سلوك القاعدة، لأنه يستقبل البروتون



يسلك الماء سلوك القاعدة، لأنه يستقبل البروتون



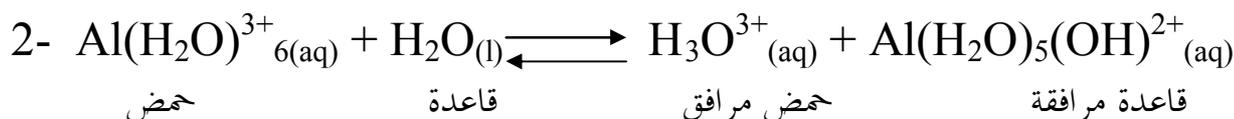
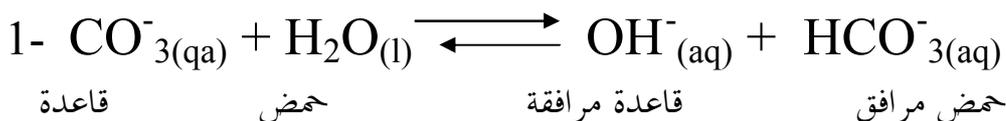
يسلك الماء سلوك الحمض لأنه يمنح البروتون



يسلك الماء سلوك الحمض والقاعدة معاً .

إجابة اختبار فهمك (٢)

- ١



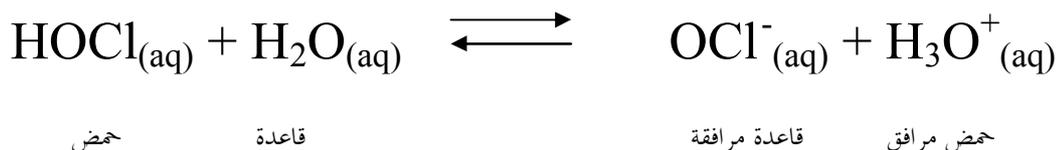
- ١

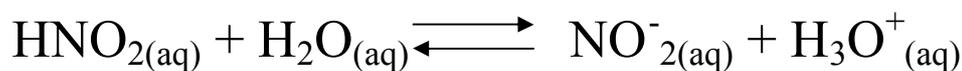
- ٢ أ) الحمض المرافق للقاعدة HPO_4^- هو : $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$

ب) القاعدة المرافقة للحمض H_2S هي : HS^-

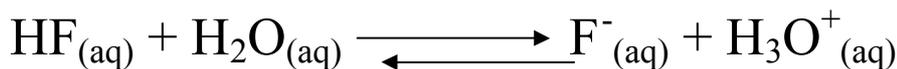
إجابة اختبار فهمك (٣)

- ١

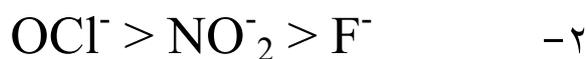




حمض مرافق قاعدة مرافقة حمض مرافق قاعدة مرافقة



حمض مرافق قاعدة مرافقة حمض مرافق قاعدة مرافقة



٢-٨ التآين الذاتي للماء : *The Autoionization of Water*

مخرجات التعلم المعرفية والمهارية:

١٢-٨- و : تعريف ثابت تأين الأحماض الضعيفة K_a ، ثابت تأين القواعد الضعيفة K_b ، التآين الذاتي للماء K_w وحساب كل منها بمعلومية تراكيز المواد في بداية التفاعل أو بمعلومية ثابت الاتزان لتحديد تراكيز المواد .

٤م-١٢-١ك: تبادل الأفكار مع الآخرين حول مفهوم التآين الذاتي للماء، وكيفية حساب كل من أيونات H^+ وأيونات OH^- عند الاتزان.

التقديم والتنظيم :

- ناقش الطلاب في معلوماهم السابقة عن تأين الماء ، من خلال طرح بعض الأسئلة مثل :

١- هل الماء النقي يوصل التيار الكهربائي ؟

٢- اكتب معادلة تأين الماء ؟

٣- بماذا يرمز لثابت تأين الماء ؟ وكم يبلغ مقداره ؟

- اعرض على شفافية أو لوحة ورقية أو على السبورة الجدول (٨-٢) الموجود في الكتاب ، ثم اطلب إليهم العمل في مجموعات لتوضيح العلاقة بين قيمة K_w ودرجة الحرارة .
- يمكنك استخدام وسيلة تعليمية مناسبة مثل لوحة ورقية ، لتوضيح لهم حالة الاتزان بين أيونات H^+ وأيونات OH^- من خلال الشكل (٨-٥) الموجود في الكتاب .
- درهم على كيفية استخدام العلاقة : $pH + pOH = 14$
- وذلك من خلال إعطائهم بعض التطبيقات والأمثلة عليها .

إجابة اختبار فهمك (٤)

$$pOH = - \log [OH^-] \quad -١$$

$$\begin{aligned} pOH &= - \log 3 \times 10^{-6} \\ &= - (\log 3 + \log 10^{-6}) \\ &= 6 - \log 3 \\ &= 6 - 0.48 \end{aligned}$$

$$pOH = 5.9$$

$$pH + pOH = 14 \quad -٢ \text{ بتطبيق العلاقة :}$$

$$pOH = 14 - 10.35 = 3.65 \quad \text{إذا :}$$

$$pOH = - \log [OH^-] \quad \text{ومن العلاقة :}$$

$$[OH^-] = 2.2 \times 10^{-4} \text{ M} \quad \text{إذا :}$$

وبما أن هيدروكسيد الصوديوم قاعدة قوية تامة التأين في الماء، فإن تركيزها هو نفس

تركيز أيون الهيدروكسيد OH^- وتساوي

$$2.2 \times 10^{-4} \text{ M} .$$

وبتطبيق العلاقات الآتية :

$$\text{عدد المولات} = \text{التركيز} \times \text{الحجم باللتر}$$

$$\text{NaOH عدد مولات} = (2.2 \times 10^{-4}) \times 2 = 4.4 \times 10^{-4}$$

الكتلة = عدد المولات \times كتلة المول

$$\text{NaOH كتلة} = (4.4 \times 10^{-4}) \times 40 = 0.0176 \text{ g}$$

٣-٨ الاتزان في محاليل الأحماض الضعيفة : *Equilibrium of weak Acids*

مخرجات التعلم المعرفية والمهارية:

١٢-٨-و : تعريف ثابت تأين الأحماض الضعيفة K_a ، ثابت تأين القواعد الضعيفة K_b ، التأين الذاتي للماء K_w وحساب كل منها بمعلومية تراكيز المواد في بداية التفاعل أو بمعلومية ثابت الاتزان لتحديد تراكيز المواد .

١٢-٨-ز : مقارنة القوى النسبية للأحماض والقواعد باستخدام قيم ثوابت الاتزان K_a ، K_b .

١م-١٢-٢ ل: تصميم تجربة لتعيين قيمة ثابت تأين الأحماض الضعيفة، أو ثابت تأين القواعد الضعيفة.

٢م-١٢-١ ز: تنفيذ خطوات تجربة وضبط متغيراتها لتحديد قيمة ثابت تأين الأحماض الضعيفة، أو قيمة ثابت تأين القواعد الضعيفة .

٣م-١٢-٢ ل : تفسير أنماط البيانات المستنبطة من قياس ثابت تأين الأحماض الضعيفة، أو القواعد الضعيفة .

٣م-١٢-٣ هـ: تقويم المخاطر التي قد تحدث في أثناء التعامل مع بعض المحاليل الملحية والأحماض والقواعد وبعض المواد المستخدمة في المختبر أو المنزل، وفي طريقة حفظها والتخلص منها .

٣م-١٢-٣ و: معالجة البيانات وتقديمها من خلال اختيار أدوات مناسبة مثل استخدام الآلات العلمية والحاسبات وقواعد المعلومات لتعيين ثابت تأين الأحماض الضعيفة .

م-٤-١٢-٢ ز: تبادل الأسئلة والأفكار حول حسابات ثابت تأين الأحماض الضعيفة والقواعد الضعيفة .

التقديم والتنظيم :

- ابدأ الدرس بمناقشة الطلاب في السؤال الآتي : قارن بين المواد الإلكتروليتية القوية والمواد الإلكتروليتية الضعيفة من حيث ذوبانها في الماء مع ذكر أمثلة لكل منها .
- استرجع معهم العلاقة بين تركيز الحمض القوي وأيونات H^+ ، وتركيز القاعدة القوية وأيونات OH^- وذكر أمثلة عليها .
- اطلب إلى كل مجموعة ذكر مثال على حمض ضعيف وكتابة معادلة تأينه ، ثم اطلب إليهم كتابة علاقة ثابت التأين للحمض الذي تم اختياره ، وناقش إجابات كل مجموعة مع بقية المجموعات الأخرى .
- وضح لهم أنه يمكن استخدام أيون H^+ بدلاً من أيون H_3O^+ بهدف التبسيط .
- اطلب إليهم التوصل إلى مفهوم ثابت تأين الحمض الضعيف ، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية :
 - ١- لماذا لا يظهر الماء عند كتابة ثابت تأين الحمض ؟
 - ٢- لماذا يعتبر الحمض هو المصدر الوحيد لأيونات H^+ ؟
- في حالة توفر شريط فيديو تعليمي عن ثابت تأين الأحماض الضعيفة في المدرسة ، يمكنك عرضه عليهم ، أو يمكنك عرض لوحة ورقية أو شفافية توضح ثوابت تأين الأحماض الضعيفة ، بعد ذلك ابدأ بطرح الأسئلة الآتية :
 - ١- ما المقصود بقوة الحمض ؟ وكيف يمكن قياسه ؟
 - ٢- ما تأثير درجة تأين الحمض على قيمة K_a ؟
 - ٣- ماذا تلاحظ لقوة الحمض عند الانتقال من أسفل إلى أعلى في الجدول الموضح على اللوحة أو الشفافية ؟

- ناقشهم في الأمثلة الموجودة في الكتاب حول كيفية حساب قيمة K_a ، ودرّبهم على طرق الحل الصحيحة وكيفية استخدام القانون بشكل صحيح، وذلك من خلال إعطائهم أمثلة كثيرة بأفكار متنوعة تنمي التفكير لديهم .
- وّضح لهم أن النقص في تركيز الحمض الضعيف يتم إهماله عند الحسابات إذا كان أقل من 10% ، وأعطهم أمثلة توضيحية على ذلك .
- استعن بوسيلة تعليمية مناسبة لتوضيح ثابت التأيّن للأحماض الضعيفة عديدة البروتون ، واطلب إليهم المقارنة بين قيم ثابت التأيّن لأحد الأحماض الضعيفة عديدة البروتون ، وناقشهم في الاستنتاجات التي توصلوا إليها .
- وّضح لهم كيف يتم حساب ثابت التأيّن للأحماض الضعيفة عديدة البروتون من خلال تزويدهم ببعض الأمثلة والتطبيقات الحسابية .
- اطلب إليهم تنفيذ الدرس العملي الثامن ، ثم ناقشهم فيما توصلوا إليه من ملاحظات ونتائج وإجاباتهم لأسئلة التحليل والتفسير .

الدرس العملي الثامن : قياس ثابت التأيّن (K_a) لحمض الإيثانويك

الإعداد المسبق : بالتعاون مع فني المختبر، جهز المواد والأدوات اللازمة لتنفيذ الاستكشاف .
حجم المجموعة: ٥-٦ طلاب.

الإجراءات :

٢- بهدف الحصول على نتائج دقيقة .

٣- نحصل على قراءة لقيمة pH تساوي 2.7

٧- سجّل نتائجك في الجدول الآتي :

K_a	$[H_3O^+_{(aq)}]$	pH	تركيز حمض CH_3COOH بوحدة mol/L
3.61×10^{-6}	1.9×10^{-3}	2.7	1.0
0.9×10^{-7}	0.3×10^{-3}	3.4	0.1
1.6×10^{-8}	1.3×10^{-4}	3.9	0.01

- ١- نعم ، هناك تباين بسبب اختلاف التراكيز المستخدمة .
 ٢- نعم ، تتباين بسبب أن التراكيز المستخدمة غير صحيحة .
 ٣- السبب في ذلك أن حمض الخليك تأينه ضعيف جداً ، بينما حمض النتريك تأينه قوي جداً .
 ٤- $K_a = 1 \times 10^{-6}$

إجابة اختبار فهمك (٥)

١- بتطبيق العلاقة :

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]}$$

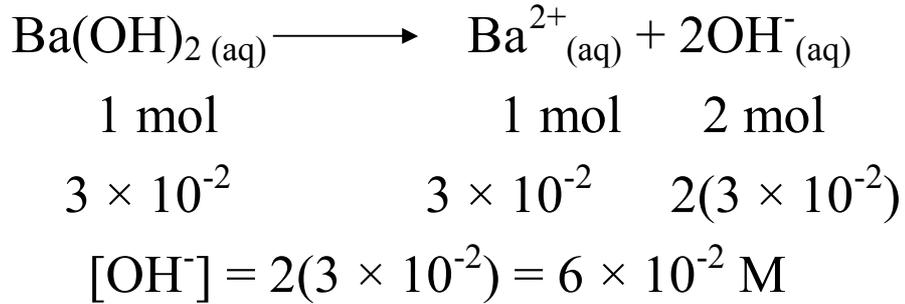
وبالتعويض نجد أن :

$$[OH^-] = 4 \times 10^{-4} \text{ M}$$

٢- $Ba(OH)_2$ مولات عدد = $2.6 \div 171 = 0.015 \text{ mol}$

$Ba(OH)_2$ تركيز = $0.015 \div 0.5 = 0.03 \text{ M}$

وهيدروكسيد الباريوم مادة متأينة قوية :



وبالتعويض في العلاقة :

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = 1.66 \times 10^{-13} \text{ M} \quad \text{نجد أن :}$$

$$\text{pH} = -\log [H^+] \quad \text{ومن العلاقة :}$$

$$\text{pH} = 12.8 \quad \text{نجد أن :}$$

إجابة اختبار فهمك (٦)

يحسب تركيز محلول الحمض HA كالتالي :

$$\text{HA تركيز الحمض} = 0.04 \div 0.4 = 0.1 \text{ M}$$

يحسب تركيز أيون $[H^+]$ باستخدام العلاقة :

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

$$[H^+] = 10^{-\text{pH}}$$

$$= 10^{-4.23}$$

$$[H^+] = 5.9 \times 10^{-5} \text{ M}$$

وبالرجوع إلى معادلة تأين الحمض :



نستنتج أن :

$$[H^+] = [A^-] = 5.9 \times 10^{-5} \text{ M}$$

ومن العلاقة الرياضية لحساب ثابت التأيين :

$$K_a = \frac{[A^-][H^+]}{[HA]}$$

إذا وبالتعويض :

$$K_a = \frac{(5.9 \times 10^{-5})^2}{0.1}$$

$$K_a = 3.5 \times 10^{-8}$$

٨-٤ الاتزان في محاليل القواعد الضعيفة : *Equilibrium of weak Bases*

مخرجات التعلم:

١٢-٨-و : تعريف ثابت تأين الأحماض الضعيفة K_a ، ثابت تأين القواعد الضعيفة K_b ، التأين الذاتي للماء K_w وحساب كل منها بمعلومية تراكيز المواد في بداية التفاعل أو بمعلومية ثابت الاتزان لتحديد تراكيز المواد .

١٢-٨-ز : مقارنة القوى النسبية للأحماض والقواعد باستخدام قيم ثوابت الاتزان K_a ،

K_b .

١٢-١٢-ل : تصميم تجربة لتعيين قيمة ثابت تأين الأحماض الضعيفة، أو ثابت تأين القواعد الضعيفة .

١٢-١٢-ز : تنفيذ خطوات تجربة وضبط متغيراتها لتحديد قيمة ثابت تأين الأحماض الضعيفة، أو قيمة ثابت تأين القواعد الضعيفة .

١٢-١٢-ل : تفسير أنماط البيانات المستنبطة من قياس ثابت تأين الأحماض الضعيفة أو القواعد الضعيفة .

١٢-١٢-هـ : تقويم المخاطر التي قد تحدث أثناء التعامل مع بعض المحاليل الملحية، والأحماض، والقواعد، وبعض المواد المستخدمة في المختبر أو المترل وفي طريقة حفظها والتخلص منها .

م-٤-١٢-٢ ز: تبادل الأسئلة والأفكار حول حسابات ثابت تأين الأحماض الضعيفة والقواعد الضعيفة .

التقديم والتنظيم :

- اطلب إلى كل مجموعة ذكر مثال على قاعدة ضعيفة وكتابة معادلة تأينها ، ثم اطلب إليهم كتابة علاقة ثابت التأين للقاعدة الذي تم اختياره، وناقش إجابات كل مجموعة مع بقية المجموعات الأخرى .

- اطلب إليهم التوصل إلى مفهوم ثابت تأين القاعدة الضعيفة .

- في حالة توفر شريط فيديو تعليمي عن ثابت تأين القواعد الضعيفة في المدرسة ، يمكنك عرضه عليهم ، أو يمكنك عرض لوحة ورقية أو شفافية توضح ثوابت تأين القواعد الضعيفة ، بعد ذلك ابدأ بطرح الأسئلة الآتية :

١- ما العلاقة بين K_b وقوة القاعدة ؟

٢- ما تأثير درجة تأين الحمض على قيمة K_b ؟

٣- ماذا تلاحظ لقوة القاعدة عند الانتقال من أعلى إلى أسفل في الجدول الموضح على اللوحة أو الشفافية ؟

- ناقشهم في الأمثلة الموجودة في الكتاب حول كيفية حساب قيمة K_b .

إجابة اختبار فهمك (٧)

يتأين المورفين حسب المعادلة :



يحسب $[H^+]$ من العلاقة :

$$pH = - \log [H^+]$$

$$[H^+] = 7.9 \times 10^{-11}M$$

ومنه نستنتج أن : $[\text{OH}^-] = 1.3 \times 10^{-4} \text{ M}$
 ويكون : $[\text{HC}_{17}\text{H}_{19}\text{NO}_3^+] = [\text{OH}^-] = 1.3 \times 10^{-4} \text{ M}$
 وبتطبيق العلاقة :

$$K_a = \frac{[\text{HC}_{17}\text{H}_{19}\text{NO}_3^+][\text{OH}^-]}{[\text{C}_{17}\text{H}_{19}\text{NO}_3]}$$

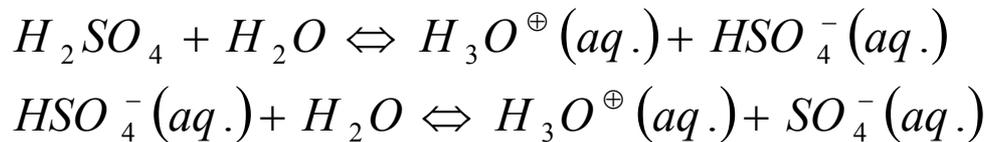
إذا وبالتعويض :

$$K_a = \frac{(1.3 \times 10^{-4})^2}{0.01}$$

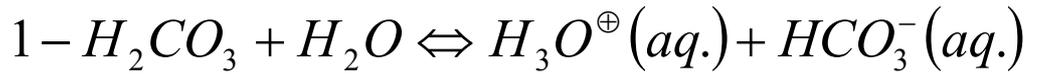
$$K_a = 1.7 \times 10^{-6}$$

خلفية علمية: الأحماض عديدة البروتونات :

الأحماض عديدة البروتونات هي الأحماض التي تحتوي على أكثر من بروتون واحد . فحمض الكبريتيك مثلا يستطيع أن يفقد بروتونين في المحاليل المائية ، وكذلك حمض الكربونيك H_2CO_3 وغيرها . بينما يستطيع حمض الفسفوريك H_3PO_4 أن يفقد ثلاثة بروتونات في المحاليل المائية . وبالطبع فإن الحمض العديد البروتونات لا يفقد بروتونات دفعة واحدة ، إنما يفقدها على مراحل . فالتأين الأول لحمض الكبريتيك H_2SO_4 ، على سبيل المثال ، يكون تاماً ، بينما التأين الثاني غير تام ، كما في المعادلات التالية :



وما يهمنا في هذا هو الأحماض الضعيفة عديدة البرتون . ومن الأمثلة على ذلك حمض الكربونيك H_2CO_3 . هناك ثابتا اتزان K_{a1} ، K_{a2} لهذا الحمض ، وذلك لأن الحمض يتأين على مرحلتين ، وهما :-



$$K_{a1} = \frac{[H_3O^+][HCO_3^{-}]}{[H_2CO_3]} = 4.2 \times 10^{-7} \text{ at } 25^{\circ} C$$

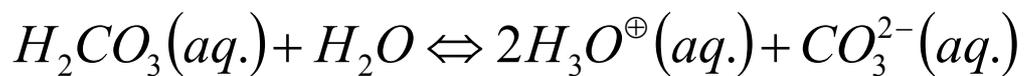


$$K_{a2} = \frac{[H_3O^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^{-}]} = 4.8 \times 10^{-11} \text{ at } 25^{\circ} C$$

نلاحظ من قيمتي K_{a1} و K_{a2} أن $K_{a2} < K_{a1}$ ، مما يعني أن البروتون الأول يفقد بسهولة أكثر من الثاني . وبشكل عام فإن K_{a1} تكون أكبر K_{a2} ، و K_{a2} أكبر من K_{a3} في الأحماض المتعددة البروتون.

والسؤال الذي يتبادر إلى الذهن هو : ما هي العلاقة بين ثابتي الاتزان ، وثابت الاتزان

K_a للتفاعل الكلي الذي ينتج من إضافة المعادلتين الأولى والثانية في التفاعل السابق ؟



$$K_a = \frac{[H_3O^+]^2[HCO_3^{2-}]}{[H_2CO_3]}$$

نلاحظ أن K_a يساوي حاصل ضرب K_{a1} و K_{a2}

$$K_{a1} \cdot K_{a2} = \frac{[H_3O^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} \times \frac{[H_3O^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} = K_a$$

أي أن القيمة العددية لثابت التأيين K_a تساوي 2.0×10^{-17} .

٥-٨ التميؤ : Hydrolysis

مخرجات التعلم:

- ١٢-٨-ح : التعرف على الصفات الحمضية والقاعدية لمحاليل الأملاح وتحديد سلوكها (تميؤ الأملاح) .
- ١م-١٢-١ل : مقارنة التنبؤات بالملاحظات في محاليل الأملاح .
- ١م-١٢-٣ل : استخدام مقياس pH لإيجاد تركيز أيون $[H^+]$ ، وتحديد طبيعة محاليل الأملاح .
- ٢م-١٢-١ح : تنفيذ تجربة للتعرف على سلوك محاليل الأملاح .
- ٣م-١٢-١أ : تصنيف الأملاح في كونها حمضية أم متعادلة أم قاعدية بناء على قيمة pH .
- ٣م-١٢-٢م : استخدام الجداول والرسوم البيانية ونتائج التجارب في تحديد وتفسير سلوك محاليل الأملاح وأثر الأيون المشترك .

التقديم والتنظيم :

- ناقش الطلاب حول معلوماتهم السابقة عن الأملاح ، وذلك من خلال طرح بعض الأسئلة مثل :
- ١- ما المقصود بالأملاح ؟
 - ٢- ما الطرق المستخدمة لتحضير الأملاح ؟
 - ٣- اذكر أنواع الأملاح من حيث ذوبانيتها في الماء موضحا بالأمثلة ؟

- اطلب إليهم تنفيذ الاستكشاف (١) ، ولتوضيح هذا الاستكشاف يمكنك الاستعانة باستخدام إحدى طرق التدريس الحديثة مثل : الشكل "V" المعرفي ، دورة التعلم ، التعلم بالاستقصاء ، وفي حالة لم تكن لديك الخبرة الكافية لتنفيذ مثل هذه الطرق حاول الاستعانة بمشرف المادة لتوضيح كيفية تنفيذها .

- توصل معهم إلى استنتاج مفهوم تميؤ الأملاح .

- مستعينا بالتقنيات المتوفرة في المدرسة ، وضح لهم بالمعادلات الكيميائية سلوك محاليل الأملاح في كونها حمضية أم قاعدية أم متعادلة، وزودهم بأمثلة كثيرة ومختلفة لبعض محاليل الأملاح، واطلب إليهم التعرف على سلوكها من خلال كتابة المعادلات أو تجريبها في المختبر .

- ناقشهم في العلاقة المستخدمة لحساب تركيز الأملاح وكذلك حساب ثابت تأينها ، ودرّبهم عليها من خلال إعطائهم تطبيقات حسابية متنوعة .

- لإثارة وجذب انتباههم ا طرح عليهم السؤال الآتي : كيف يمكن معرفة سلوك الأملاح المشتقة من حمض ضعيف وقاعدة ضعيفة ؟ وحتى تتأكد من إجاباتهم أعطهم أمثلة حسابية على ذلك .

استكشاف (١) : دراسة سلوك محاليل الأملاح .

الإعداد المسبق : بالتعاون مع فني المختبر جهز المواد والأدوات اللازمة لتنفيذ الاستكشاف .
الزمن : ٢٠ دقيقة.

حجم المجموعة : ٥-٦ طلاب.

الإجراءات:

- ١- اطلب إليهم تنفيذ خطوات الاستكشاف بدقة .
- ٢- اطلب إليهم تسجيل ملاحظاتهم في دفاترهم .
- ٣- اطلب إليهم الإجابة عن أسئلة التحليل والتفسير، وذلك من خلال العمل التعاوني في مجموعات .
- ٤- ناقشهم فيما توصلوا إليه من ملاحظات ونتائج وإجابات لأسئلة التحليل والتفسير ، مع إعطائهم التغذية الراجعة .

٥- يتم إكمال الجدول كآآتي :

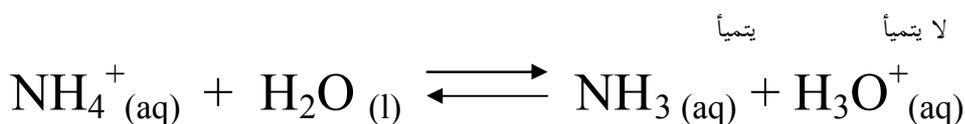
المح	صيغة الشق	صيغة الشق	قيمة pH لمحلول الملح	أثر محلول الملح على ورق تباع الشمس
كلوريد الصوديوم	الموجب	السالب	7	لا يؤثر
خلات الصوديوم	Na ⁺	CH ₃ COO ⁻	أكبر من 7	يزرق ورق تباع الشمس
كلوريد الأمونيوم	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	أقل من 7	يحمّر ورق تباع الشمس
	NH ₄ ⁺	CH ₃ COO ⁻	7	لا يؤثر

التحليل والتفسير:

١- كلوريد الصوديوم : متعادل ، خلات الصوديوم : قاعدي

كلوريد الأمونيوم : حمضي ، خلات الأمونيوم : متعادل

٢- يستنتج الطالب الترتيب من القياس العملي لقيم pH .



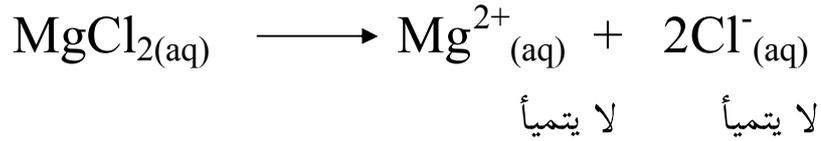
حمضي

وبنفس الطريقة يستطيع الطالب كتابة المعادلات للمحاليل الأخرى .

٤- التميؤ هو : تفاعل بين أيونات الملح والماء لإنتاج حمض وقاعدة أحدهما أو كلاهما

ضعيف .

** محلول كلوريد الماغنسيوم متعادل، لأنه يتأين في الماء إلى أيونات غير قابلة للتميؤ وهما: أيون Mg^{2+} المشتق من قاعدة قوية $Mg(OH)_2$ ، والأيون الآخر هو أيون Cl^- المشتق من حمض قوي HCl :



ولذلك فإن هذه الأيونات (Cl^- ، Mg^{2+}) لا يؤدي وجودها في الماء إلى تغيير قيمة الرقم الهيدروجيني لمحلول ملح كلوريد الماغنسيوم، وبالتالي تكون قيمة pH له تساوي 7 .

٣- * لنأخذ مثلاً محلول ملح نترات الأمونيوم NH_4NO_3 ، حيث يعبر عن معادلة تميؤ نترات الأمونيوم كالاتي :

$$K_h = \frac{[NH_3] [H_3O^+]}{[NH_4^+]}$$

من المعلوم أن ثابت تأين الأمونيا K_b هو :

$$K_b = \frac{[NH_4^+] [OH^-]}{[NH_3]}$$

و ثابت تأين الماء النقي هو :

$$K_w = [H^+_{(aq)}] [OH^-_{(aq)}]$$

وبقسمة ثابت تأين الماء على ثابت تأين الأمونيا :

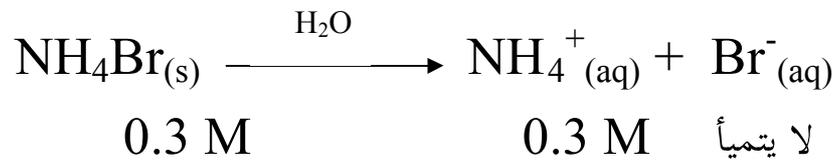
$$\frac{K_w}{K_a} = \frac{[NH_3] [H^+][OH^-]}{[NH_4^+] [OH^-]}$$

$$\frac{K_w}{K_a} = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}$$

إذا نستنتج أن :

$$K_h = \frac{K_w}{K_a}$$

** يتأين كلوريد الأمونيوم وفق المعادلة :



ويتمياً أيون $\text{NH}_4^+_{(aq)}$ كالاتي :



ويعبر عن ثابت تأين الملح بالعلاقة :

$$K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]}$$

وبفرض أن مقدار ما يتمياً من أيون $\text{NH}_4^+_{(aq)}$ يساوي X mol/L

$$[\text{NH}_3] = [\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}] = X \text{ mol/L} \quad \text{فإن :}$$

$$[\text{NH}_4^+] = 1.0 - X \sim 1.0 \text{ M}$$

وبما أن :

$$K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = 5.55 \times 10^{-10}$$

وبالتعويض في العلاقة (١) نجد أن :

$$5.55 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.3}$$

$$X^2 = 1.67 \times 10^{-10}$$

$$X = 1.3 \times 10^{-5}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.3 \times 10^{-5} \text{ M} \quad \text{إذاً :}$$

$$\text{pH} = 4.9 \quad \text{نجد أن :}$$

قيمة الرقم الهيدروجيني pH لمحلول NH_4Br (aq) تساوي 4.9

خلفية علمية : ثابت التآين للأحماض والقواعد الضعيفة

يمكن استعمال قيم K_a للدلالة على القوة النسبية للأحماض ، إذ كلما كبرت القيمة العددية لثابت التآين K_a كان حمضاً قوياً . وقد اتفق اصطلاحاً على إطلاق صفة الحمض القوي ، على الأحماض التي يزيد فيها ثابت التآين على 1 (حمض قوي $K_a > 1$) . وبالإضافة إلى استعمال ثابت التآين K_a للتعبير عن قوة الحمض ، يمكننا أيضاً استعمال العلاقة اللوغارتمية لثابت تآين الحمض للحصول على PK_a للتعبير عن قوة الحامض ، حيث :

$$\text{PK}_a = -\log K_a$$

وفي هذه الحالة ، نجد أنه كلما كانت قيمة PK_a كبيرة كان الحمض ضعيفاً . وبالمثل ، يستعمل الثابت K_b للتعبير عن قوة القاعدة ، إذ كلما كان K_b كبيراً كانت القاعدة قوية . كما يمكن استعمال PK_b للدلالة على قوة القاعدة ، بالطريقة نفسها التي استعمل فيها الثابت PK_b للتعبير عن قوة الحمض .

$$\text{PK}_b = -\log K_b$$

إذ كلما زادت القيمة العددية للثابت PK_b قلت قوة القاعدة ؛ لذلك يمكن مقارنة قوة القواعد المختلفة من مقارنة ثابت تأينها.

ويعين ثابت التآين للحمض أو القاعدة عمليا عن طريق قياس درجة الحموضة PH لمحلول أذيت فيه كمية معينة من الحمض أو القاعدة .

٦-٨ ثابت حاصل الإذابة : *Solubility Product*

مخرجات التعلم:

١٢-٨-ط : استقصاء أهمية ثابت حاصل الإذابة K_{sp} للأملاح ضعيفة الذوبان في الماء، وكيفية إجراء العمليات الحسابية له .

١م-١٢-١م: التنبؤ بمدى حدوث ترسيب عند إذابة أملاح شحيحة الذوبان في الماء اعتماداً على قيمة حاصل الإذابة .

٤م-١٢-١ل: تبادل الأفكار مع الآخرين حول أهمية دراسة حاصل الإذابة وكيفية حسابه .

التقديم والتنظيم :

- افتتح الدرس بتذكير الطلاب حول معلوماتهم السابقة عن الذوبانية من خلال طرح بعض الأسئلة الاثرائية مثل :

١- ما المقصود بالذوبانية ؟

٢- ما العوامل التي تؤثر على الذوبانية ؟

٣- ما الوحدة المستخدمة لقياس الذوبانية ؟

٤- ما المقصود بكل من : المحلول غير المشبع ، المحلول المشبع ، المحلول فوق المشبع .

- لتنمية التفكير لديهم وتوسيع مداركهم اسألهم عن أي المحاليل (مشبع ، غير مشبع ، فوق مشبع) يحدث الاتزان وكيف ؟

- بعد الاستماع إلى إجاباتهم ومناقشتهم فيها ، وضح لهم أن حالة الاتزان تحدث في المحلول المشبع، وذلك عند إضافة كمية من المادة المذابة .
- وضح لهم أنه سيتم التركيز على طريقة حساب ذوبانية الأملاح الشحيحة الذوبان في الماء .
- اطلب إلى كل مجموعة ذكر مثال على محلول شحيح الذوبان في الماء ثم كتابة معادلة تأينه ، بعد ذلك اطلب إليهم كتابة علاقة ثابت حاصل الإذابة لكل مثال .
- اطلب إليهم استنتاج مفهوم ثابت حاصل الإذابة .
- استعن بلوحة ورقية أو شفافية أو أي وسيلة تراها مناسبة لتوضيح الجدول (٦-٨) ، ولجذب وإثارة انتباههم اطرح عليهم الأسئلة الآتية :
- ١- لماذا لا توجد وحدة قياس لثابت حاصل الإذابة ؟
- ٢- ماذا يحدث لقيمة K_{sp} عند اتجاهنا من أعلى إلى أسفل في الجدول؟
- ٣- لماذا لا تظهر المواد الصلبة عند التعبير عن ثابت حاصل الإذابة؟
- ٤- ما العلاقة بين حاصل الإذابة والتركيز المولاري ؟
- ناقشهم في الأمثلة والتطبيقات الحسابية الواردة في الكتاب حول كيفية حساب قيمة K_{sp} .
- وضح لهم أهمية استخدام ثابت حاصل الإذابة مستعينا بأمثلة وتطبيقات حسابية .

إجابة اختبار فهمك (٩)

$$K_{sp} = [Ag^+_{(aq)}]^2 [CrO_4^{2-}_{(aq)}] \quad -١$$

$$K_{sp} = [Fe^{2+}_{(aq)}] [CO_3^{2-}_{(aq)}]$$

$$K_{sp} = [Cu^{2+}_{(aq)}] [S^{2-}_{(aq)}] \quad -٢$$

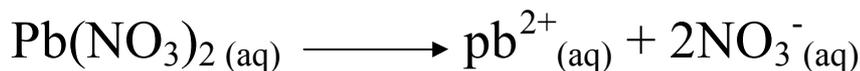
$$= (8.9 \times 10^{-19}) (8.9 \times 10^{-19})$$

$$K_{sp} = 7.9 \times 10^{-37}$$

- ٣- عند تفاعل نترات الرصاص مع كبريتات الصوديوم يتكون كبريتات الرصاص حسب المعادلة :

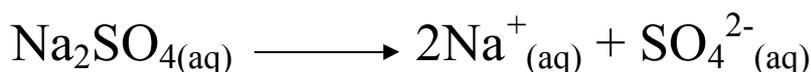


معادلة تأين نترات الرصاص :



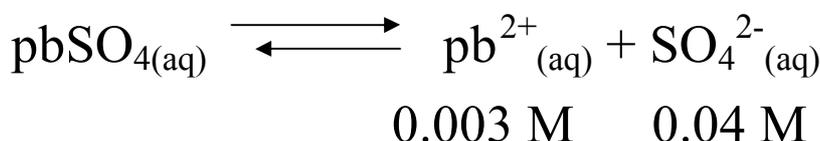
$$[\text{Pb}^{2+}] = [\text{Pb}(\text{NO}_3)_2] = 0.003 \text{ M}$$

معادلة تأين كبريتات الصوديوم :



$$[\text{SO}_4^{2-}] = [\text{Na}_2\text{SO}_4] = 0.04 \text{ M}$$

وتكتب معادلة ذوبان كبريتات الرصاص في الماء كالتالي :



وبما أن الحجم الكلي سوف يزداد إلى الضعف، فإن تركيز الأيونات سوف يقل إلى النصف (العلاقة بين التركيز والحجم علاقة عكسية).

$$\begin{aligned} K_{\text{sp}} &= [\text{Pb}^{2+}] [\text{SO}_4^{2-}] \\ &= (0.0015)(0.02) \end{aligned}$$

$$K_{\text{sp}} = 3 \times 10^{-5} \quad \text{إذاً :}$$

وبما أن هذه القيمة أكبر من K_{sp} لملح كبريتات الرصاص فإن هذا الملح سوف يترسب ، لأن

$$K_{\text{sp}} < [\text{Pb}^{2+}] [\text{SO}_4^{2-}]$$

مخرجات التعلم:

- ١٢-٨-١ ي : استخدام مفهوم أثر الأيون المشترك في تعيين قيمة الرقم الهيدروجيني .
- ١٢-١٢-١ م : كتابة فرضيات عن أثر الأيون المشترك معتمداً على قيمة حاصل الإذابة، ومبدأ لوشاتيليه .
- ١٢-١٢-٢ م : إجراء تجربة لدراسة أثر الأيون المشترك في تأين الأحماض الضعيفة، وتأين القواعد الضعيفة .
- ١٢-١٢-٣ م : شرح الاختلافات بين قيم pH النظرية والمحسوبة في دراسة الأيون المشترك .

التقديم والتنظيم :

- ابدأ الدرس بالطلب من أحد الطلاب كتابة معادلة تأين حمض الفورميك ، ثم الطلب من طالب آخر كتابة معادلة تأين محلول فورمات الصوديوم ، ثم اسأل الطلاب عن الرباط المشترك بين المعادلتين .
- بعد الاستماع لإجاباتهم ، وضح لهم الاستفادة من دراسة الأيون المشترك .
- اطلب إليهم تنفيذ الاستكشاف (٢) للتعرف أكثر عن تأثير الأيون المشترك .
- يمكنك توضيح الاستكشاف (١) الذي يهدف إلى استقصاء أثر الأيون المشترك في تأين الأحماض الضعيفة والقواعد الضعيفة من خلال استخدام طريقة دورة التعلم ذات الخمس مراحل ، ويمكنك الاستعانة بمشرف المادة لمساعدتك في استخدام هذه الطريقة .
- توصل معهم إلى أن المقصود بتأثير الأيون المشترك هو إزاحة موضع الاتزان نتيجة إضافة مركب يحتوي على أيون مشترك في عملية الاتزان .
- ناقشهم في العلاقة بين تأثير الأيون المشترك والتغير في قيمة pH، موضحاً من خلال الأمثلة والتطبيقات الحسابية .

- ساعدهم في كيفية حساب قيمة pH لمحلول حمض أو قاعدة عند إذابة بلورات من ملح ما فيه عن طريق إعطائهم مسائل وتطبيقات متنوعة ومثيرة للتفكير .

استكشاف (٢) : دراسة أثر الأيون المشترك .

الإعداد المسبق : بالتعاون مع فني المختبر جهز المواد والأدوات اللازمة لتنفيذ الاستكشاف .
الزمن : ٣٠ دقيقة.

حجم المجموعة: ٥-٦ طلاب.

الإجراءات:

١- اطلب إليهم تنفيذ خطوات الاستكشاف بدقة .

٢- اطلب إليهم تسجيل ملاحظاتهم في دفاترهم .

٣- اطلب إليهم الإجابة على أسئلة التحليل والتفسير، وذلك من خلال العمل التعاوني في مجموعات .

٤- ناقشهم فيما توصلوا إليه من ملاحظات ونتائج وإجابات لأسئلة التحليل والتفسير ، مع إعطائهم التغذية الراجعة .

٥- يتم إكمال الجدول كآلاتي :

المحلول	اسم الكاشف	اللون	pH المتوقعة
$\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$	الميثيل البرتقالي	أحمر	2-3
$\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$ مع $\text{CH}_3\text{COONa}_{(aq)}$	الميثيل البرتقالي	أحمر	3-4
$\text{NH}_3_{(aq)}$	الفيونولفثالين	زهري	8-10
$\text{NH}_3_{(aq)}$ مع $\text{NH}_4\text{Cl}_{(aq)}$	الفيونولفثالين	زهري	7-9

التحليل والتفسير:

١- أ- يزيد من قيمة pH .

ب- يزداد تركيز أيونات الحمض غير المتأينة .

٢- تقل قيمة pH للمحلول بسبب زيادة الأيون المشترك NH_4^+ ، وبالتالي حسب مبدأ لوشاتيليه يقل تركيز OH^- ويزداد تركيز H^+ .

٣- لا تتغير قيمة pH، لأن HCl حمض قوي، والأيون المشترك لا يؤثر إلا إذا كان الحمض أو القاعدة ضعيف.

إجابة اختبار فهمك (١٠)

أولاً : حساب قيمة pH لمحلول حمض البروبيونيك قبل إضافة الملح :

معادلة تأين الحمض هي :



وبفرض أن مقدار ما يتأين من الحمض يساوي X mol/L، فتكون التراكيز عند الاتزان

$$[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-] = [\text{H}^+] = X \text{ mol/L} \text{ هي :}$$

$$[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}] = 0.41 - X \sim 0.4M$$

وبتطبيق العلاقة :

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}]}$$

نجد أن :

$$1.3 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{0.41}$$

$$X^2 = 5.33 \times 10^{-6}$$

وبأخذ الجذر التربيعي نجد أن :

$$X = 2.3 \times 10^{-3} M$$

$$[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-] = [\text{H}^+_{(\text{aq})}] = 2.3 \times 10^{-3} \text{ M} \quad \text{إذاً :}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+_{(\text{aq})}] \quad \text{ومن العلاقة :}$$

$$\text{pH} = 2.64 \quad \text{نجد أن :}$$

ثانياً : حساب قيمة pH لمحلول حمض البروبيونيك بعد إضافة الملح:

$$\text{تركيز الحمض في المحلول بعد إضافة الملح} = \frac{0.041}{0.15} = 0.27 \text{ M}$$

$$\text{عدد مولات الملح} = \frac{1.2}{96} = 0.0125 \text{ mol}$$

$$\text{تركيز الملح} = \frac{0.0125}{0.15} = 0.083 \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{K_a [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}]}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{(1.3 \times 10^{-5}) 0.27}{0.083} = 4.23 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$\text{pH} = 4.37$$

مخرجات التعلم:

- ١٢-٨-٥: تعريف المحلول المنظم وتفسير أثره وصفيًا وحسائيًا في الحفاظ على الرقم الهيدروجيني pH عند إضافة كميات قليلة من الحمض أو القاعدة .
- ١م-١٢-١س: التنبؤ بقيمة pH لمحلول منظم عند إضافة قليل من حمض قوي أو قاعدة قوية.
- ١م-١٢-٣م: استخدام محاليل منظمة معلومة الرقم الهيدروجيني بهدف قياس ثابت تأين الأحماض الضعيفة .
- ٢م-١٢-١ي: تنفيذ خطوات تجربة لتوضيح دور المحلول المنظم في مقاومة التغيرات في قيمة pH عند إضافة كميات قليلة من حمض أو قاعدة .
- ٢م-١٢-٢ز: إنشاء رسم بياني أو جدول لمدى التغير في pH للتعرف على طبيعة المحاليل المنظمة.
- ٤م-١٢-٢ح: تبادل الأسئلة والأفكار حول حسابات قيمة pH للمحاليل المنظمة.

التقديم والتنظيم :

- ابدأ الدرس بمناقشة الطلاب في معلوماهم السابقة عن العصارة المعدية والرقم الهيدروجيني لها ، ثم اطرح عليهم السؤال الآتي : ماذا يحدث لقيمة pH للعصارة المعدية في حالة تناول كوب يحتوي على محلول حمضي أو محلول قاعدي ؟
- استخدم السبورة أو استعن بوسيلة تعليمية مناسبة لتوضيح الشكل (٨-١٣) ، وناقشهم فيه .
- اطلب إليهم تنفيذ الاستكشاف (٣) للتعرف على دور المحلول المنظم في مقاومة التغيرات المفاجئة في قيمة pH عند إضافة قليل من الحمض القوي، أو القاعدة القوية .
- يمكنك توظيف طريقة (تنبأ ، فسر ، لاحظ ، فسر) عند تنفيذ الاستكشاف (٣) ، واطلب إليهم تسجيل توقعاتهم الأولية حول نتائج الاستكشاف ، وتقديم تفسيرات لها ، ثم

البدء بتنفيذ الاستكشاف ، وتسجيل الملاحظات وتفسيرها مجدداً ، حيث يمكنك الاستعانة
بالمخطط التالي للطريقة المذكورة :

فسر	لاحظ	فسر	تنبأ

- بعد تنفيذ الاستكشاف اطلب إليهم استنتاج تعريف المحلول المنظم، وذكر بعض الأمثلة عليه .
- ساعدهم ودرّبهم في كيفية حساب قيمة pH للمحلول المنظم من خلال مناقشتهم الأمثلة المحلولة في الكتاب ، وتزويدهم بأمثلة أخرى مثيرة ومحيرة .

استكشاف (٣) : أثر المحاليل المنظمة

الإعداد المسبق : بالتعاون مع فني المختبر جهز المواد والأدوات اللازمة لتنفيذ الاستكشاف .
الزمن : ٣٠ دقيقة.

حجم المجموعة: ٥-٦ طلاب.

الإجراءات:

- ١- اطلب إليهم تنفيذ خطوات الاستكشاف بدقة .
- ٢- اطلب إليهم تسجيل ملاحظاتهم في دفاترهم .
- ٣- اطلب إليهم الإجابة على أسئلة التحليل والتفسير، وذلك من خلال العمل التعاوني في مجموعات .
- ٤- ناقشهم فيما توصلوا إليه من ملاحظات ونتائج وإجابات لأسئلة التحليل والتفسير ، مع إعطائهم التغذية الراجعة .
- ٥- يتم إكمال الجدول في الخطوة ٨ كالاتي :

بالتعويض في العلاقة :

$$K_a = \frac{[H^+][F^-]}{[HF]}$$

نجد أن :

$$6.6 \times 10^{-4} = \frac{[H^+](0.01)}{0.01}$$

$$[H^+] = 6.6 \times 10^{-4} \text{ M}$$

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

ومن العلاقة :

$$\text{pH} = 3.18$$

نجد أن :

٤- لا تتأثر قيمة pH للمحلول المنظم بالتخفيف؛ وذلك لأن التخفيف يغير من تركيز الحمض والملح بنفس النسبة .

خلفية علمية : كيف تتكون المحاليل المنظمة ؟

المحاليل المنظمة التي تستعمل كثيراً في المختبرات المحاليل التي تتكون من الأزواج المرافقة $H_2PO_4^- / HPO_4^-$ وغيرها . وحتى يكون المحلول المنظم فعالاً في المحافظة على ثبات درجة حموضة المحلول يجب أن يتحقق شرطان هما :

١- يجب أن يكون تركيز الحمض والقاعدة المرافقة ، أو تركيز القاعدة والحمض المرافق كبيراً نسبياً . أي يجب أن لا يكون المحلول مخففاً .

٢- أن تكون النسبة بين تركيز القاعدة وتركيز الحمض قريبة من 1 . وأن لا تزيد تلك النسبة عن 10 أو تقل عن 0.1 بأي حال من الأحوال . والوضع المثالي هو عندما تكون النسبة = 1 ، أي عندما نستعمل تركيزين متساويين من الحمض والقاعدة المرافقة أو من القاعدة والحمض المرافق ؛ لذلك فإن المدى الذي يكون فيه المحلول المنظم فعالاً هو :

$$PH = PK_a \pm 1$$

فعندما تكون النسبة $\frac{[القاعدة]}{[الحمض]} = 10$ فإن درجة حموضة المحلول $PK_a + 1 = (PH)$.
وعندما يكون تركيز الحمض عشرة أمثال تركيز القاعدة ، فإن :

$$PH = PK_a - 1$$

وعبارة " كبير نسبيًا " في النقطة الأولى تعني أن يكون تركيز الحمض والقاعدة التي تكون المحلول المنظم أكبر من كمية الحمض أو القاعدة المضافة .

مثال :

احسب PH للمحلول المنظم الذي يتكون من NH_3 ، NH_4Cl $0.35M$ في الماء . K_a للحمض NH_4^+ = 5.6×10^{-10} عند 25° .

الحل : هذا المحلول مثال على المحلول المنظم الذي يتكون من قاعدة ضعيفة وحمضها

$$PH = PK_a + \log \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} \quad \text{المرافق .}$$

$$PH = 9.25 + \log \frac{0.15}{0.35} = 9.25 - 0.37$$

$$PH = 8.88$$

قوانين المحاليل المنظمة والأيون المشترك :

١- محلول منظم حمضي (HA) + (XA) :

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

ومنها

$$[H_3O^+] = K_a [HA] / [A^-]$$

حيث تركيز A^- هو تركيز الملح

• عند إضافة حمض جديد للمحلول المنظم فإن :

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA + \text{الحمض المضاف}]}$$

ومنها

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a [\text{الحمض المضاف} + \text{HA}] / [\text{الحمض المضاف} - \text{A}^-]$$

● عند إضافة قاعدة للمحلول المنظم فإن :

$$K_a = [\text{H}_3\text{O}^+] [\text{القاعدة المضافة} + \text{A}^-] / [\text{القاعدة المضافة} - \text{HA}]$$

ومنها

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a [\text{القاعدة المضافة} - \text{HA}] / [\text{القاعدة المضافة} + \text{A}^-]$$

٢- محلول منظم قاعدي (BOH) + (BX) :

$$K_b = [\text{OH}^-] [\text{B}^+] / [\text{BOH}]$$

ومنها

$$[\text{OH}^-] = [\text{BOH}] K_b / [\text{B}^+]$$

حيث تركيز B^+ هو تركيز الملح

● عند إضافة قاعدة للمحلول المنظم فإن :

$$K_b = [\text{OH}^-] [\text{القاعدة المضافة} - \text{B}^+] / [\text{القاعدة المضافة} + \text{BOH}]$$

ومنها

$$[\text{OH}^-] = [\text{القاعدة المضافة} - \text{B}^+] K_b / [\text{القاعدة المضافة} + \text{BOH}]$$

● عند إضافة حمض للمحلول المنظم فإن :

$$K_b = [\text{OH}^-] [\text{الحمض المضاف} + \text{B}^+] / [\text{الحمض المضاف} - \text{BOH}]$$

ومنها

$$[\text{OH}^-] = [\text{الحمض المضاف} - \text{BOH}] K_b / [\text{الحمض المضاف} + \text{B}^+]$$

مخرجات التعلم:

- ١٢-٨-ك : توظيف التقنيات لتحليل بعض الظواهر مثل الأمطار الحمضية .
- ٢م-١٢-ب: البحث من خلال المراجع والمصادر عن تأثيرات الأمطار الحمضية.
- ٤م-١٢-أ: العمل مع أعضاء المجموعة تعاونياً لإجراء الاستقصاءات .

التقديم والتنظيم :

- اطلب إلى الطلاب العمل في مجموعات ، ثم ناقشهم في أهم التطبيقات العملية على الاتزان في الأحماض والقواعد .
- وجههم للبحث في المصادر والمراجع بهدف الحصول على معلومات إضافية حول التطبيقات العملية للاتزان في الأحماض والقواعد .

إجابات نهاية الفصل الثامن :

السؤال الأول :

- ١ - ب) تستقبل البروتون .
- ٢ - ب) H_2AsO_4^- (aq)
- ٣ - أ) 5.75×10^{-10}
- ٤ - ب) NaCN (aq)
- ٥ - د) 1.6×10^{-5}
- ٦ - أ) 6.6×10^{-13}
- ٧ - ب) التغير في درجة الحرارة .
- ٨ - أ) 1.82×10^{-3}
- ٩ - ج) فوق مشبع .
- ١٠ - ب) Ag^+
- ١١ - ج) أيون الكبريتات / حمض الكبريتيك .
- ١٢ - ب) H_2SO_3 (aq) و HSO_4^- (aq)
- ١٣ - ج) $[\text{H}^+_{(\text{aq})}] [\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-_{(\text{aq})}] < [\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2_{(\text{aq})}]$
- ١٤ - أ) $\text{HF}_{(\text{aq})}$ ، $\text{HCO}_2\text{H}_{(\text{aq})}$ ، $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2_{(\text{aq})}$ ، $\text{HClO}_{(\text{aq})}$ ، $\text{HCN}_{(\text{aq})}$
- ١٥ - ج) $\text{KCl}_{(\text{s})}$
- ١٦ - ج) 2.5×10^{-9}
- ١٧ - ب) زيادة قيمة pH للمحلول الناتج .
- ١٨ - د) 5×10^{-3}

السؤال الثاني :

١- أ) لأنه يعتبر مقياساً لقدرة الحمض على تكوين أيونات الهيدرونيوم H_3O^+ ، فكلما ارتفعت قيمته زاد تركيز $[H_3O^+]$ عند الاتزان وبالتالي زادت قوة الحمض ، وهذا يعني أن قوة الحمض تتناسب طردياً مع قيمة ثابت التأيين K_a .

ب) لأن الشق الموجب له مشتق من قاعدة قوية ، والشق السالب له مشتق من حمض قوي ، وبالتالي فإن أيونات Cl^- ، K^+ لا يؤدي وجودهما في الماء إلى تغيير رقمه الهيدروجيني pH .
ج) لأنه يعتبر محلولاً منظماً ، حيث يتكون من حمض الفورميك وهو حمض ضعيف وأحد أملاحه وهو فورمات الصوديوم ، وعند إضافة كميات قليلة من حمض أو قاعدة فإنه يقاوم التغير في الرقم الهيدروجيني.

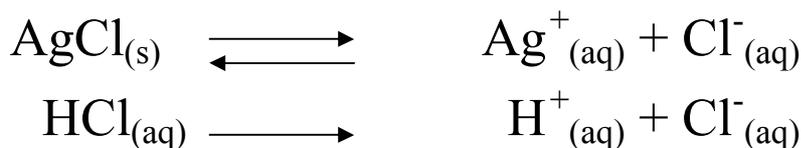
د) لأن هيدروكسيد الصوديوم وحمض الهيدروكلوريك يعتبران من المواد تامة التأيين :



بينما هيدروكسيد الأمونيوم وحمض الأستيك من المواد غير تامة التأيين:



هـ) لأنه حسب مبدأ لوشاتيليه فإن التفاعل يسير في الاتجاه العكسي أي نحو تكوين كمية أكبر من كلوريد الفضة (راسب أبيض) الذي لا يذوب في الماء ، حسب المعادلات الآتية :



و) السبب في ذلك أن الشق السالب في محلول $NaHSO_4$ مشتق من حمض قوي (حمض الكبريتيك)، وبالتالي يكون هذا المحلول متعادلاً

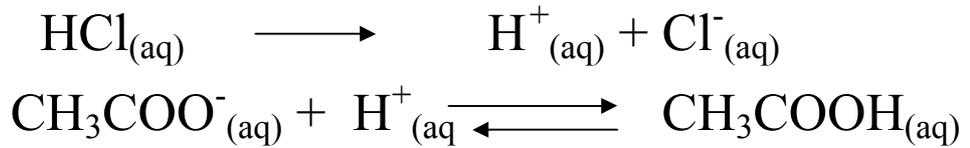
(7 = pH) ، بينما الشق السالب في محلول $NaHSO_3$ مشتق من حمض ضعيف (حمض الكبريتوز) ، وبالتالي يكون قاعدياً (7 > pH) .

ز) لأن الأيونات السالبة لها القدرة على الاتحاد مع البروتون H^+ وتكوين حمض مرافق .

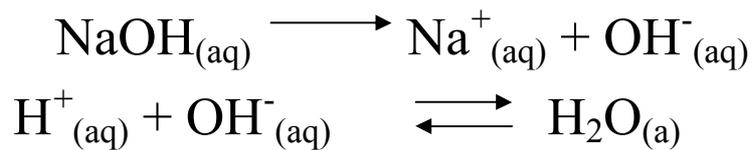
٢- أ) ماص للحرارة ، لأن الماء حتى يتأين (يتفكك) إلى أيونات H^+ وأيونات OH^- يحتاج إلى طاقة .

ب) لا ، السبب في ذلك لأن التغير في تركيز أيونات H^+ و أيونات OH^- سيكون بنفس المقدار ، وبالتالي تبقى قيمة pH ثابتة .

٣- عند إضافة كمية قليلة من حمض قوي مثل HCl إلى المحلول المنظم ، تتفاعل أيونات H^+ الناتجة من تفكك الحمض القوي مع الأيونات السالبة الموجودة في المحلول مكونة حمض ضعيف التآين ، فيقل تأثير تركيز $[H^+]$ من الحمض المضاف ، وبالتالي تبقى pH للمحلول المنظم ثابتة تقريباً .



أما عند إضافة كمية قليلة من محلول قاعدة قوي مثل NaOH إلى المحلول المنظم ، فإن أيونات OH^- الناتجة من تفكك القاعدة القوية سوف تتفاعل مع أيونات H^+ الناتجة من تآين الحمض الضعيف التآين ، وبالتالي يقل تأثير تركيز $[OH^-]$ من القاعدة المضافة ، ويتفكك جزء من الحمض الضعيف لتعويض النقص في أيونات H^+ التي تفاعلت ، وبالتالي تبقى pH للمحلول المنظم ثابتة تقريباً .

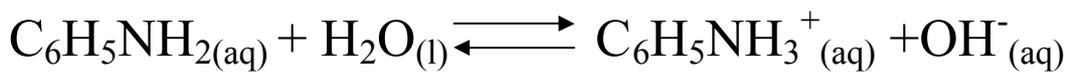


السؤال الثالث :

$$pH = - \log [H^+] \quad : \text{١- من العلاقة}$$

$$[H^+] = 1.6 \times 10^{-9} \text{ M} \quad : \text{نجد أن}$$

$$[OH^-] = 6.25 \times 10^{-6} \text{ M} \quad : \text{إذاً}$$



وبالتعويض في العلاقة :

$$K_b = \frac{[C_6H_5NH_3^+][OH^-]}{[C_6H_5NH_2]}$$

$$[OH^-] = [C_6H_5NH_3^+] \quad \text{وبما أن :}$$

نجد أن :

$$K_b = \frac{(6.25 \times 10^{-6})^2}{0.1}$$

$$K_b = 3.9 \times 10^{-10} \quad \text{إذاً :}$$

٢- من معطيات السؤال وبإجراء طرق حساب التركيز سوف نجد أن :

$$H_8C_9O_4 = 0.02 \text{ mol/L} \quad \text{تركيز الأسبرين}$$

وبفرض أن مقدار ما يتأين من الأسبرين يساوي $X \text{ mol/L}$ ، فتكون التراكيز عند الاتزان

$$[C_9H_7O_4^-] = [H_3O^+] = X \text{ mol/L} \quad \text{هي :}$$

$$[HC_9H_7O_4] = 0.02 - X \sim 0.02 \text{ M}$$

وبتطبيق العلاقة :

$$K_a = \frac{[C_9H_7O_4^-][H_3O^+]}{[HC_9H_7O_4]}$$

نجد أن :

$$3.27 \times 10^{-4} = \frac{X^2}{0.02}$$

$$X^2 = 6.5 \times 10^{-6}$$

$$X = 2.55 \times 10^{-3}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 2.55 \times 10^{-3} \text{ M}$$

إذاً:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad \text{وبالتعويض في العلاقة:}$$

$$\text{pH} = 2.6 \quad \text{نجد أن:}$$

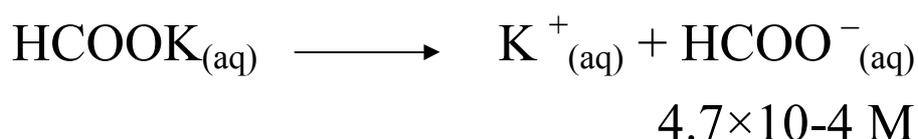
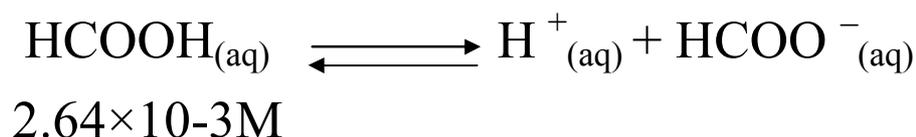
٣- $515+460=975\text{mL}$ = حجم المحلول بعد خلط HCOOH و HCOOK

من علاقة التخفيف $M_1V_1 = M_2V_2$ نحسب تركيز كل من حمض الميثانويك

وميثانات البوتاسيوم الجديد كما يلي:

$$[\text{HCOOH}] = 515 \times 0.005 / 975 = 2.64 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{HCOOK}] = 460 \times 0.001 / 975 = 4.7 \times 10^{-4} \text{ M}$$



$$K_a[\text{HCOOH}]$$

$$[\text{H}^+] = \frac{K_a[\text{HCOOH}]}{[\text{HCOO}^-]}$$

$$1.8 \times 10^{-4} \times 2.64 \times 10^{-3}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{1.8 \times 10^{-4} \times 2.64 \times 10^{-3}}{4.7 \times 10^{-4}}$$

$$[H^+] = 1.01 \times 10^{-3} M$$

$$pH = -\log [H^+] = -\log 1.01 \times 10^{-3} = 2.995$$

$$[HCl] = 8.5 \times 0.002 / 983.5$$

$$= 1.72 \times 10^{-5} M$$

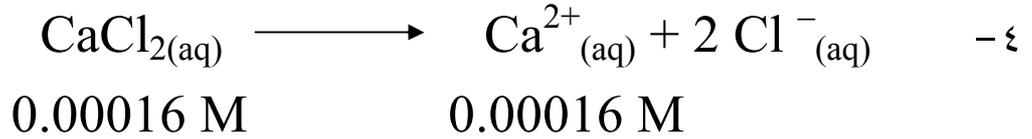
$$[H^+] \text{ للمحلول المنظم بعد إضافة HCl}$$

$$= K_a [HCl + HCOOH] / [HCOO^- - HCl]$$

$$= 1.8 \times 10^{-4} [1.72 \times 10^{-5} + 2.64 \times 10^{-3}] / [4.7 \times 10^{-4} - 1.72 \times 10^{-5}]$$

$$10.56 \times 10^{-4} M$$

$$pH = -\log [H^+] = -\log 10.56 \times 10^{-4} = 2.976$$



$$\text{مجموع حجم المحلولين} = 255 + 456 = 711 \text{ mL}$$

$$[Ca^{2+}] \text{ في المحلول الجديد} = (255 \times 0.00016) / 711 = 0.0573 \times 10^{-3}$$

$$[SO_4^{2-}] \text{ في المحلول الجديد} = (456 \times 0.00023) / 711 = 0.1475 \times 10^{-3}$$

$$[Ca^{2+}][SO_4^{2-}] = 0.0573 \times 10^{-3} \times 0.1475 \times 10^{-3} M$$

$$= 0.0085 \times 10^{-6} = 0.00085 \times 10^{-5} M$$

بما أن حاصل ضرب تراكيز الأيونات أقل من قيمة K_{sp} ، لذلك لا يحدث ترسيب لكبريتات الكالسيوم.

السؤال الرابع :

١- أ) أترويين atropine < ارثروماسين erythromycin < مورفين morphine .

ب) يمكن إيجاد قيمة الرقم الهيدروجيني pH لهذه الأدوية من خلال الطرق الحسابية الموجودة في كتاب الطلاب ، أو من خلال أي طريقة حسابية صحيحة وبسيطة يراها المعلم .
ومن خلال إجراء العمليات الحسابية نجد أن :

$$\text{pH} = 11.25 \text{ للأترويين (atropine)}$$

$$\text{pH} = 10.45 \text{ للمورفين (morphine)}$$

$$\text{pH} = 10.9 \text{ للارثروماسين (erythromycin)}$$

٢- أ) ضعيف القاعدية ، لأن الرقم الهيدروجيني يساوي 7.4 .

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \text{ بالتعويض في العلاقة :}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 3.9 \times 10^{-8} \text{ M} \text{ سوف نجد أن :}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14} \text{ ومن العلاقة :}$$

$$[\text{OH}^-] = 2.6 \times 10^{-7} \text{ M} \text{ نجد أن :}$$

٣- معادلة تأين حمض النيكوتينك :



وبإجراء طرق حساب التركيز سوف نجد أن :

$$\text{C}_5\text{NH}_4\text{COOH} \text{ تركيز حمض النيكوتينك} = 0.96 \text{ mol/L}$$

وبفرض أن مقدار ما يتأين من الحمض يساوي $X \text{ mol/L}$ ، فتكون التراكيز عند الاتزان هي

$$[\text{C}_5\text{NH}_4\text{COO}^-] = [\text{H}^+] = X \text{ mol/L} \text{ :}$$

$$[\text{HC}_9\text{H}_7\text{O}_4] = 0.96 - X \sim 0.96 \text{ M}$$

و بتطبيق العلاقة :

$$K_a = \frac{[C_5NH_4COO^-] [H^+]}{[C_5NH_4COOH]}$$

$$1.4 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{0.96}$$

نجد أن :

$$X^2 = 1.34 \times 10^{-5}$$

$$X = 3.7 \times 10^{-3}$$

$$[H^+] = 3.7 \times 10^{-3} \text{ M}$$

إذاً :

$$\text{pH} = 4.55$$

٤ - بما أن :

$$[H^+] = 2.8 \times 10^{-5} \text{ M}$$

إذاً :

$$[H_2CO_3] = \frac{0.01}{0.3} = 0.033 \text{ mol/L}$$

و بتطبيق العلاقة :

$$K_a = \frac{[Na_2CO_3] [H^+]}{[H_2CO_3]}$$

$$[H^+] = \frac{K_a [H_2CO_3]}{[Na_2CO_3]}$$

$$2.8 \times 10^{-5} = \frac{(4.2 \times 10^{-7}) (0.033)}{[\text{Na}_2\text{CO}_3]}$$

$$[\text{Na}_2\text{CO}_3] = 4.95 \times 10^{-4} \text{ M} \quad \text{إذاً :}$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ عدد مولات} = (4.95 \times 10^{-4}) (0.3) = 1.2 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ كتلة} = (1.2 \times 10^{-4}) (106) = 0.0127 \text{ g} \quad \text{إذاً :}$$

السؤال الخامس :

١ - أ) أولاً : إيجاد K_a للحمض HA :

بالتعويض في العلاقة :

$$K_a = \frac{[\text{H}^+] [\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

$$[\text{A}^-] = [\text{H}^+] \quad \text{وبما أن :}$$

نجد أن :

$$K_a = \frac{(7 \times 10^{-6})^2}{0.1}$$

$$K_a = 4.9 \times 10^{-10} \quad \text{إذاً :}$$

ثانيًا : إيجاد K_a للحمض HB :

نحسب تركيز $[H^+]$ باستخدام العلاقة :

$$pH = - \log [H^+]$$

$$[H^+] = 1 \times 10^{-4} \text{ M} \quad \text{إذا :}$$

بالتعويض في العلاقة :

$$K_a = \frac{[H^+] [B^-]}{[HB]}$$

$$[H^+] = [B^-] \quad \text{وبما أن :}$$

نجد أن :

$$K_a = \frac{(1 \times 10^{-4})^2}{0.1}$$

$$K_a = 1 \times 10^{-7} \quad \text{إذا :}$$

(ب) القاعدة D^- أقوى ، لأنها ناتجة من تأين حمض ضعيف جدًا وذلك حسب قيمة K_a له .

(ج) تزداد قيمة pH ، لأن تركيز H^+ يقل .

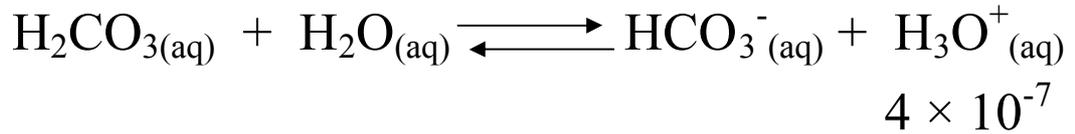


حمض مرافق قاعدة مرافقة قاعدة مرافقة حمض مرافق

٢- أ) يتأين الملح وفق المعادلة :



ويتأين الحمض كما معطى في السؤال وفق المعادلة :



وبما أن ما يتأين من الحمض قليل جداً فإن :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{HCO}_3^-] = 4 \times 10^{-7} \text{ M}$$

وبما أن أيون HCO_3^- أحد نواتج تأين الملح فإن تركيز الملح هو نفسه تركيز الأيون ،

وعلى حسب معطى السؤال بأن تركيز الملح هو نفسه تركيز الحمض فنستنتج أن :

$$[\text{H}_2\text{CO}_3] = 4 \times 10^{-7} \text{ M}$$

وبتطبيق العلاقة :

$$K_a = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

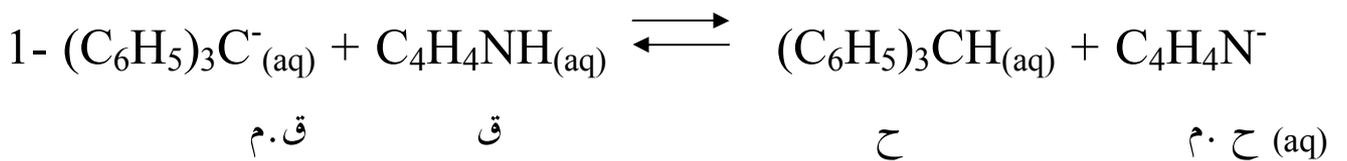
نجد أن :

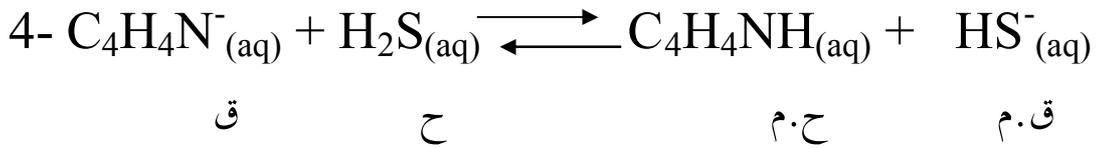
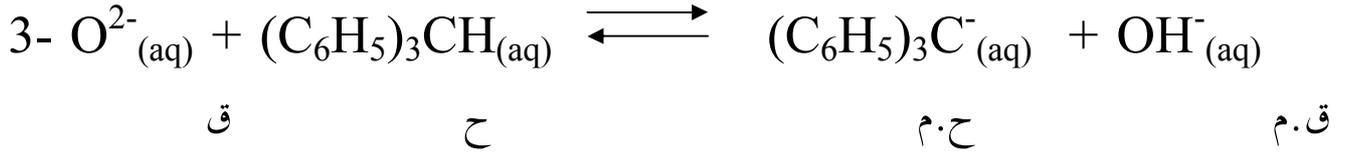
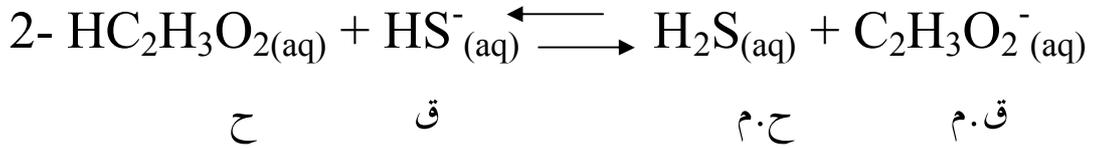
$$K_a = \frac{(4 \times 10^{-7})^2}{4 \times 10^{-7}}$$

$$K_a = 4 \times 10^{-7} \quad \text{إذاً :}$$

(ب) HCO_3^-

٣- أ)





ملاحظة : ح : حمض ، ق : قاعدة ، م.ح : حمض مرافق
 ق.م : قاعدة مرافقة
 (ب) يقوم الطالب بتصميم الجدول .

$$\begin{aligned} \text{أ- ٤} \\ [\text{H}^+] = \sqrt{(0.037)(4.2 \times 10^{-7})} \\ = 1.25 \times 10^{-4} \text{ M} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] = \sqrt{(0.037)(4.8 \times 10^{-11})} \\ = 1.33 \times 10^{-6} \text{ M} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] = (1.25 \times 10^{-4}) + (1.33 \times 10^{-6}) \quad \text{بما أن : (ب)} \\ = 12.633 \times 10^{-5} \text{ M} \end{aligned}$$

$$\text{pH} = 3.89 \quad \text{إذاً :}$$

ثانيا : المراجع

المراجع العربية :

- ١- قنديل ، عبد الحكيم طه ،(٢٠٠٦م) أساسيات الكيمياء ، الطبعة الأولى ، مصر - القاهرة : دار الفكر العربي .
- ٢- الكيمياء للصف الثاني عشر من التعليم العام (٢٠٠٥م) ، الطبعة الثالثة ، وزارة التربية والتعليم ، سلطنة عمان .
- ٣- الكيمياء للمرحلة الثانوية / الفرع العلمي - المستويان الأول والثاني، (٢٠٠٦م) وزارة التربية والتعليم ، المملكة الأردنية الهاشمية .

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 :

4. <http://members.aol.com/profchm/limits.html>
5. <http://genchem.chem.wisc.edu/sstutorial/Text 11/Tx116/tx116.html>
6. <http://www.usetute.com.au/ppteeqtn.html>
7. <http://wine.sb.fsu.edu/chm1045/notes/Stoich/Limiting/Stoich07.htm>
8. <http://www.chemistry.nmsu.edu/studntres/chem116/notes/titrations.html>
9. <http://www.usoe.k12.ut.us/curr/science/sciber00/8th/matter/sciber/chemtype.htm>

عجم و النسي